

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»

ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Курс лекций

*Витебск
Издательство УО «ВГУ им. П.М. Машерова»
2007*

УДК 5(075.8)
ББК 20я73
О-75

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 1 от 27.09.2007 г.

Автор-составитель: доцент кафедры анатомии, физиологии и валеологии человека УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат биологических наук **М.В. Шилина**

Рецензент: заведующий кафедрой ботаники УО «ВГУ им. П.М. Машерова», кандидат биологических наук, доцент Л.М. Мерзвинский

Основы современного естествознания: курс лекций / авт.-сост. М.В. Шилина. – Витебск: Издательство УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2007. – 229 с.

ISBN 978-985-425-823-2

Издание включает 12 лекций, каждая из которых рассматривает один из разделов курса «Основы современного естествознания» или историю развития соответствующей дисциплины.

Курс лекций предназначен для студентов гуманитарных специальностей, изучающих дисциплину «Основы современного естествознания» и написан в соответствии с действующими требованиями к выпускникам вузов Республики Беларусь.

УДК 5(075.8)
ББК 20я73

ISBN 978-985-425-823-2

© УО «ВГУ им. П.М. Машерова», 2007

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Лекция 1. Логика познания и методология естественных наук	5
Лекция 2. Естествознание эпохи античности. Натурфилософия и ее место в истории естествознания. Возникновение античной науки	23
Лекция 3. Понятия пространства, времени и материи. Фундаментальные взаимодействия	50
Лекция 4. Фундаментальные принципы и законы	66
Лекция 5. Место и роль химии в современной цивилизации	98
Лекция 6. Природные процессы образования земных и внеземных веществ. Природные запасы сырья и превращения энергии	118
Лекция 7. Особенности биологического уровня организации материи	143
Лекция 8. Биологическая эволюция	159
Лекция 9. Происхождение человека	168
Лекция 10. Биоэтика и поведение человека	190
Лекция 11. Человек и биосфера	215
Лекция 12. Эволюционно-синергетическая парадигма ...	221
СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ ПО КУРСУ	225
ЛИТЕРАТУРА	229

ВВЕДЕНИЕ

Естествознание – неотъемлемый компонент культуры, определяющий мировоззрение человека. Научное мировоззрение обеспечивает восприятие достижений науки обществом и устойчивость к манипуляциям общественным сознанием. Рациональный метод, сформировавшийся в рамках естественных наук, проникает и в гуманитарную сферу, и в общественную жизнь. Он существенно дополняет художественный метод познания действительности.

Современная научная картина мира отличается сложностью рассматриваемых систем. Оказалось, что в сложных системах вдали от равновесия могут возникать из хаоса упорядоченные состояния. Хаос стал выступать созидательным началом, конструктивным и обязательным механизмом эволюции. В настоящее время обществу необходимо решать сложные задачи выхода из многочисленных кризисов, причем пути выхода не должны быть катастрофическими, фактически – это задача балансировки между рисками и безопасностью. Явления самоорганизации начали изучаться в естествознании, экологии, экономике. Будущие специалисты во многих областях должны получить представление о современной научной картине мира. В 1992 году состоялась беспрецедентная по масштабу и уровню Международная конференция по устойчивому развитию, на которой было признано, что существующая парадигма развития цивилизации должна быть кардинально изменена. В принятом участниками конференции документе «Повестка дня на XXI век» было признано, что «развитие будет устойчивым», если «удовлетворяются потребности ныне живущих поколений без лишения возможности последующих поколений удовлетворять свои потребности». Но конкретные меры достижения как на этой, так и на последующей (Киото, 1997) конференции были далеки от практической реализации. Пропаганде концепции устойчивого развития много внимания уделял председатель Сибирского отделения РАН академик В.А. Коптюг. В одном из своих выступлений на Международном конгрессе «Наука и образование на пороге XXI века» он отметил: «Всплеск в последнее время астрологии, парапсихологии и прочей псевдонаучной галиматии также не может не сказаться на формировании сознания россиян, которым предстоит жить в XXI в. Если мы хотим, чтобы представители общества действительно принадлежали к роду *Homo sapiens*, то система образования должна на всех этапах содействовать развитию самостоятельного мышления, критического анализа и формированию духовного стержня».

Исторический подход и использование аналогий при формировании современной картины мира важны для мировоззрения, оценки «масштаба» теорий, формирования образов, охватывающих естественнонаучную картину мира. Учебное пособие развивает творческое мышление, пробуждает тягу к выработке собственного мнения относительно тех или иных несоответствий теории и опытов, к личному активному участию в формировании современной картины явления.

ЛОГИКА ПОЗНАНИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

1.1. Всеобщий характер законов природы

Все, что окружает человека, есть материя в самых разных формах ее проявления. Вся совокупность проявлений материи образует единую систему – Вселенную. Потребовались тысячелетия, чтобы человек смог научно осмыслить свое бытие в глобальном масштабе. Это привело на современном этапе развития научного знания к представлению о глобальном единстве материального мира.

В больших масштабах структуру Вселенной можно представить как некое собрание галактик, а ее микроструктуру – как совокупность атомов. В недрах строения вещества Вселенная представляет собой набор квантовых полей. Звезды очень похожи на Солнце. «Земной» атом совершенно неотличим от атома вблизи пределов наблюдаемой части Вселенной. Физические процессы, происходящие в отдаленных друг от друга областях космоса, идентичны. Взаимодействия и законы, их описывающие, оказываются универсальными. Ближний космос, включающий нашу Галактику, является типичным образцом Вселенной в целом. Это утверждение называется космологическим принципом. Различные элементы материального мира образуют единую систему, и процессы, протекающие в ней, описываются едиными фундаментальными законами.

Если Вселенная – единое целое, то она и развивается, эволюционирует как целое. На определенном этапе в ней появляются структуры, способные познавать саму Вселенную. Таким инструментом самопознания (вполне вероятно, что не уникальным, а одним из возможных) является человек. И все, что доступно нашему наблюдению, в том числе и развитие общества, и мы сами – всего лишь составные части Вселенной, этапы ее эволюции. **На каждом этапе развития основные закономерности поведения любых подсистем имеют связь со всей системой – Вселенной, с ее общей эволюцией.** Мир един, в нем «все связано со всем», нет каких-то изолированных подсистем, в которых течет своя, автономная «жизнь». Законы материального мира обладают единством на фундаментальном уровне. Поэтому, изучая какое-либо одно явление, получают, часто не подозревая об этом, косвенные знания о целом ряде других. В процессе развития науки постоянно обнаруживаются все более новые взаимосвязи, казалось бы, независимых явлений. Всеобщность взаимосвязей в мире подмечали, помимо ученых, и люди искусства.

Что является объектами изучения в двух ведущих научных направлениях?

Фундаментальное единство материального мира явилось основой общности научного знания, накапливаемого человечеством на ранних этапах становления науки. Постепенное познание многообразия мира служило истоком образования первоначально единой культуры. В течение многих веков, углубляясь в изучение окружающей природы и самого себя, человек выстроил **разветвленную систему достоверных и обобщенных знаний об окружающем мире – науку**. Эта система включает в себя две большие подсистемы: 1) естественные науки (естествознание); 2) гуманитарные и социальные науки.

На ранних этапах существования наук гуманитарные и естествонаучные отрасли знания развивались совместно. Это было возможно, поскольку знания были скудными и поверхностными, представления об окружающем мире имели умозрительный характер; носителями всей совокупности знаний были одни и те же люди. Затем неизбежная специализация интеллектуального труда разделила эти два направления и проявилась в дальнейшем дроблении (дифференциации) наук.

Объектами изучения в естественных науках стали все формы неживой природы и простейшие формы живой природы.

Объектами изучения в гуманитарных и социальных науках явились наиболее сложные формы живой природы так или иначе связанные с человеком, – человеческое сознание, творчество, общественные явления, а также идеальные системы, созданные человеком (например, языки, право, религии).

В результате автономного существования естественные и гуманитарные науки выработали независимые методы, достигли значительно различающихся уровней развития. В связи с этим стали говорить о формировании двух различных культур: естествонаучной и гуманитарной.

Естествонаучная культура – это совокупный результат развития естествознания: это фактические знания и теории (которые постоянно расширяются и совершенствуются), это высокие технологии (результат целенаправленного применения достижений естествознания); это вся методология естествознания и особый стиль мышления, выработанный в ходе его развития; это, наконец, определенные моральные ценности, сложившиеся в среде ученых-естественников (стремление к объективности, независимость, отстраненность от конъюнктурных соображений и т.д.). Аналогично можно наполнить конкретным содержанием и понятие «гуманитарная культура», не забывая при этом, что искусство наряду с наукой также является формой отображения и познания человеком самого себя. Существенной спецификой гуманитарной культуры является разнотензорность представлений, оценок и позиций, обусловленных разнообразием интересов и другими субъективными факторами.

Между этими двумя слоями культуры накопились противоречия, связанные с различием в традициях, целях и методах естествознания и гуманитарного знания, с несовпадением оценок тех или иных достижений научно-технического прогресса возможных тенденций развития общества и др. Такие противоречия составляют сущность так называемой **проблемы двух культур**. Этой проблемы не было и не могло быть на этапе первоначального развития наук.

Итак, можно констатировать существование на современном этапе развития общества двух отдельных культур: естественнонаучной и гуманитарной. Преимущественными носителями этих двух культур являются разные общественные группы: научно-техническая и гуманитарная интеллигенция соответственно.

Пути решения проблемы двух культур. Процесс дифференциации знаний, разделения наук – это естественный путь развития целостной культуры, диктуемый логикой ее развития, необходимостью глубокой профессионализации в каждой области знания. Однако **на современном этапе эволюции общества во все возрастающей степени начинает проявляться неплототворность существующего разделения культур**. Сложные современные проблемы человеческой цивилизации требуют комплексного, многостороннего подхода, совместной работы специалистов-естественников и гуманитариев. Но совместная работа и просто взаимопонимание оказываются невозможными – слишком различны типы мышления, выработанные методы и традиции. Тем не менее, многие крупные мыслители давно угадывали тенденцию к сближению и сотрудничеству двух культур, видели дополнительность научного метода по отношению к гуманитарному знанию и искусству. Эта дополнительность хорошо подмечена замечательным русским поэтом В. Брюсовым: «Метод науки... – анализ; метод искусства – синтез. Наука идет путем сравнений, сопоставлений, соотношений, пытается разложить явления мира на их составляющие элементы. Искусство путем аналогий жаждет связать элементы мира в некоторое целое. Наука, следовательно, дает те элементы, из которых творит художник, и искусство начинается там, где наука останавливается». На отмеченной дополнительности базируется все более возрастающее взаимопроникновение различных направлений научного знания, взаимодействия двух культур. Взаимодействие, взаимопроникновение и, наконец, интеграция (иногда употребляют термин «конвергенция» от латинского *convergere* – приближаться) естествознания и гуманитарного знания носит исключительно позитивный характер. **Конвергенция проявляется как взаимодополнение инструментария двух областей знания, проникновение естественнонаучных методов в гуманитарную область и проникновение целостного мировидения в естественнонаучную сферу.**

Все заметнее объективизация конкретных гуманитарных исследований, использование инструментария естественных наук для получения

информации, имеющей ценность в гуманитарном знании, его математизация, использование некоторых аналогий природных и социальных явлений при построении общих математических моделей. В частности, применение количественных методов сегодня не редкость не только в традиционно использующих их экономике или социологии, но и в лингвистике, филологии, искусствоведении. Характерным становится использование инструментальных методов и методологических приемов естествознания в некоторых областях истории (физические, химические, биологические и геологические методы датирования и идентификации археологических объектов и др.). Так, один из известных российских математиков академик А.Т. Фоменко с группой своих коллег предпринимает успешные попытки разработать и внедрить в историческую науку новые подходы, основанные на методах математической статистики и использовании компьютерной техники. Эти работы могут привести к уточнению или даже серьезной ревизии исторической хронологии. В юридическую практику все более внедряются технические методы и устройства, основанные на последних достижениях науки. Делаются попытки использования естественнонаучной методики построения теорий для описания социальных явлений. Примером этого может служить предложенная в 1996 г. известным российским физиком С.П. Капицей феноменологическая теория народонаселения. Другим примером является экономическая по содержанию, но базирующаяся на методах статистической физики теория корпоративного роста, разработанная недавно международным коллективом специалистов, – физиков и экономистов. Вообще же для современной науки все более характерным становится так называемый проблемный подход, заключающийся в том, что для решения конкретных и важных вопросов науки объединяют усилия ученых разных специальностей, создавая смешанные научные коллективы. С другой стороны, можно привести примеры использования в естествознании приемов типично «гуманитарных». Например, определенную методологическую роль играет эстетическая оценка естественнонаучных теорий. «Красота» теоретических моделей, по мнению таких известных физиков, как П. Дирак, В. Гейзенберг и др., является своеобразным симптомом адекватности этих моделей реальности. Существенен и личностный аспект взаимодействия двух культур, проявлением которого становится активное участие видных ученых-естественников в решении крупных общечеловеческих проблем или проблем методологии социальных наук (А. Эйнштейн, В.И. Вернадский, А.Д. Сахаров, И.Р. Пригожий, Н.Н. Моисеев и др.). Таким образом, наблюдается тенденция к сближению, конвергенции двух культур, объективной основой которой служит единство всего материального мира и необходимость решения междисциплинарных, комплексных проблем современной науки, а также глобальных проблем человеческой цивилизации.

1.2. Понятия метода и методологии. Классификация методов научного познания

Понятие «метод» (от греч. «методос» – путь к чему-либо) означает совокупность приемов и операций практического и теоретического освоения действительности.

Метод вооружает человека системой принципов, требований, правил, руководствуясь которыми он может достичь намеченной цели. Владение методом означает для человека знание того, каким образом, в какой последовательности совершать те или иные действия для решения тех или иных задач, и умение применять это знание на практике.

Учение о методе начало развиваться еще в науке Нового времени. Ее представители считали правильный метод ориентиром в движении к надежному, истинному знанию. Существует целая область знания, которая специально занимается изучением методов и которую принято именовать методологией. Методология дословно означает «учение о методах» (ибо происходит этот термин от двух греческих слов: «методос» – метод и «логос» – учение). Изучая закономерности человеческой познавательной деятельности, методология вырабатывает на этой основе методы ее осуществления. Важнейшей задачей методологии является изучение происхождения, сущности, эффективности и других характеристик методов познания. Методы научного познания принято подразделять по степени их общности, т.е. по широте применимости в процессе научного исследования.

Всеобщих методов в истории познания известно два: *диалектический* и *метафизический*. Это общепhilosophические методы. Метафизический метод с середины XIX века начал все больше и больше вытесняться из естествознания диалектическим методом. Вторую группу методов познания составляют общенаучные методы, которые используются в самых различных областях науки, т.е. имеют весьма широкий междисциплинарный спектр применения. Классификация общенаучных методов тесно связана с понятием уровней научного познания. Различают два уровня научного познания: *эмпирический* и *теоретический*. Одни общенаучные методы применяются только на эмпирическом уровне (наблюдение, эксперимент, измерение), другие – только на теоретическом (идеализация, формализация), а некоторые (например, моделирование) – как на эмпирическом, так и на теоретическом уровнях.

Эмпирический уровень научного познания характеризуется непосредственным исследованием реально существующих, чувственно воспринимаемых объектов. На этом уровне осуществляется процесс накопления информации об исследуемых объектах, явлениях путем проведения наблюдений, выполнения разнообразных измерений, постановки экспериментов. Здесь производится также первичная систематизация получаемых фактических данных в виде таблиц, схем, графиков и т.п. Кро-

ме того, на данном уровне научного познания – как следствие обобщения научных фактов – возможно формулирование некоторых эмпирических закономерностей.

Теоретический уровень научного исследования осуществляется на рациональной (логической) ступени познания. На данном уровне происходит раскрытие наиболее глубоких, существенных сторон, связей, закономерностей, присущих изучаемым объектам, явлениям. Теоретический уровень – более высокая ступень в научном познании. Результатами теоретического познания становятся гипотезы, теории, законы.

К третьей группе методов научного познания относятся методы, используемые только в рамках исследований какой-то конкретной науки или какого-то конкретного явления. Такие методы именуются частнонаучными. Каждая частная наука (биология, химия, геология и т.д.) имеет свои специфические методы исследования. При этом частнонаучные методы, как правило, содержат в различных сочетаниях те или иные общенаучные методы познания. В частнонаучных методах могут присутствовать наблюдения, измерения, индуктивные или дедуктивные умозаключения и т.д. Характер их сочетания и использования находится в зависимости от условий исследования, природы изучаемых объектов. Таким образом, частнонаучные методы не оторваны от общенаучных. Они тесно связаны с ними, включают в себя специфическое применение общенаучных познавательных приемов для изучения конкретной области объективного мира. Частнонаучные методы связаны и со всеобщим диалектическим методом, который как бы преломляется через них. Например, всеобщий диалектический принцип развития проявился в биологии в виде открытого Ч. Дарвином естественноисторического закона эволюции животных и растительных видов.

Любой метод сам по себе еще не предопределяет успеха в познании тех или иных сторон материальной действительности. Важно еще умение правильно применять научный метод в процессе познания.

1.3. Общенаучные методы эмпирического познания.

Наблюдение и эксперимент

Наблюдение есть чувственное (преимущественно – визуальное) отражение предметов и явлений внешнего мира. Это – исходный метод эмпирического познания, позволяющий получить некоторую первичную информацию об объектах окружающей действительности.

Научное наблюдение (в отличие от обыденных, повседневных наблюдений) характеризуется рядом особенностей:

- целенаправленностью (наблюдение должно вестись для решения поставленной задачи исследования, а внимание наблюдателя фиксироваться только на явлениях, связанных с этой задачей);

- планомерностью (наблюдение должно проводиться строго по плану, составленному исходя из задачи исследования);
- активностью (исследователь должен активно искать, выделять нужные ему моменты в наблюдаемом явлении, привлекая для этого свои знания и опыт, используя различные технические средства наблюдения).

Научные наблюдения всегда сопровождаются описанием объекта познания. Последнее необходимо для фиксирования тех свойств, сторон изучаемого объекта, которые составляют предмет исследования. Описания результатов наблюдений образуют эмпирический базис науки, опираясь на который исследователи создают эмпирические обобщения, сравнивают изучаемые объекты по тем или иным параметрам, проводят классификацию их по каким-то свойствам, характеристикам и т.п.

Наблюдение как метод познания более или менее удовлетворяло потребности наук, находившихся на описательно-эмпирической ступени развития. Дальнейший прогресс научного познания был связан с переходом многих наук к следующей, более высокой ступени развития, на которой наблюдения дополнялись экспериментальными исследованиями, предполагающими целенаправленное воздействие на изучаемые объекты.

Эксперимент – более сложный метод эмпирического познания по сравнению с наблюдением. Он предполагает активное, целенаправленное и строго контролируемое воздействие исследователя на изучаемый объект для выявления и изучения тех или иных его сторон, свойств, связей. При этом экспериментатор может преобразовывать исследуемый объект, создавать искусственные условия его изучения, вмешиваться в естественное течение процессов.

В наблюдениях же отсутствует деятельность, направленная на преобразование, изменение объектов познания. Это обуславливается рядом обстоятельств: недоступностью этих объектов для практического воздействия (например, наблюдения удаленных космических объектов), нежелательностью, исходя из целей исследования, вмешательства в наблюдаемый процесс (фенологические, психологические и др. наблюдения), отсутствием технических, энергетических, финансовых и иных возможностей постановки экспериментальных исследований.

Эксперимент включает в себя другие методы эмпирического исследования (наблюдение, измерение). В то же время он обладает рядом важных, присущих только ему, особенностей.

Во-первых, эксперимент позволяет изучать объект в «очищенном» виде, т.е. устранять всякого рода побочные факторы, наложения, затрудняющие процесс исследования. Например, проведение некоторых экспериментов требует специально оборудованных помещений, защищенных (экранированных) от внешних электромагнитных воздействий на изучаемый объект.

Во-вторых, в ходе эксперимента объект может быть поставлен в некоторые искусственные, в частности, экстремальные условия, т.е. изучаться при сверхнизких температурах, при чрезвычайно высоких давлениях или, наоборот, в вакууме, при огромных напряженностях электромагнитного поля и т.п. В таких искусственно созданных условиях удастся обнаружить удивительные, порой неожиданные свойства объектов и тем самым глубже постигать их сущность.

В-третьих, изучая какой-либо процесс, экспериментатор может вмешиваться в него, активно влиять на его протекание.

В-четвертых, важным достоинством многих экспериментов является их воспроизводимость. Это означает, что условия эксперимента, а соответственно, и проводимые при этом наблюдения, измерения могут быть повторены столько раз, сколько это необходимо для получения достоверных результатов.

Подготовка и проведение эксперимента требуют соблюдения ряда условий. Так, научный эксперимент:

- никогда не ставится наобум, он предполагает наличие четко сформулированной цели исследования;
- не делается «вслепую», он всегда базируется на каких-то исходных теоретических положениях;
- не проводится беспланово, хаотически; предварительно исследователь намечает пути его проведения;
- требует определенного уровня развития технических средств познания, необходимого для его реализации;
- должен проводиться людьми, имеющими достаточно высокую квалификацию.

Только совокупность всех этих условий определяет успех в экспериментальных исследованиях.

Измерение как метод эмпирического познания. Большинство научных экспериментов и наблюдений включает в себя проведение разнообразных измерений. *Измерение* – это процесс, заключающийся в определении количественных значений тех или иных свойств, сторон изучаемого объекта, явления с помощью специальных технических устройств. Важной стороной процесса измерения является методика его проведения. Она представляет собой совокупность приемов, использующих определенные принципы и средства измерений. Под принципами измерений в данном случае имеются в виду какие-то явления, которые положены в основу измерений (например, измерение температуры с использованием термоэлектрического эффекта).

Наличие субъекта (исследователя), производящего измерения, не всегда является обязательным. Он может и не принимать непосредственного участия в процессе измерения, если измерительная процедура включена в работу автоматической информационно-измерительной сис-

темы. Последняя строится на базе электронно-вычислительной техники. Причем с появлением сравнительно недорогих микропроцессорных вычислительных устройств в измерительной технике стало возможным создание «интеллектуальных» приборов, в которых обработка данных измерений производится одновременно с чисто измерительными операциями.

Результат измерения получается в виде некоторого числа единиц измерения. *Единица измерения* – это эталон, с которым сравнивается измеряемая сторона объекта или явления (эталону присваивается числовое значение «I»). Существует множество единиц измерения, соответствующее множеству объектов, явлений, их свойств, сторон, связей, которые приходится измерять в процессе научного познания. При этом единицы измерения подразделяются на *основные*, выбираемые в качестве базисных при построении системы единиц, и *производные*, выводимые из других единиц с помощью каких-то математических соотношений.

Вопрос об обеспечении единообразия в измерении величин, отражающих те или иные явления материального мира, всегда был очень важным. Отсутствие такого единообразия порождало существенные трудности для научного познания. Например, до 1880 г. включительно не существовало единства в измерении электрических величин: использовалось 15 различных единиц электрического сопротивления, 8 единиц электродвижущей силы, 5 единиц электрического тока и т.д. Сложившееся положение сильно затрудняло сопоставление результатов измерений и расчетов, выполненных различными исследователями. Остро ощущалась необходимость введения единой системы электрических единиц. Такая система была принята первым международным конгрессом по электричеству, состоявшимся в 1881 году.

В настоящее время в естествознании действует преимущественно Международная система единиц (СИ), принятая в 1960 г. XI Генеральной конференцией по мерам и весам. Международная система единиц построена на базе семи основных (метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела, моль) и двух дополнительных (радиан, стерадиан) единиц. С помощью специальной таблицы множителей и приставок можно образовывать кратные и дольные единицы (например, с помощью множителя 10^{-3} и приставки «милли» к наименованию любой из названных выше единиц измерения можно образовывать дольную единицу размером в одну тысячную от исходной). Международная система единиц физических величин является наиболее совершенной и универсальной из всех существовавших до настоящего времени. Она охватывает физические величины механики, термодинамики, электродинамики и оптики, которые связаны между собой физическими законами.

Потребность в единой международной системе единиц измерения в условиях современной научно-технической революции очень велика. Поэтому такие международные организации, как ЮНЕСКО и Международная органи-

зация законодательной метрологии, призвали государства, являющиеся членами этих организаций, принять вышеупомянутую Международную систему единиц и градуировать в этих единицах все измерительные приборы.

С прогрессом науки продвигается вперед и измерительная техника. Наряду с совершенствованием существующих измерительных приборов, работающих на основе традиционных, утвердившихся принципов (замена материалов, из которых сделаны детали прибора, внесение в его конструкцию отдельных изменений и т.д.), происходит переход на принципиально новые конструкции измерительных устройств, обусловленные новыми теоретическими предпосылками. В последнем случае создаются приборы, в которых находят реализацию новые научные достижения. Хорошо развитое измерительное приборостроение, разнообразие методов и высокие характеристики средств измерения способствуют прогрессу в научных исследованиях. В свою очередь, решение научных проблем часто открывает новые пути совершенствования самих измерений.

1.4. Общенаучные методы теоретического познания. Абстрагирование и идеализация. Мысленный эксперимент

Процесс познания всегда начинается с рассмотрения конкретных, чувственно воспринимаемых предметов и явлений, их внешних признаков, свойств, связей. Только в результате изучения чувственно-конкретного человек приходит к каким-то обобщенным представлениям, понятиям, к тем или иным теоретическим положениям, т.е. научным абстракциям. Получение этих абстракций связано со сложной абстрагирующей деятельностью мышления.

В процессе абстрагирования происходит отход (восхождение) от чувственно воспринимаемых конкретных объектов (со всеми их свойствами, сторонами и т.д.) к воспроизводимым в мышлении абстрактным представлениям о них. *Абстрагирование*, таким образом, заключается в мысленном отвлечении от каких-то – менее существенных – свойств, сторон, признаков изучаемого объекта с одновременным выделением, формированием одной или нескольких существенных сторон, свойств, признаков этого объекта. Результат, получаемый в процессе абстрагирования, именуют *абстракцией* (или используют термин *абстрактное* – в отличие от *конкретного*).

Переход от чувственно-конкретного к абстрактному всегда связан с известным упрощением действительности. Вместе с тем, восходя от чувственно-конкретного к абстрактному, теоретическому, исследователь получает возможность глубже понять изучаемый объект, раскрыть его сущность.

Мыслительная деятельность исследователя в процессе научного познания включает в себя особый вид абстрагирования, который называют идеализацией. *Идеализация* представляет собой мысленное внесение определенных изменений в изучаемый объект в соответствии с целями

исследований. В результате таких изменений могут быть, например, исключены из рассмотрения какие-то свойства, стороны, признаки объектов. Так, широко распространенная в механике идеализация, именуемая материальной точкой, подразумевает тело, лишенное всяких размеров.

Целесообразность использования идеализации определяется следующими обстоятельствами. Во-первых, идеализация целесообразна тогда, когда подлежащие исследованию реальные объекты достаточно сложны для имеющихся средств теоретического, в частности, математического, анализа. По отношению же к идеализированному случаю можно, приложив эти средства, построить и развить теорию, в определенных условиях и целях эффективную, для описания свойств и поведения этих реальных объектов. Во-вторых, идеализацию целесообразно использовать в тех случаях, когда необходимо исключить некоторые свойства, связи исследуемого объекта, без которых он существовать не может, но которые затемняют существо протекающих в нем процессов. Сложный объект представляется как бы в «очищенном» виде, что облегчает его изучение. В-третьих, применение идеализации целесообразно тогда, когда исключаемые из рассмотрения свойства, стороны, связи изучаемого объекта не влияют в рамках данного исследования на его сущность. Вышеупомянутая абстракция материальной точки позволяет в некоторых случаях представлять самые различные объекты – от молекул или атомов до гигантских космических объектов. При этом правильный выбор допустимости подобной идеализации играет очень большую роль. Если в ряде случаев возможно и целесообразно рассматривать атомы в виде материальных точек, то такая идеализация становится недопустимой при изучении структуры атома. Точно так же можно считать материальной точкой нашу планету при рассмотрении ее вращения вокруг Солнца, но отнюдь не в случае рассмотрения ее собственного суточного вращения.

Будучи разновидностью абстрагирования, идеализация допускает элемент чувственной наглядности (обычный процесс абстрагирования ведет к образованию мысленных абстракций, не обладающих никакой наглядностью). Эта особенность идеализации очень важна для реализации такого специфического метода теоретического познания, каковым является *мысленный эксперимент* (его также называют умственным, субъективным, воображаемым, идеализированным).

Мысленный эксперимент предполагает оперирование идеализированным объектом (замещающим в абстракции объект реальный), которое заключается в мысленном подборе тех или иных положений, ситуаций, позволяющих обнаружить какие-то важные особенности исследуемого объекта. В этом проявляется определенное сходство мысленного (идеализированного) эксперимента с реальным.

Но в отличие от реального эксперимента в мысленном эксперименте исследователь оперирует не материальными объектами, а их идеали-

зированными образами, и само оперирование производится в его сознании, т.е. чисто умозрительно.

В реальном эксперименте приходится считаться с реальными физическими и иными ограничениями его проведения, с невозможностью в ряде случаев устранить мешающие ходу эксперимента воздействия извне, с искажением в силу указанных причин получаемых результатов. В этом плане мысленный эксперимент имеет явное преимущество перед экспериментом реальным. В мысленном эксперименте можно абстрагироваться от действия нежелательных факторов, проведя его в идеализированном, «чистом» виде.

1.5. Формализация как метод теоретического познания.

Язык науки

Под *формализацией* понимается особый подход в научном познании, который заключается в использовании специальной символики, позволяющей отвлечься от изучения реальных объектов, от содержания описывающих их теоретических положений и оперировать вместо этого некоторым множеством символом (знаков).

Для построения любой формальной системы необходимо:

- а) задание алфавита, т.е. определенного набора знаков;
- б) задание правил, по которым из исходных знаков этого алфавита могут быть получены «слова», «формулы»;
- в) задание правил, по которым от одних слов, формул данной системы можно переходить к другим словам и формулам (так называемые правила вывода).

В результате создается формальная знаковая система в виде определенного искусственного языка. Важным достоинством этой системы является возможность проведения в ее рамках исследования какого-либо объекта чисто формальным путем (оперирование знаками) без непосредственного обращения к этому объекту.

Другое достоинство формализации состоит в обеспечении краткости и четкости записи научной информации, что открывает большие возможности для оперирования ею.

Математические описания различных объектов, процессов являются ярким примером формализации. При этом используемая математическая символика не только помогает закрепить уже имеющиеся знания об исследуемых объектах, явлениях, но и выступает своего рода инструментом в процессе дальнейшего их познания. Но расширяющееся использование формализации как метода теоретического познания связано не только с развитием математики. В химии, например, соответствующая химическая символика вместе с правилами оперирования ею явилась одним из вариантов формализованного искусственного языка. Все более

важное место метод формализации занимал в логике по мере ее развития. Труды Лейбница положили начало созданию метода логических исчислений. Последний привел к формированию в середине XIX в. *математической логики*, которая во второй половине нашего столетия сыграла важную роль в развитии кибернетики, в появлении электронных вычислительных машин, в решении задач автоматизации производства и т.д.

Возможность представить те или иные теоретические положения науки в виде формализованной знаковой системы имеет большое значение для познания. Но при этом следует иметь в виду, что формализация той или иной теории возможна только при учете ее содержательной стороны. Только в этом случае могут быть правильно применены те или иные формализмы. Голое математическое уравнение еще не представляет физической теории, чтобы получить физическую теорию необходимо придать математическим символам конкретное эмпирическое содержание.

Язык современной науки существенно отличается от естественного человеческого языка. Он содержит много специальных терминов, выражений, в нем широко используются средства формализации, среди которых центральное место принадлежит математической формализации. Исходя из потребностей науки, создаются различные искусственные языки, предназначенные для решения тех или иных задач.

Формализованные искусственные языки не обладают гибкостью и богатством языка естественного. Зато в них отсутствует многозначность терминов (полисемия), свойственная естественным языкам. Они характеризуются точно построенным синтаксисом (устанавливающим правила связи между знаками безотносительно их содержания) и однозначной семантикой (семантические правила формализованного языка вполне однозначно определяют соотношенность знаковой системы с определенной предметной областью). Таким образом, формализованный язык обладает свойством моносемичности. Все множество созданных и создаваемых искусственных формализованных языков входит в язык науки, образуя мощное средство научного познания.

Создание какого-то единого формализованного языка науки не представляется возможным. Даже достаточно богатые формализованные языки не удовлетворяют требованию полноты, т.е. некоторое множество правильно сформулированных предложений такого языка (в том числе и истинных) не может быть выведено чисто формальным путем внутри этого языка. Данное положение вытекает из результатов, полученных в начале 30-х годов XX столетия австрийским логиком и математиком Куртом Геделем.

Формализованные языки не могут быть единственной формой языка современной науки, ибо стремление к максимальной адекватности требует использовать и неформализованные системы. Но в той мере, в какой адекватность немыслима без точности, тенденция к возрастающей формализации языков всех и особенно естественных наук является активной и прогрессивной.

1.6. Индукция и дедукция как формально-логические методы познания. Основные методы индукции

Индукция (от лат. *inductio* – наведение, побуждение) есть метод познания, основывающийся на формальнологическом умозаключении, которое приводит к получению общего вывода на основании частных посылок. Другими словами, это есть движение нашего мышления от частного, единичного к общему.

Индукция широко применяется в научном познании. Обнаруживая сходные признаки, свойства у многих объектов определенного класса, исследователь делает вывод о присущности этих признаков, свойств всем объектам данного класса. Например, в процессе экспериментального изучения электрических явлений использовались проводники тока, выполненные из различных металлов. На основании многочисленных единичных опытов сформировался общий вывод об электропроводности всех металлов.

Индукция, используемая в научном познании (научная индукция), может реализовываться в виде следующих методов:

1. Метод единственного сходства (во всех случаях наблюдения какого-то явления обнаруживается лишь один общий фактор, все другие – различны; следовательно, этот единственный сходный фактор есть причина данного явления).

2. Метод единственного различия (если обстоятельства возникновения какого-то явления и обстоятельства, при которых оно не возникает, почти во всем сходны и различаются лишь одним фактором, присутствующим только в первом случае, то можно сделать вывод, что этот фактор и есть причина данного явления).

3. Соединенный метод сходства и различия (представляет собой комбинацию двух вышеуказанных методов).

4. Метод сопутствующих изменений (если определенные изменения одного явления всякий раз влекут за собой некоторые изменения в другом явлении, то отсюда вытекает вывод о причинной связи этих явлений).

5. Метод остатков (если сложное явление вызывается многофакторной причиной, причем некоторые из этих факторов известны как причина какой-то части данного явления, то отсюда следует вывод: причина другой части явления – остальные факторы, входящие в общую причину этого явления).

Родоначальником классического индуктивного метода познания является Ф. Бэкон. Но он трактовал индукцию чрезвычайно широко, считал ее важнейшим методом открытия новых истин в науке, главным средством научного познания природы (всеиндуктивизм). Однако индукцию нельзя рассматривать изолированно от других методов познания, в частности, от дедукции.

Дедукция (от лат. deductio – выведение) есть получение частных выводов на основе знания каких-то общих положений. Другими словами, это есть движение нашего мышления от общего к частному, единичному. Например, из общего положения, что все металлы обладают электропроводностью, можно сделать дедуктивное умозаключение об электропроводности конкретной медной проволоки (зная, что медь – металл). Если исходные общие положения являются установленной научной истиной, то методом дедукции всегда будет получен истинный вывод. Общие принципы и законы не дают ученым в процессе дедуктивного исследования сбиться с пути: они помогают правильно понять конкретные явления действительности.

Получение новых знаний посредством дедукции существует во всех естественных науках, но особенно большое значение дедуктивный метод имеет в математике. Опираясь математическими абстракциями и строя свои рассуждения на весьма общих положениях, математики вынуждены чаще всего пользоваться дедукцией. И математика является, пожалуй, единственной собственно дедуктивной наукой.

В науке Нового времени пропагандистом дедуктивного метода познания был видный математик и философ Р. Декарт. Вдохновленный своими математическими успехами, будучи убежденным в безошибочности правильно рассуждающего ума, Декарт односторонне преувеличивал значение интеллектуальной стороны за счет опытной в процессе познания истины. Дедуктивная методология Декарта была прямой противоположностью эмпирическому индуктивизму Бэкона.

Но, несмотря на имевшие место в истории науки и философии попытки оторвать индукцию от дедукции, противопоставить их в реальном процессе научного познания, эти два метода не применяются как изолированные, обособленные друг от друга. Каждый из них используется на соответствующем этапе познавательного процесса.

Более того, в процессе использования индуктивного метода зачастую «в скрытом виде» присутствует и дедукция. Подчеркивая необходимую связь индукции и дедукции, Ф. Энгельс настоятельно советовал ученым: «Вместо того чтобы односторонне превозносить одну из них до небес за счет другой, надо стараться каждую применять на своем месте, а этого можно добиться лишь в том случае, если не упускать из виду их связь между собой, их взаимное дополнение друг другом».

Общенаучные методы, применяемые на эмпирическом и теоретическом уровнях познания. Анализ и синтез. Под *анализом* понимают разделение объекта (мысленно или реально) на составные частицы с целью их отдельного изучения. В качестве таких частей могут быть использованы какие-то вещественные элементы объекта или же его свойства, признаки, отношения и т.п.

Анализ – необходимый этап в познании объекта. С древнейших времен анализ применялся, например, для разложения на составляющие

некоторых веществ. В частности, уже в Древнем Риме анализ использовался для проверки качества золота и серебра в виде так называемого купелирования (анализируемое вещество взвешивалось до и после нагрева). Постепенно формировалась аналитическая химия, которую по праву можно называть матерью современной химии: ведь прежде чем применять то или иное вещество в конкретных целях, необходимо выяснить его химический состав.

Анализ занимает важное место в изучении объектов материального мира. Но он составляет лишь первый этап процесса познания. Если бы, скажем, химики ограничивались только анализом, т.е. выделением и изучением отдельных химических элементов, то они не смогли бы познать все те сложные вещества, в состав которых входят эти элементы.

Для постижения объекта как единого целого нельзя ограничиваться изучением лишь его составных частей. В процессе познания необходимо вскрывать объективно существующие связи между ними, рассматривать их в совокупности, в единстве. Осуществить этот второй этап в процессе познания – перейти от изучения отдельных составных частей объекта к изучению его как единого связанного целого – возможно только в том случае, если метод анализа дополняется другим методом – **синтезом**. В процессе синтеза производится соединение воедино составных частей (сторон, свойств, признаков и т.п.) изучаемого объекта, расчлененных в результате анализа. На этой основе происходит дальнейшее изучение объекта, но уже как единого целого. При этом синтез не означает простого механического соединения разъединенных элементов в единую систему. Он раскрывает место и роль каждого элемента в системе целого, устанавливает их взаимосвязь и взаимообусловленность, т.е. позволяет понять подлинное диалектическое единство изучаемого объекта.

Анализ и синтез с успехом используются и в сфере мыслительной деятельности человека, т.е. в теоретическом познании. Но и здесь, как и на эмпирическом уровне познания, анализ и синтез – это не две оторванные друг от друга операции. По своему существу они – как бы две стороны единого аналитико-синтетического метода познания.

Аналогия и моделирование – общенаучные методы, применяемые на эмпирическом и теоретическом уровнях познания. Под **аналогией** понимается подобие, сходство каких-то свойств, признаков или отношений у различных в целом объектов. Установление сходства (или различия) между объектами осуществляется в результате их сравнения. Таким образом, сравнение лежит в основе метода аналогии.

Если делается логический вывод о наличии какого-либо свойства, признака, отношения у изучаемого объекта на основании установления его сходства с другими объектами, то этот вывод называют умозаключением по аналогии. Ход такого умозаключения можно представить следующим образом. Пусть имеется, например, два объекта: А и В. Извест-

но, что объекту А присущи свойства $P_1, P_2, \dots, P_n, P_{n+1}$. Изучение объекта В показало, что ему присущи свойства $P_1, P_2, \dots, P_n$, совпадающие соответственно со свойствами объекта А. На основании сходства ряда свойств ($P_1, P_2, \dots, P_n$) у обоих объектов может быть сделано предположение о наличии свойства P_{n+1} у объекта В.

Степень вероятности получения правильного умозаключения по аналогии будет тем выше: 1) чем больше известно общих свойств у сравниваемых объектов; 2) чем существеннее обнаруженные у них общие свойства и 3) чем глубже познана взаимная закономерная связь этих сходных свойств. При этом нужно иметь в виду, что если объект, в отношении которого делается умозаключение по аналогии с другим объектом, обладает каким-нибудь свойством, не совместимым с тем свойством, о существовании которого должен быть сделан вывод, то общее сходство этих объектов утрачивает всякое значение.

Существуют различные типы выводов по аналогии. Но общим для них является то, что во всех случаях непосредственному исследованию подвергается один объект, а вывод делается о другом объекте. Поэтому вывод по аналогии в самом общем смысле можно определить как перенос информации с одного объекта на другой. При этом первый объект, который собственно и подвергается исследованию, именуется *моделью*, а другой объект, на который переносится информация, полученная в результате исследования первого объекта (модели), называется *оригиналом* (иногда – прототипом, образцом и т.д.). Таким образом, модель всегда выступает как аналогия, т.е. модель и отображаемый с ее помощью объект (оригинал) находятся в определенном сходстве (подобии).

Под моделированием понимается изучение моделируемого объекта (оригинала), базирующееся на взаимоднозначном соответствии определенной части свойств оригинала и замещающего его при исследовании объекта (модели) и включающее в себя построение модели, изучение ее и перенос полученных сведений на моделируемый объект – оригинал.

В зависимости от характера используемых в научном исследовании моделей различают несколько видов моделирования.

1. *Мысленное (идеальное) моделирование*. К этому виду моделирования относятся самые различные мысленные представления в форме тех или иных воображаемых моделей. Например, в идеальной модели электромагнитного поля Дж. Максвелла силовые линии представлялись в виде трубок, по которым течет воображаемая жидкость, не обладающая инерцией и сжимаемостью.

2. *Физическое моделирование*. Оно характеризуется физическим подобием между моделью и оригиналом и имеет целью воспроизведение в модели процессов, свойственных оригиналу. В настоящее время физическое моделирование широко используется для разработки и экспериментального изучения различных сооружений (плотин электростанций,

оросительных систем и т.п.), машин (аэродинамические качества самолетов, например, исследуются на их моделях, обдуваемых воздушным потоком в аэродинамической трубе), для лучшего понимания каких-то природных явлений и т.д.

3. *Символическое (знаковое) моделирование.* Оно связано с условно-знаковым представлением каких-то свойств, отношений объекта-оригинала. Особой и очень важной разновидностью символического (знакового) моделирования является *математическое моделирование*. Взаимосвязи между различными величинами, описывающими функционирование исследуемого объекта или явления, могут быть представлены соответствующими уравнениями. Получившаяся система уравнений вместе с известными данными, необходимыми для ее решения (начальные условия, граничные условия, значения коэффициентов уравнений и т.п.), называется математической моделью явления.

4. Математическое моделирование может применяться в особом сочетании с физическим моделированием. Такое сочетание, именуемое *вещественно-математическим* (или *предметно-математическим*) *моделированием*, позволяет исследовать какие-то процессы в объекте-оригинале, заменяя их изучением процессов совсем иной природы (которые, однако, описываются теми же математическими соотношениями, что и исходные процессы). Так, механические колебания могут моделироваться электрическими колебаниями на основе полной идентичности описывающих их дифференциальных уравнений.

5. *Численное моделирование на компьютере.* Эта разновидность моделирования основывается на ранее созданной математической модели изучаемого объекта или явления и применяется в случаях больших объёмов вычислений, необходимых для исследования данной модели.

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ ЭПОХИ АНТИЧНОСТИ. НАТУРФИЛОСОФИЯ И ЕЕ МЕСТО В ИСТОРИИ ЕЕСТЕСТВОЗНАНИЯ. ВОЗНИКНОВЕНИЕ АНТИЧНОЙ НАУКИ

Первой в истории человечества формой существования естествознания была так называемая натурфилософия (от лат. *natura* – природа), или философия природы. Последняя характеризовалась чисто умозрительным истолкованием природного мира, рассматриваемого в его целостности. Считалось, что философии – в ее натурфилософской форме – отведена роль «науки наук», «царицы наук», ибо она является вместилищем всех человеческих знаний об окружающем мире, а естественные науки являются лишь ее составными частями.

Натурфилософское понимание природы содержало много вымышленного, фантастического, далекого от действительного понимания мира. Появление натурфилософии в интеллектуальной истории человечества и очень длительное ее существование объясняется рядом неизбежных обстоятельств.

1. Когда естественнонаучного знания (в его нынешнем понимании) еще практически не существовало, попытки целостного охвата, объяснения окружающей действительности были единственным и оправданным способом человеческого познания мира.

2. Вплоть до XIX столетия естествознание было слабо дифференцировано, отсутствовали многие его отрасли. Еще в XVIII веке в качестве сформировавшихся, самостоятельных наук существовали лишь механика, математика, астрономия и физика. Химия, биология, геология находились лишь в процессе становления. В такой ситуации натурфилософия, строя общую картину природы, стремилась заменить собой отсутствующие естественные науки.

3. Отрывочному знанию об объектах, явлениях природы, которое давало тогдашнее естествознание, натурфилософия противопоставляла свои умозрительные представления о мире. В этих представлениях не известные еще науке причины, и действительные (но пока непознанные) связи явлений заменялись вымышленными, фантастическими причинами и связями. Для истолкования непонятных явлений натурфилософы обычно придумывали какую-нибудь силу (например, жизненную силу) или какое-нибудь мифическое вещество (флогистон, электрическая жидкость, эфир и т.п.). Разумеется, действительные пробелы в естественнонаучном знании восполнялись при этом лишь в воображении. Это было

вынужденное положение, которое, однако, не могло продолжаться бесконечно.

Когда в XIX веке естествознание достигло достаточно высокого уровня развития и был накоплен и систематизирован большой фактический материал, т.е. когда были познаны действительные причины явлений, раскрыты их реальные связи между собой, существование натурфилософии потеряло всякое историческое оправдание. А в связи с этим понимание философии как «науки наук» также прекратило свое существование. Вместе с уходом с исторической арены старой натурфилософии сама философия, так же, как и различные отрасли естествознания, наконец-то обрела свой предмет. Однако тесная двусторонняя связь между философией и естествознанием сохраняется по сей день.

Впервые наука в истории человечества возникает в Древней Греции в VI веке до н.э. Под наукой понимается не просто совокупность каких-то отрывочных, разрозненных сведений, а определенная система знаний, являющаяся результатом деятельности особой группы людей (научного сообщества) по получению новых знаний. В отличие от ряда древних цивилизаций (Египта, Вавилона, Ассирии) именно в культуре Древней Греции обнаруживаются указанные характеристики науки.

Большой заслугой знаменитого древнегреческого ученого и философа Аристотеля было стремление к собиранию и систематизации знаний, накопленных в древнем мире. Исходя из своих представлений об отраслях научного знания, он впервые попытался дать классификацию наук. Аристотель разделил науки на три основных группы. Первая группа – это науки «умозрительные», т.е. те, которые познают свой предмет с помощью одного только разума. К ним относятся: «первая философия» (учение о божественном), физика (наука о природе) и математика. Следующая группа наук – «практические»: политика, этика, экономика. Третья группа – науки «творческие», куда включаются все ремесленные искусства (врачевание, строительство и т.п.). Первую группу составляют высшие науки, постигающие самое главное в мире, первые причины бытия.

Древнегреческие мыслители были, как правило, одновременно и философами, и учеными. Господство натурфилософии обусловило такие особенности древнегреческой науки, как абстрактность и отвлеченность от конкретных фактов. Каждый ученый стремился представить все мироздание в целом, нимало не беспокоясь об отсутствии достаточного фактического материала о явлениях природы. Вместе с тем, достижения античных мыслителей в математике и механике навечно вошли в историю науки.

Миропонимание и научные достижения натурфилософии античности. Атомистика. Геоцентрическая космология. Развитие математики и механики. В ранней древнегреческой натурфилософии гос-

подставала идея о некоторых исходных первоначалах, лежащих в основе мироздания. К таким первоначалам, из которых якобы создается весь окружающий мир, относили либо так называемые четыре «стихии» (воду, воздух, огонь, землю), либо какое-то мифическое первовещество (например, «алейрон», придуманный древнегреческим натурфилософом Анаксимандром). Но уже в этот период на смену подобным представлениям о мире приходит стройное по тому времени атомистическое учение о природе. Выдающимися представителями древнегреческой натурфилософской идеологии атомизма были *Демокрит* и *Эпикур*, а в натурфилософии Древнего Рима – *Тит Лукреций Кар*. Основные принципы их атомистических воззрений можно свести к следующим положениям.

1. Вся Вселенная состоит из мельчайших материальных частиц – атомов и незаполненного пространства – пустоты.

2. Атомы неуничтожимы, вечны, а потому и вся Вселенная, из них состоящая, существует вечно.

3. Атомы представляют собой мельчайшие, неизменные, непроницаемые и абсолютно неделимые частицы, которые находятся в постоянном движении, изменяют свое положение в пространстве.

4. Различаются атомы по форме, величине, тяжести и т.д.

5. Все предметы материального мира образуются из атомов различных форм и, различного порядка их сочетаний (подобно тому, как слова образуются из букв).

Одним из величайших ученых и философов античности был *Аристотель*. В круг его естественнонаучных интересов входили математика, физика, астрономия, биология. В истории науки Аристотель известен также как автор космологического учения, которое оказало огромное влияние на миропонимание многих последующих столетий. Космология Аристотеля – геоцентрическое воззрение: Земля, имеющая форму шара, неподвижно пребывает в центре Вселенной.

Космология Аристотеля включала представление о пространственной конечности мироздания. В этой конечной протяженности космоса расположены твердые кристалльно-прозрачные сферы, на которых неподвижно закреплены звезды и планеты. Их видимое движение объясняется вращением указанных сфер. С крайней («внешней») сферой соприкасается «Перводвигатель Вселенной», под которым Аристотель понимал Бога – в виде разума мирового масштаба, дающего энергию «перводвигателю».

Геоцентрическая космология Аристотеля была впоследствии математически оформлена и обоснована *Клавдием Птолемеем* (прибл. 90–168 гг. н.э.). Птолемеи по праву считается одним из крупнейших ученых античности. Он серьезно занимался математикой, увлекался географией, много времени посвящал астрономическим наблюдениям. Главный труд

Птолемя «Математическая система» (греческий оригинал) был утерян, но сохранился его арабский перевод, который много позднее, уже в XII в. был переведен на латинский язык. Геоцентрическая система мира Аристотеля–Птолемя просуществовала чрезвычайно долго – вплоть до опубликования знаменитого труда Н. Коперника, заменившего эту систему на гелиоцентрическую.

Древнегреческая натурфилософия прославилась вкладом ее представителей в формирование и развитие математики. Здесь прежде всего следует отметить знаменитого древнегреческого мыслителя *Пифагора*. На счету этого античного ученого имеется целый ряд научных достижений. К их числу (помимо всем известной «теоремы Пифагора») относится, например, открытие того факта, что отношение диагонали и стороны квадрата не может быть выражено целым числом и дробью. Тем самым в математику было введено понятие иррациональности.

Одним из крупнейших ученых-математиков античности был *Евклид*, живший в III веке до н.э. В своем объемистом труде «Начала» он привел в систему все математические достижения того времени. Созданный Евклидом метод аксиом позволил ему построить здание геометрии, носящей по сей день его имя.

Первоклассным ученым, математиком и механиком античности был *Архимед* (287–212 гг. до н.э.). Он решил ряд задач по вычислению площадей поверхностей и объемов, определил значение числа π (представляющего собой отношение длины окружности к своему диаметру). Архимед ввел понятие центра тяжести и разработал методы его определения для различных тел, дал математический вывод законов рычага. Ему приписывают «крылатое» выражение: «Дайте мне точку опоры, и я сдвину Землю». Архимед положил начало гидростатике, которая нашла широкое применение при проверке изделий из драгоценных металлов и определении грузоподъемности кораблей. Широчайшую известность получил закон Архимеда, касающийся плавучести тел.

Научные труды Архимеда находили приложение в общественной практике. Ему принадлежат многочисленные изобретения: так называемый «архимедов винт» (устройство для подъема воды на более высокий уровень), различные системы рычагов, блоков, полиспастов и винтов для поднятия больших тяжестей, военные метательные машины и т.д.

Архимед был одним из последних представителей естествознания Древней Греции. К сожалению, его научное наследие долго не получало той оценки, которой оно заслуживало. Лишь спустя более полутора тысяч лет, в эпоху Возрождения, труды Архимеда были оценены по достоинству и получили дальнейшее развитие.

2.1. Естествознание эпохи Средневековья

Эпоха средних веков характеризовалась в Европе закатом классической греко-римской культуры и резким усилением влияния церкви на всю духовную жизнь общества. В эту эпоху философия тесно сближается с теологией (богословием), фактически становится ее «служанкой». Возникает непреодолимое противоречие между наукой, делающей свои выводы из результатов наблюдений опытов, включая и обобщение этих результатов, и схоластическим богословием, для которого истина заключается в религиозных догмах. Пока европейская христианская наука переживала длительный период упадка (вплоть до XII–XIII вв.), на Востоке, наоборот, наблюдался прогресс науки. Со второй половины VIII в. научное лидерство явно переместилось из Европы на Ближний Восток. В IX веке, наряду с главным трудом Птолемея «Математическая система» (в арабском названии «Альмагест»), на арабский язык были переведены «Начала» Евклида и сочинения Аристотеля. Таким образом, древнегреческая научная мысль получила известность в мусульманском мире, способствуя развитию астрономии и математики. В истории науки этого периода известны имена таких арабских ученых, как Мухаммед аль-Баттани (850–929 гг.), астроном, составивший новые астрономические таблицы, Ибн-Юнас (950–1009 гг.), достигший заметных успехов в тригонометрии и сделавший немало ценных наблюдений лунных и солнечных затмений, Ибн аль-Хайсам (965–1020 гг.), получивший известность своими работами в области оптики, Ибн-Рушд (1126–1198 гг.) – виднейший философ и естествоиспытатель своего времени, считавший Аристотеля своим учителем.

Средневековой арабской науке принадлежат и наибольшие успехи в химии. Опираясь на материалы александрийских алхимиков I века и некоторых персидских школ, арабские химики достигли значительного прогресса в своей области. В их работах алхимия постепенно превращалась в химию. А уже отсюда (благодаря, главным образом, испанским маврам) в позднее средневековье возникла европейская химия.

В XI в. страны Европы пришли в соприкосновение с богатствами арабской цивилизации, а переводы арабских текстов стимулировали восприятие знаний Востока европейскими народами. Большую роль в подъеме западной христианской науки сыграли университеты (Парижский, Болонский, Оксфордский, Кембриджский и др.), которые стали образовываться, начиная с XII века. И хотя эти университеты первоначально предназначались для подготовки духовенства, но в них уже тогда начинали изучаться предметы математического и естественнонаучного направления, а само обучение носило, более чем когда-либо раньше, систематический характер.

XIII в. характеризуется в европейской науке началом эксперимента и дальнейшей разработкой статики Архимеда. Здесь наиболее существенный прогресс был достигнут группой ученых Парижского университета во главе с *Иорданом Неморарием* (вторая половина XIII в.). Они развили античное учение о равновесии простых механических устройств, решив задачу, с которой античная механика справиться не могла, – задачу о равновесии тела на наклонной плоскости.

В XIV в. в полемике с античными учеными рождаются новые идеи, начинают использоваться математические методы, т.е. идет процесс подготовки будущего точного естествознания. Лидерство переходит к группе ученых Оксфордского университета, среди которых наиболее значительная фигура – *Томас Брадвардин* (1290–1349). Ему принадлежит трактат «О пропорциях» (1328 г.), который в истории науки оценивается как первая попытка написать «Математические начала натуральной философии» (именно так почти триста шестьдесят лет спустя назовет свой знаменитый труд Исаак Ньютон). Это свидетельствует о том, что на протяжении многовековой, довольно мрачной эпохи, именуемой Средневековьем, интерес к познанию явлений окружающего мира все же не угасал, и процесс поиска истины продолжался. Появлялись все новые и новые поколения ученых, стремящихся, несмотря ни на что, изучать природу. Вместе с тем научные знания этой эпохи ограничивались в основном познанием отдельных явлений и легко укладывались в умозрительные натурфилософские схемы мироздания, выдвинутые еще в период античности (главным образом в учении Аристотеля). В таких условиях наука еще не могла подняться до раскрытия объективных законов природы. Естествознание – в его нынешнем понимании – еще не сформировалось. Оно находилось в стадии своеобразной «преднауки».

2.2. Научные революции в истории естествознания.

Естествознание эпохи Возрождения. Первая научная революция. Учение о множественности миров

Развитие естествознания не является лишь монотонным процессом количественного накопления знаний об окружающем природном мире (как это могло показаться из предшествующего изложения). И если процесс простого приращения знаний (а иногда и вымыслов) был присущ для натурфилософии античности, для «преднауки» Средневековья, то с XVI в. характер научного прогресса существенно меняется. В развитии науки появляются переломные этапы, кризисы, выход на качественно новый уровень знаний, радикально меняющий прежнее видение мира. Эти переломные этапы в генезисе научного знания получили наименование *научных революций*.

Революция в науке – это, как правило, не кратковременное событие, ибо коренные изменения в научных знаниях требуют определенного времени. Поэтому в любой научной революции можно хронологически выделить некоторый более или менее длительный исторический период, в течение которого она происходит. Периоды революций в науке, отмечал всемирно известный физик Луи де Бройль, «всегда характеризуют решающие этапы в прогрессивном развитии наших знаний».

Первая научная революция произошла в эпоху, оставившую глубокий след в культурной истории человечества. Это был период конца XV–XVI веков, ознаменовавший переход от Средневековья к Новому времени и получивший название эпохи Возрождения. Последняя характеризовалась возрождением культурных ценностей античности (отсюда и название эпохи), расцветом искусства, утверждением идей гуманизма. Вместе с тем эпоха Возрождения отличалась существенным прогрессом науки и радикальным изменением миропонимания, которое явилось следствием появления гелиоцентрического учения великого польского астронома *Николая Коперника* (1473–1543).

В своем труде «Об обращениях небесных сфер» Коперник утверждал, что Земля не является центром мироздания. На основе большого числа астрономических наблюдений и расчетов Коперник создал новую, *гелиоцентрическую* систему мира, что явилось первой в истории человечества научной революцией.

Возникло принципиально новое миропонимание, которое исходило из того, что Земля – одна из планет, движущихся вокруг Солнца по круговым орбитам. Совершая обращение вокруг Солнца, Земля одновременно вращается и вокруг собственной оси, чем и объясняется смена дня и ночи, видимое нами движение звездного неба. Но гелиоцентрическая система мира, предложенная Коперником, не сводилась только к перестановке предполагаемого центра Вселенной. Включив Землю в число небесных тел, которым свойственно круговое движение, Коперник высказал очень важную мысль о движении как естественном свойстве небесных и земных объектов, подчиненном некоторым общим закономерностям единой механики. Тем самым было разрушено догматизированное представление Аристотеля о неподвижном «перводвигателе», якобы приводящем в движение Вселенную.

Учение Коперника подрывало опиравшуюся на идеи Аристотеля религиозную картину мира. Последняя исходила из признания центрального положения Земли, что давало основание объявлять находящегося на ней человека центром и высшей целью мироздания. Кроме того, религиозное учение о природе противопоставляло земную материю, объявляемую тленной, преходящей – небесной, которая считалась вечной и неизменной. Однако в свете идей Коперника трудно было представить, поче-

му, будучи «рядовой» планетой, Земля должна принципиально отличаться от других планет.

Католическая церковь не могла согласиться с выводами Коперника, затрагивающими основы ее мировоззрения. Защитники учения Коперника были объявлены еретиками и подвергнуты гонениям. Сам Коперник избежал преследования со стороны католической церкви ввиду своей смерти, случившейся в том же году, в котором был опубликован его главный труд «Об обращениях небесных сфер». В 1616 г. этот труд был занесен в папский «Индекс» запрещенных книг, откуда был вычеркнут лишь в 1835 г.

Одним из активных сторонников учения Коперника, поплатившихся жизнью за свои убеждения, был знаменитый итальянский мыслитель *Джордано Бруно* (1548–1600). Но он пошел дальше Коперника, отрицая наличие центра Вселенной вообще и отстаивая тезис о бесконечности Вселенной. Бруно говорил о существовании во Вселенной множества тел, подобных Солнцу, и окружающих его планетах. Причем многие из бесчисленного количества миров, считал он, обитаемым и, по сравнению с Землей, «если не больше и не лучше, то, во всяком случае, не меньше и не хуже».

Инквизиция имела серьезные причины бояться распространения образа мыслей и учения Бруно. В 1592 г. он был арестован и в течение восьми лет находился в тюрьме, подвергаясь допросам со стороны инквизиции. 17 февраля 1600 г., как нераскаявшийся еретик, он был сожжен на костре на Площади Цветов в Риме. Однако эта бесчеловечная акция не могла остановить прогресса познания человеком мира.

2.3. Естествознание Нового времени.

Научная революция XVII века. Создание классической механики и экспериментального естествознания

Три столетия – XVII, XVIII, XIX вв. – охватывает эпоха, получившая название Нового времени. В этом трехсотлетнем периоде особую роль сыграл XVII век, ознаменовавшийся рождением современной науки, у истоков которой стояли такие выдающиеся ученые, как Галилей и Ньютон.

В учении *Галилео Галилея* (1564–1642) были заложены основы нового механического естествознания.

До Галилея общепринятым в науке считалось понимание движения, выработанное Аристотелем и сводившееся к следующему принципу: тело движется только при наличии внешнего на него воздействия, и, если это воздействие прекращается, тело останавливается. Галилей показал, что этот принцип Аристотеля (хотя и согласуется с нашим повседневным опытом) является ошибочным. Вместо него Галилей сформули-

ровал совершенно иной принцип, получивший впоследствии наименование принципа инерции: тело либо находится в состоянии покоя, либо движется, не изменяя направления и скорости своего Движения, если на него не производится какого-либо внешнего воздействия. Большое значение для становления механики как науки имело исследование Галилеем свободного падения тел. Он установил, что скорость свободного падения тел не зависит от их массы (как думал Аристотель), а пройденный падающим телом путь пропорционален квадрату времени падения. Галилей открыл, что траектория брошенного тела, движущегося под воздействием начального толчка и земного притяжения, является параболой. Галилею принадлежит экспериментальное обнаружение весомости воздуха, открытие законов колебания маятника, немалый вклад в разработку учения о сопротивлении материалов. Галилей выработал условия дальнейшего прогресса естествознания, начавшегося в эпоху Нового времени. Он понимал, что слепая вера в авторитет Аристотеля сильно тормозит развитие науки. Истинное знание, считал Галилей, достижимо исключительно на пути изучения природы при помощи наблюдения, опыта (эксперимента) и вооруженного математическим знанием разума.

Росту научного авторитета Галилея способствовали его астрономические исследования, обосновывавшие и утверждавшие гелиоцентрическую систему Коперника. Галилей сумел дать блестящее естественнонаучное доказательство справедливости гелиоцентрической системы в знаменитой работе «Диалог о двух системах мира – Птолемеевской и Коперниковой».

Поскольку католической церковью было принято решение о запрещении книги Коперника «Об обращениях небесных сфер», а его учение объявлено еретическим, Галилею пришлось предстать перед судом инквизиции. После длительных допросов он был вынужден отречься от учения Коперника и принести публичное покаяние.

Научная революция XVII в. завершалась творчеством одного из величайших ученых в истории человечества, каковым был *Исаак Ньютон* (1643–1727). Его научное наследие чрезвычайно разнообразно. В него входит и создание (параллельно с Лейбницем, но независимо от него) дифференциального и интегрального исчисления, и важные астрономические наблюдения (которые Ньютон проводил с помощью собственноручно построенных зеркальных телескопов), и большой вклад в развитие оптики (он, в частности, поставил опыты в области дисперсии света и дал объяснение этому явлению). Но самым главным научным достижением Ньютона было продолжение и завершение дела Галилея по созданию классической механики. Благодаря их трудам XVII в. считается началом длительной эпохи торжества механики, господства механистических представлений о мире.

Ньютон сформулировал три основных закона движения, которые легли в основу механики как науки. Данная система законов движения была дополнена открытым Ньютоном законом всемирного тяготения.

Пожалуй, ни одно из всех ранее сделанных научных открытий не оказало такого громадного влияния на дальнейшее развитие естествознания, как открытие закона всемирного тяготения. Огромное впечатление на ученых производил масштаб обобщения, впервые достигнутый естествознанием. Это был поистине универсальный закон природы, которому подчинялось все – малое и большое, земное и небесное. Этот закон явился основой создания небесной механики – науки, изучающей движение тел Солнечной системы.

В 1687 году вышел в свет главный труд Ньютона «Математические начала натуральной философии», заложивший основы современной теоретической физики. В своей знаменитой работе Ньютон предложил ученому миру научно-исследовательскую программу, которая вскоре стала ведущей не только в Англии, на родине великого ученого, но и в континентальной Европе. Свою научную программу Ньютон назвал «экспериментальной философией», подчеркивая решающее значение опыта, эксперимента в изучении природы.

Идеи Ньютона, опиравшиеся на математическую физику и эксперимент, определили направление развития естествознания на многие десятилетия вперед.

2.4. Естествознание Нового времени и проблема философского метода

В истории изучения человеком природы сложились два прямо противоположных, несовместимых метода этого изучения, которые приобрели статус общеполитических, т.е. носящих всеобщий характер. Это – **диалектический и метафизический методы**. При **метафизическом подходе** объекты и явления окружающего мира рассматриваются изолированно друг от друга, без учета их взаимных связей и как бы в застывшем, фиксированном, неизменном состоянии. **Диалектический** подход, наоборот, предполагает изучение объектов, явлений со всем богатством их взаимосвязей, с учетом реальных процессов их изменения, развития.

Истоки этих противоположных подходов к осмыслению мира лежат в глубокой древности. Одним из ярких выразителей диалектического подхода (несмотря на всю его наивность) был древнегреческий мыслитель *Гераклит*. Он обращал внимание на взаимосвязи и изменчивость в природе, выдвигал идею о ее непрерывном движении и обновлении.

В то же время в древнегреческой философии VI–V веков до н.э. зародился и другой подход к познанию мира. В учениях некоторых философов этого периода (*Ксенофана, Парменида, Зенона*) проявились по-

пытки доказать, что окружающий мир неподвижен, неизменен, ибо всякое изменение представляется противоречивым, а потому – невозможным. Подобные воззрения много веков спустя проявились в науке Нового времени (во всяком случае, до середины XVIII в.), а соответствующий им метод познания получил наименование метафизического.

На определенном этапе научного познания природы метафизический метод, которым руководствовались ученые-естествоиспытатели, был вполне пригоден и даже неизбежен, ибо упрощал, облегчал сам процесс познания. В рамках метафизического подхода к миру учеными изучались многие объекты, явления природы, проводилась их классификация.

Наглядным примером этого может служить весьма плодотворная деятельность известного шведского ученого, метафизически мыслящего натуралиста *Карла Линнея* (1707–1778). Будучи талантливым, неутомимым исследователем, Линней все силы своего огромного ума, обогащенного наблюдениями в многочисленных путешествиях, употребил на создание классификации растительного и животного мира.

В своем основном труде «Система природы» он сформулировал принцип такой классификации, установив для представителей живой природы следующую градацию: класс, отряд, род, вид, вариация. Живые организмы, например, Линней разделил на 6 классов (млекопитающие, птицы, амфибии, рыбы, черви, насекомые), а в растительном мире выделил целых 24 класса. Оригинальной идеей Линнея стала бинарная система обозначения растений и животных. Согласно этой системе, любое название представителя растительного или животного мира состоит из двух латинских наименований: одно из них является родовым, а второе – видовым. Например, в указанной системе человек именовался по латыни *Номо sapiens*, т.е. человек разумный.

Но, проделав огромную и очень полезную классификационную работу, Линней вместе с тем не вышел за рамки традиционного для науки XVIII в. метафизического метода мышления. Распределив, образно говоря, «по полочкам» разновидности представителей живой природы, расположив растения и животных в порядке усложнения их строения, он не усмотрел в этом усложнении развития. Линней считал виды растений и животных абсолютно неизменными. А самих «видов столько, сколько их создано Творцом», писал он в своей знаменитой «Системе природы».

Во всем этом нет ничего удивительного. Диалектические идеи всеобщей взаимосвязи и развития могли утвердиться в естествознании лишь после того, как был пройден этап изучения отдельных объектов, явлений природы и их классификации. Не изучив, например, отдельные разновидности растительного и животного мира, не классифицировав их, невозможно было обосновать идею эволюции органической природы.

Новые научные идеи и открытия второй половины XVIII и особенно – первой половины XIX в., вскрыли диалектический характер явлений

природы. Достижения естествознания этого периода опровергали метафизический взгляд на природу, демонстрировали ограниченность метафизики, которая все более и более тормозила дальнейший прогресс науки. Только диалектика могла помочь естествознанию выбраться из теоретических трудностей.

2.5. Научная революция второй половины XVIII–XIX веков.

Диалектизация естествознания

Суть научной революции второй половины XVIII – XIX вв. составил процесс стихийной диалектизации естествознания. Начало этому процессу положила работа немецкого ученого и философа *Иммануила Канта* (1724–1804) «Всеобщая естественная история и теория неба». В этом труде, опубликованном в 1755 году, была сделана попытка исторического объяснения происхождения Солнечной системы.

Гипотеза Канта утверждала, что Солнце, планеты и их спутники возникли из некоторой первоначальной, бесформенной туманной массы, некогда равномерно заполнявшей мировое пространство. Кант пытался объяснить процесс возникновения Солнечной системы действием сил притяжения, которые присущи частицам материи, составлявшим эту огромную туманность. Идеи Канта о возникновении и развитии небесных тел были несомненным завоеванием науки середины XVIII в. Его космогоническая гипотеза пробила первую брешь в метафизическом взгляде на мир.

Более сорока лет спустя французский математик и астроном *Пьер Симон Лаплас* (1749–1827) в своем труде «Изложение системы мира», опубликованном в 1796 г. совершенно независимо от Канта и двигаясь своим путем, высказал идеи, развивавшие и дополнявшие кантовское космогоническое учение. Имена создателей двух рассмотренных гипотез были объединены, а сами гипотезы довольно долго (почти столетие) просуществовали в науке в обобщенном виде – как космогоническая гипотеза Канта – Лапласа.

В XIX в. диалектическая идея развития распространилась на широкие области естествознания, в первую очередь, на геологию и биологию. Исключительно важную роль в утверждении этой идеи сыграл трехтомный труд «Основы геологии» английского естествоиспытателя *Чарльза Лайеля* (1797–1875). В этом труде подчеркивалась идея развития и очень длительного существования Земли.

Геологический эволюционизм оказал немалое влияние на дальнейшее совершенствование эволюционного учения в биологии. В 1859 г. вышел главный труд *Чарльза Роберта Дарвина* (1809–1882) «Происхождение видов в результате естественного отбора». В нем Дарвин, опираясь на огромный естественнонаучный материал, изложил факты и причины биологической эволюции. Он показал, что вне саморазвития органиче-

ский мир не существует, и поэтому органическая эволюция не может прекратиться. Развитие – это условие существования вида, условие его приспособления к окружающей среде. Наряду с фундаментальными работами, раскрывающими процесс эволюции, развития природы, появились новые естественнонаучные открытия, подтверждавшие наличие всеобщих связей в природе.

К числу этих открытий относится клеточная теория, созданная в 30-х годах XIX века. Ее авторами были ботаники *Маттиас Якоб Шлейден* (1804–1881), установивший, что все растения состоят из клеток, и профессор, биолог *Теодор Шванн* (1810–1882), распространивший это учение на животный мир.

Еще более широкомасштабное единство, взаимосвязь в материальном мире были продемонстрированы благодаря открытию закона сохранения и превращения энергии. Первооткрывателями этого закона считаются немецкий врач *Юлиус Роберт Майер* (1814–1878) и английский исследователь *Джеймс Прескотт Джоуль* (1818–1889). В отстаивании данного закона и его широком признании в научном мире большую роль сыграл один из наиболее знаменитых физиков XIX века *Герман Людвиг Фердинанд Гельмгольц* (1821–1894). Признавая приоритет Майера и Джоуля в открытии закона сохранения энергии, Гельмгольц пошел дальше и увязал этот закон с принципом невозможности вечного двигателя. Доказательство сохранения и превращения энергии утверждало идею единства, взаимосвязанности материального мира. Вся природа отныне предстала как непрерывный процесс превращения универсального движения материи из одной формы в другую.

Свой вклад в диалектизацию естествознания внесли и некоторые открытия в химии. К числу таковых относится получение в 1828 году немецким химиком *Фридрихом Вёлером* (1800–1882) искусственного органического вещества – мочевины. Это открытие положило начало целому ряду синтезов органических соединений из исходных неорганических веществ.

Еще одним поистине эпохальным событием в химической науке, внесшим большой вклад в процесс диалектизации естествознания, стало открытие периодического закона химических элементов выдающимся ученым-химиком *Дмитрием Ивановичем Менделеевым* (1834–1907). Он обнаружил, что существует закономерная связь между химическими элементами, которая заключается в том, что свойства элементов изменяются в периодической зависимости от их атомных весов. Обнаружив эту закономерную связь, Менделеев расположил элементы в естественную систему, в зависимости от их родства.

Из вышесказанного следует, что основополагающие принципы диалектики – принцип развития и принцип всеобщей взаимосвязи – получили во второй половине XVIII и особенно в XIX в. мощное естественнонаучное обоснование.

2.6. Исследования в области электромагнитного поля и начало крушения механистической картины мира

Механистические взгляды на материальный мир господствовали в естествознании не только XVII и XVIII веков, но и почти всего XIX в. В целом природа понималась как гигантская механическая система, функционирующая по законам классической механики. Считалось, что в силу неумолимой необходимости, действующей в природе, судьба даже отдельной материальной частицы заранее предрешена на все времена. Ученые-естествоиспытатели видели в классической механике прочную и окончательную основу естествознания. Многие естествоиспытатели вслед за Ньютоном старались объяснить, исходя из начал механики, самые различные природные явления. При этом они неправомерно экстраполировали законы, установленные лишь для механической сферы явлений, на все процессы окружающего мира. В торжестве законов Ньютона, считавшихся всеобщими и универсальными, черпали веру в успех ученые, работавшие в астрономии, физике, химии. Длительное время теории, объяснявшие закономерности соединения химических элементов, опирались на идею тяготения между атомами. Французский математик и астроном *Пьер Симон Лаплас* (1749–1827) был убежден, что к закону всемирного тяготения сводятся все явления, известные ученым. Исходя из этого, он работал над созданием – в дополнение к механике небесной, созданной Ньютоном, – новой, молекулярной механики, которая, по его мнению, была призвана объяснить химические реакции, капиллярные явления, феномен кристаллизации, а также то, почему вещество может быть твердым, жидким или газообразным. Лаплас видел причины всего этого во взаимном притяжении между молекулами, которое, считал он, есть только «видоизменение всемирного тяготения».

Как очередное подтверждение ньютоновского подхода к вопросу об устройстве мира было первоначально воспринято физиками открытие, которое сделал французский военный инженер, впоследствии член парижской Академии наук *Шарль Огюст Кулон* (1736–1806). Оказалось, что положительный и отрицательный электрические заряды притягиваются друг к другу прямо пропорционально величине зарядов и обратно пропорционально квадрату расстояния между ними. Создавалось впечатление о новой демонстрации права закона всемирного тяготения служить своего рода образцом, универсальным ответом на любые задачи. Лишь впоследствии стало ясно: впервые появился в науке один из законов электромагнетизма. После Кулона открылась возможность построения математической теории электрических и магнитных явлений.

Механистическая картина мира знала только один вид материи – вещество, состоящее из частиц, имеющих массу. В XIX веке к числу свойств частиц стали прибавлять электрический заряд.

Английский химик и физик *Майкл Фарадей* (1791–1867) ввел в науку понятие электромагнитного поля. Ему удалось показать опытным путем, что между магнетизмом и электричеством существует прямая динамическая связь. Тем самым он впервые объединил электричество и магнетизм, признал их одной и той же силой природы. В результате в естествознании начало утверждаться понимание того, что, кроме вещества, в природе существует еще и поле.

Математическую разработку идей Фарадея предпринял выдающийся английский ученый *Джеймс Клерк Максвелл* (1831–1879). Его основной работой, заключающей в себе математическую теорию электромагнитного поля, явился «Трактат об электричестве и магнетизме», изданный в 1873 г. Введение Фарадеем понятия электромагнитного поля и математическое определение его законов, данное в уравнениях Максвелла, явились самыми крупными событиями в физике со времен Галилея и Ньютона. Но потребовались новые результаты, чтобы теория Максвелла стала достоянием физики. Решающую роль в победе максвелловской теории сыграл немецкий физик *Генрих Рудольф Герц* (1857–1894). В 1886 г. Герц продемонстрировал «беспроволочное распространение» электромагнитных волн и тем самым экспериментально проверил теоретические выводы Максвелла. Он смог также доказать принципиальную тождественность полученных им электромагнитных переменных полей и световых волн.

Работы в области электромагнетизма положили начало крушению механистической картины мира и открыли путь к новому миропониманию, отличающемуся от механистического. Результаты работ Фарадея, Максвелла и Герца привели к развитию современной физики, к созданию новых понятий, образующих новую картину действительности.

С тех пор механистические представления о мире были существенно поколеблены. Ведь любые попытки распространить механические принципы на электрические и магнитные явления оказались несостоятельными. Поэтому естествознание вынуждено было, в конце концов, отказаться от признания особой, универсальной роли механики. Механистическая картина мира начала сходить с исторической сцены, уступая место новому пониманию физической реальности.

2.7. Естественнаучная революция первых десятилетий XX века. Проникновение вглубь материи.

Теория относительности и квантовая механика.

Крушение механистической картины мира

Еще в конце XIX в. большинство ученых склонялись к точке зрения, что физическая картина мира в основном построена и останется в дальнейшем неизменной. Предстоит уточнять лишь детали. Но в первые десятилетия XX века физические воззрения изменились коренным образом. Это было следствием «каскада» научных открытий, сделанных в течение чрезвычайно короткого исторического периода, охватывающего последние годы XIX столетия и первые десятилетия XX в. В 1896 г. французский физик *Антуан Анри Беккерель* (1852–1908) открыл явление самопроизвольного излучения урановой соли. Однако природа нового явления еще не была понята. В его исследование включились французские физики, супруги *Пьер Кюри* (1859–1906) и *Мария Склодовская-Кюри* (1867–1934). Прежде всего их заинтересовал вопрос: нет ли других веществ, обладающих свойством, аналогичным свойству урана? В 1898 году были открыты новые элементы, также обладающие свойством испускать «беккерелевы лучи», – полоний и радий. Это свойство супруги Кюри назвали радиоактивностью.

Годом раньше, в 1897 г., в лаборатории Кавендиша в Кембридже при изучении электрического разряда в газах (катодных лучей) английский физик *Джозеф Джон Томсон* (1856–1940) открыл первую элементарную частицу – электрон. В последующих опытах обнаружено совершенно необычное явление зависимости массы электрона от его скорости. Дж. Томсон предложил в 1903 году первую (электромагнитную) модель атома. Но модель «атома Томсона» просуществовала сравнительно недолго, ибо обладала рядом недостатков.

В 1911 году знаменитый английский физик *Эрнест Резерфорд* (1871–1937) предложил свою модель атома, которая получила название планетарной. Появлению этой новой модели атома предшествовали эксперименты, проводимые Э. Резерфордом и его учениками, ставшими впоследствии знаменитыми физиками, *Гансом Гейгером* (1882–1945) и *Эрнстом Марсденом* (1889–1970). В результате этих экспериментов было обнаружено, что в атомах существуют ядра – положительно заряженные микрочастицы, размер которых очень мал по сравнению с размерами атомов. Но масса атома почти полностью сосредоточена в его ядре.

Но и планетарная модель Резерфорда обнаружила серьезный недостаток: она оказалась несовместимой с электродинамикой Максвелла. Согласно законам электродинамики, любое тело (частица), имеющее электрический заряд и движущееся с ускорением, обязательно должно

излучать электромагнитную энергию. Но в этом случае электроны очень быстро потеряли бы свою кинетическую энергию и упали на ядро. С этой точки зрения оставалась непонятной необычайная устойчивость атомов.

Разрешение возникших противоречий выпало на долю известного датского физика *Нильса Бора* (1885–1962), предложившего свое представление об атоме. Последнее основывалось на квантовой теории, начало которой было положено на рубеже XX в. немецким физиком *Максом Планком* (1858–1947). Планк выдвинул гипотезу, гласящую, что испускание и поглощение электромагнитного излучения может происходить только дискретно, конечными порциями – квантами.

Н. Бор, зная о модели Резерфорда и приняв ее в качестве исходной, разработал в 1913 г. квантовую теорию строения атома. В ее основе лежали следующие постулаты: в любом атоме существуют дискретные (стационарные) состояния, находясь в которых атом энергию не излучает; при переходе атома из одного стационарного состояния в другое он излучает или поглощает порцию (квант) энергии. Предложенная Бором модель атома, фактически явилась дополненным и исправленным вариантом планетарной модели Резерфорда. Поэтому в истории атомной физики говорят о квантовой модели атома Резерфорда – Бора.

Наука XX в. принесла немало сенсационных открытий, многие из которых совершенно не укладывались в представление обыденного человеческого опыта. Ярким примером этого может служить теория относительности, созданная в начале нашего столетия мало кому известным тогда мыслителем *Альбертом Эйнштейном* (1879–1955). Теория А. Эйнштейна основывалась на том, что – в отличие от механики И. Ньютона – пространство и время не абсолютны. Они органически связаны с движущейся материей и между собой.

В 1924 г. произошло крупное событие в истории физики: французский ученый *Луи де Бройль* (1892–1987) выдвинул идею о волновых свойствах материи. Экспериментально подтвержденная гипотеза Л. де Бройля превратилась в принципиальную основу, пожалуй, наиболее широкой физической теории – квантовой механики. Согласно этой теории у объектов микромира существуют такие свойства, которые совершенно не имеют аналогий в привычном нам мире макрообъектов. Прежде всего – это корпускулярно-волновая двойственность, или дуализм элементарных частиц (это и корпускулы и волны одновременно, а точнее – диалектическое единство свойств тех и других). Поэтому движение микрочастиц в пространстве и времени нельзя отождествлять с механическим движением макрообъекта.

Рождение и развитие атомной физики окончательно сокрушило прежнюю механистическую картину мира.

2.8. Научно-техническая революция, ее исторические этапы и естественнонаучная составляющая

Новые явления и процессы, имевшие место в развитии естествознания и техники в первой половине XX века, подготовили уникальное в истории общества событие, получившее наименование научно-технической революции (НТР).

Естественнонаучные и технические революции, имевшие место в истории общества, никогда ранее не совпадали, не сливались в единый поток. Они происходили порознь. Особенностью второй половины XX столетия стали революции в естествознании и в технике, которые не только совпали по времени, но и оказались глубоко связанными между собой. Единство этого революционного процесса адекватно отразилось в самом понятии «научно-техническая революция». Современной научно-технической революции предшествовал своеобразный подготовительный период, относящийся к первой половине XX в. Именно в этот период были сделаны важные естественнонаучные открытия, заложившие фундаментальные основы последующего грандиозного научно-технического переворота. Среди естественнонаучных направлений, в значительной степени определивших наступление НТР, были атомная физика и молекулярная биология.

Важной вехой в драматической истории атомного века стало экспериментальное наблюдение в конце 30-х годов немецкими физиками *О. Ганом* и *Ф. Штрассманом* процесса деления ядер урана и объяснение этого явления в работе *Л. Майтнер* и *О. Фриша*. Стало ясным, что физикам удалось осуществить цепную ядерную реакцию, которая может привести к ядерному взрыву с выделением огромной энергии. Это открытие привело в середине 40-х годов к созданию в США первой атомной бомбы.

Советский Союз во второй половине 40-х годов предпринял беспрецедентные усилия для создания собственной атомной бомбы. При этом вклад отечественных ученых в решение проблем атомной физики оказался достаточно весомым. Не случайно СССР стал пионером в освоении «мирного атома» (первая в мире атомная электростанция была пущена в 1954 году в городе Обнинске).

XX в. в целом и особенно его вторая половина, характеризовавшаяся научно-технической революцией, принесли громадные достижения в области молекулярной биологии. На основе полученных данных о структуре живого вещества удалось воссоздать строение ряда белков и полипептидных гормонов, а также синтезировать некоторые менее сложные вещества. Химия белков, которая ранее казалась малоперспективной областью естествознания, выдвинулась на передний край науки, а раскрытие в середине XX века структуры дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) послужило началом интенсивных исследований в химии и

биологии. Наибольших успехов биологическая наука достигла в последние десятилетия, когда она сумела заглянуть внутрь живой клетки и понять биологические механизмы на уровне молекулярных взаимодействий.

Отмеченные выше достижения в области атомной физики и биологии, а также появление кибернетики обеспечили естественнонаучную основу первого этапа НТР, начавшегося в середине XX в. и продолжавшегося примерно до середины 70-х годов. Основными техническими направлениями этого этапа НТР стали атомная энергетика, электронно-вычислительная техника (явившаяся технической базой кибернетики) и ракетно-космическая техника.

Со второй половины 70-х годов начался второй этап НТР, продолжающийся до сих пор. Важной характеристикой второго этапа НТР стали новые технологии, которых не было в середине XX в. К ним относятся гибкие автоматизированные производства, лазерная технология, биотехнология и др.

На втором этапе НТР существенно возросло значение генной инженерии, что характеризуется существенным расширением ее диапазона: от получения новых микроорганизмов с заранее заданными свойствами (путем направленного изменения их наследственного аппарата) и до клонирования высших животных (а в возможной перспективе – и самого человека). Конец XX столетия ознаменовался небывалыми успехами в расшифровке генетической основы человека. В 1990 году «стартовал» международный проект «Геном человека», поставивший целью получение полной генетической карты *Homo sapiens*. В этом проекте принимают участие более двадцати наиболее развитых в научном отношении стран, включая и Россию.

Важной характеристикой второго этапа НТР стала невиданная ранее информатизация общества на основе персональных компьютеров (появившихся в конце 70-х годов) и Всемирной системы общедоступных электронных сетей, получившей наименование «Интернет».

Еще одним направлением второго этапа НТР, заложившим физические основы принципиально новых информационных и коммуникационных технологий, стали исследования в области физики полупроводниковых наногетероструктур. Достигнутые успехи в этих исследованиях, имеющие огромное значение для развития оптоэлектроники и электроники высоких скоростей, были отмечены в 2000 году Нобелевской премией по физике, которую разделили российский ученый, академик *Ж.И. Алферов* и американские ученые *Г. Кремер* и *Дж. Килби*.

Такого рода исследования обещают технологический прорыв, который должен превзойти достижения полупроводниковой революции приведшей к замене вакуумных электронных ламп кремниевыми кристаллами.

Какие представления о Вселенной сложились в астрофизике в конце XX века. Какие открытия лежат в основе релятивистской космологии. Современная космология начала складываться в 20-е годы XX в. на основе созданной Эйнштейном общей теории относительности. Из этой теории следует так называемая кривизна пространства и связь кривизны с плотностью массы (энергии). Космология, основанная на этих постулатах, – релятивистская. Еще в 1922 г. советский математик и геофизик А.А. Фридман нашел решение уравнений общей теории относительной для замкнутой расширяющейся Вселенной. Он установил, что искривленное пространство не может быть стационарным: оно должно или расширяться, или сжиматься.

Уравнения Фридмана теоретически обосновали нестационарность Вселенной. На этот вывод ученые не обращали внимание вплоть до открытия американским астрономом Эдвином Хабблом (1889–1953) в 1929 г. так называемого «красного смещения». Дело в том, что еще в XIX в. австрийский физик и астроном Кристиан Доплер обнаружил, что если источник света приближается, спектральные линии смещаются в сторону более коротких волн, если удаляется – в сторону более длинных (красных) волн. Это явление было названо эффектом Доплера. Э. Хаббл открыл «красное смещение» для всех далеких источников света. Красное смещение оказалось пропорциональным расстоянию до источника, что подтверждало гипотезу о расширении видимой части Вселенной. Тем самым теоретически построенные Фридманом модели нестационарной Вселенной были обоснованы результатами наблюдений. Существует два различных типа моделей Фридмана.

Если средняя плотность материи во Вселенной меньше некоторой критической величины или равна ей, то тогда Вселенная должна быть пространственно бесконечной. В этом случае современное расширение Вселенной будет продолжаться всегда. В то же время, если плотность материи во Вселенной больше той же критической величины, тогда гравитационное поле, порожденное материей, искривляет Вселенную, замыкая ее на себя; Вселенная в этом случае конечна, хотя и не ограничена, вроде поверхности сферы. Гравитационные поля достаточно сильны для того, чтобы в конце концов остановить расширение Вселенной, так что рано или поздно она начнет снова сжиматься к состоянию бесконечно большой плотности.

В 1965 г. американские ученые астрономы А. Пензиас и Р. Вилсон сделали с помощью радиотелескопа – устройства, предназначенного для приема радиоизлучения космических объектов, – открытие большой важности. Они установили, что во Вселенной имеется так называемое фоновое радиоизлучение, названное советским ученым И.С. Шкловским реликтовым. Реликтовое радиоизлучение образовалось на раннем этапе существования Вселенной, когда ей было всего около 3 млн лет.

Два экспериментально установленных положения – расширение Вселенной и реликтовое излучение – являются убедительными доводами в пользу так называемой теории «большого взрыва», ставшей теперь общепризнанной.

До утверждения этой теории существовала теория стационарного состояния, согласно которой Вселенная всегда была почти такой, какой мы видим ее сейчас. В XVIII, XIX и даже в первой половине XX в. в астрономии господствовал взгляд на Вселенную как на нечто статическое, не изменяющееся.

Основываясь на теории расширяющейся Вселенной, оказалось возможным проследить развитие Вселенной в «обратную сторону», т.е. попробовать вернуться возможно дальше назад. Хотя осуществить такую реконструкцию было далеко не просто, но все же она оказалась успешной.

Итак, за последние примерно 50 лет достигнуты значительные результаты в изучении звезд, галактик и даже Вселенной и их эволюции.

Вселенную в целом изучает наука, называемая космологией, т.е. наукой 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 принимался 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.

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.

К Вселенной это методологическое правило остается неприменимым. Наука формулирует универсальные законы, а Вселенная уникаль-

на. 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 как бы в большей степени модели, чем многие иные научные утверждения.

Модель расширяющейся Вселенной. Наиболее общепринятой в космологии является модель однородной изотропной нестационарной горячей расширяющейся Вселенной, построенная на основе общей теории относительности и релятивистской теории тяготения, созданной Альбертом Эйнштейном в 1916 году. В основе этой модели лежат два предположения: 1) свойства Вселенной одинаковы во всех ее точках (однородность) и направления (изотропность); 2) наилучшим известным описанием гравитационного поля являются уравнения Эйнштейна. Из этого следует так называемая кривизна пространства и связь кривизны с плотностью массы (энергии). Космология, основанная на этих постулатах, – релятивистская.

Важным пунктом данной модели является 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 принятия теории относительности вытекало в качестве следствия (первым это заметил русский физик и математик Александр Александрович Фридман в 1922 году), что искривленное пространство не может быть стационарным: оно должно или расширяться, или сжиматься. На этот вывод не было обращено внимания вплоть до открытия американским астрономом Эдвином Хабблом в 1929 году так называемого «красного смещения».

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

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.

Красное смещение надежно подтверждает теоретический вывод о нестационарности области нашей Вселенной с линейными размерами порядка нескольких миллиардов парсек на протяжении по меньшей мере нескольких миллиардов лет. В то же время кривизна пространства не может быть измерена, оставаясь теоретической гипотезой.

Основной частью модели расширяющейся Вселенной является представление о Большом Взрыве, произошедшем где-то примерно 12–18 млрд лет назад. «Вначале был взрыв. Не такой взрыв, который знаком нам на Земле и который начинается из определенного центра и затем распространяется, захватывая все больше и больше пространства, а взрыв, который произошел одновременно везде, заполнив с самого начала все пространство, причем каждая частица материи устремилась прочь от любой другой частицы» (Вейнберг С. Первые три минуты. Современный взгляд на происхождение Вселенной. – М., 1981. – С. 30).

Начальное состояние Вселенной (так называемая сингулярная точка): бесконечная плотность массы, бесконечная кривизна пространства и взрывное, замедляющееся со временем расширение при высокой температуре, при которой могла существовать только смесь элементарных частиц (включая фотоны и нейтрино). «Горячесть» начального состояния подтверждена открытием в 1965 году реликтового излучения фотонов и нейтрино, образовавшихся на ранней стадии расширения Вселенной.

Возникает интересный вопрос: из чего же образовалась Вселенная? Чем было то, из чего она возникла. В Библии утверждается, что Бог создал все из ничего. Зная, что в классической науке сформулированы законы сохранения материи и энергии, религиозные философы спорили о том, что значит библейское «ничего», и некоторые в угоду науке полагали, что под «ничем» имеется в виду первоначальный материальный хаос, упорядоченный Богом.

Как это ни удивительно, современная наука допускает (именно допускает, но не утверждает), что все могло создаться из ничего. «Ничего» в научной терминологии называется вакуумом. Вакуум, который физика XIX века считала пустотой, по современным научным представлениям является своеобразной формой материи, способной при определенных условиях «рождать» вещественные частицы.

Современная квантовая механика допускает (это не противоречит теории), 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 случайная флуктуация. Если число фотонов равно нулю, то напряженность поля не имеет определенного значения (по «принципу неопределенности» Гейзенберга): поле постоянно ис-

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

Флуктуация представляет собой появление виртуальных частиц, которые непрерывно рождаются и сразу же уничтожаются, но так же участвуют во взаимодействиях, как и реальные частицы. Благодаря флуктуациям, вакуум приобретает особые свойства, проявляющиеся в наблюдаемых эффектах.

Итак, Вселенная могла образоваться из «ничего», т.е. из «возбужденного вакуума». Такая гипотеза, конечно, не является решающим подтверждением существования Бога. Ведь все это могло произойти в соответствии с законами физики естественным путем без вмешательства извне каких-либо идеальных сущностей. 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, 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 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, пространство конечно, и в этом случае расширение со временем заменяется сжатием. В обоих вариантах теория относительности согласуется с нынешним эмпирически подтвержденным расширением Вселенной.

Досужий 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 являются не столько научными, сколько натурфилософскими.

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 материаль-

ном 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.

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

Что же было после Большого Взрыва? Образовался сгусток плазмы – состояния, в котором находятся элементарные частицы – нечто среднее между твердым и жидким состоянием, который и начал расширяться все больше и больше под действием взрывной волны. Через 0,01 сек после начала Большого Взрыва во Вселенной появилась смесь легких ядер ($\frac{2}{3}$ водорода и $\frac{1}{3}$ гелия). Как образовались все остальные химические элементы?

Эволюция и строение галактик. Астрономические наблюдения показывают, что из ядер галактик происходит непрерывное истечение водорода. Таким образом, ядра галактик являются фабриками по производству основного строительного материала Вселенной – водорода.

Водород, атом которого состоит из одного протона в ядре и одного электрона на его орбите, является самым простым «кирпичиком», 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 (который дают ядра галактик), очень массивные звезды производят углерод – главный «кирпичик» живого вещества. Вот для чего нужны галактики и звезды. А для чего нужна Земля? Она производит все необходимые вещества для существования жизни человека. А для чего существует человек? На этот вопрос не может ответить наука, 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 представление о нашем предназначении, о смысле нашей жизни. Обращаться при ответе на эти вопросы к эволюции Вселенной – это значит мыслить космически. Естествознание учит мыслить космически, в то же время не отрываясь от реальности нашего бытия.

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. «го-нейя» означает рождение) – область науки, в которой изучается происхождение и развитие космических тел и их систем (различают планетную, звездную, галактическую космогонию).

Галактика представляет 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 и состоит из 150 млрд звезд. Она состоит из ядра и нескольких спиральных ветвей. Ее размеры – 100 тыс световых лет. Большая часть звезд нашей галактики сосредоточена в гигантском «диске» толщиной около 1500 световых лет. На расстоянии около 30 тыс световых лет от центра галактики расположено Солнце. Ближайшая к нашей галактика (до которой световой луч бежит 2 млн лет) – «туманность Андромеды». Она названа так потому, что именно в созвездии Андромеды в 1917 году был открыт первый внегалактический объект. Его принадлежность к другой галактике была доказана в 1923 году Э. Хабблом, нашедшим путем спектрального анализа в этом объекте звезды. Позже были обнаружены звезды и в других туманностях. А в 1963 году 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. Было предположено, что квазары представляют собой ядра новых галактик и стало быть процесс образования галактик продолжается и поныне.

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 веке свою вторую молодость в связи с бурным развитием техники наблюдений – основного своего метода исследований: телескопов-рефлекторов, приемников излучения (антенн) и т.п. В СССР в 1974 году вступил в действие в Ставропольском крае рефлектор с диаметром зеркала 6 м, собирающий света в миллионы раз больше, чем человеческий глаз. В астрономии исследуются радиоволны, свет, инфракрасное, ультрафиолетовое, рентгеновское излучения 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 явления, 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 отличается от доступных современным лабораториям (сверхвысокие и сверхнизкие плотности, высокая температура и т.д.). Благодаря этому ас-

трофические 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 стадиях расширения Вселенной, включая наиболее ранние стадии.

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 как прежде всего 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 т.д.

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 году. Первые запуски ракет на жидком топливе осуществлены в США в 1926 году. Основными вехами в истории космонавтики стали запуск первого искусственного спутника Земли 4 октября 1957 года, первый полет человека в космос 12 апреля 1961 года, лунная экспедиция в 1969 году, создание орбитальных пилотируемых станций на околоземной орбите, запуск космического корабля многоцелевого использования.

Работы велись параллельно в СССР и США, но в последние годы наметилось объединение усилий в области исследования космического пространства. В 1995 году 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, которое задерживается атмосферой Земли, способствует существенному прогрессу в области астрофизики.

ЛЕКЦИЯ 3

ПОНЯТИЯ ПРОСТРАНСТВА, ВРЕМЕНИ И МАТЕРИИ. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Современные достижения физики высоких энергий все больше укрепляют представление, что многообразие свойств Природы обусловлено взаимодействующими элементарными частицами. Дать неформальное определение элементарной частицы, по-видимому, невозможно, поскольку речь идет о самых первичных элементах материи. На качественном уровне можно говорить, что истинно элементарными частицами называются физические объекты, которые не имеют составных частей.

Очевидно, что вопрос об элементарности физических объектов – это в первую очередь вопрос экспериментальный. Например, экспериментально установлено, что молекулы, атомы, атомные ядра имеют внутреннюю структуру, указывающую на наличие составных частей. Поэтому их нельзя считать элементарными частицами. Сравнительно недавно открыто, что такие частицы, как мезоны и барионы, также обладают внутренней структурой и, следовательно, не являются элементарными. В то же время у электрона внутренняя структура никогда не наблюдалась, и, значит, его можно отнести к элементарным частицам. Другим примером элементарной частицы является квант света – фотон.

Современные экспериментальные данные свидетельствуют, что существует только четыре качественно различных вида взаимодействий, в которых участвуют элементарные частицы. Эти взаимодействия называются фундаментальными, то есть самыми основными, исходными, первичными. Если принять во внимание все многообразие свойств окружающего нас Мира, то кажется совершенно удивительным, что в Природе есть только четыре фундаментальных взаимодействия, ответственных за все явления Природы.

Помимо качественных различий фундаментальные взаимодействия отличаются в количественном отношении по силе воздействия, которая характеризуется термином интенсивность. По мере увеличения интенсивности фундаментальные взаимодействия располагаются в следующем порядке: гравитационное, слабое, электромагнитное и сильное. Каждое из этих взаимодействий характеризуется соответствующим параметром, называемым константой связи, численное значение которого определяет интенсивность взаимодействия.

Каким образом физические объекты осуществляют фундаментальные взаимодействия между собой?

На качественном уровне ответ на этот вопрос выглядит следующим образом. Фундаментальные взаимодействия переносятся квантами. При этом в квантовой области фундаментальным взаимодействиям отвечают соответствующие элементарные частицы, называемые элементарными частицами – переносчиками взаимодействий. В процессе взаимодействия физический объект испускает частицы – переносчики взаимодействия, которые поглощаются другим физическим объектом. Это ведет к тому, что объекты как бы чувствуют друг друга, их энергия, характер движения, состояние изменяются, то есть они испытывают взаимное влияние.

В современной физике высоких энергий все большее значение приобретает идея объединения фундаментальных взаимодействий. Согласно идеям объединения, в Природе существует только одно единое фундаментальное взаимодействие, проявляющее себя в конкретных ситуациях как гравитационное, или как слабое, или как электромагнитное, или как сильное, или как их некоторая комбинация. Успешной реализацией идей объединения послужило создание ставшей уже стандартной объединенной теории электромагнитных и слабых взаимодействий. Идет работа по развитию единой теории электромагнитных, слабых и сильных взаимодействий, получившей название теории великого объединения. Предпринимаются попытки найти принцип объединения всех четырех фундаментальных взаимодействий. Мы последовательно рассмотрим основные проявления фундаментальных взаимодействий.

3.1. Гравитационное взаимодействие

Это взаимодействие носит универсальный характер, в нем участвуют все виды материи, все объекты природы, все элементарные частицы! Общепринятой классической (не квантовой) теорией гравитационного взаимодействия является эйнштейновская общая теория относительности. Гравитация определяет движение планет в звездных системах, играет важную роль в процессах, протекающих в звездах, управляет эволюцией Вселенной, в земных условиях проявляет себя как сила взаимно-

го притяжения. Конечно, мы перечислили только небольшое число примеров из огромного списка эффектов гравитации.

Согласно общей теории относительности, гравитация связана с кривизной пространства-времени и описывается в терминах так называемой римановой геометрии. В настоящее время все экспериментальные и наблюдательные данные о гравитации укладываются в рамки общей теории относительности. Однако данные о сильных гравитационных полях по существу отсутствуют, поэтому экспериментальные аспекты этой теории содержат много вопросов. Такая ситуация порождает появление различных альтернативных теорий гравитации, предсказания которых практически неотличимы от предсказаний общей теории относительности для физических эффектов в Солнечной системе, но ведут к другим следствиям в сильных гравитационных полях.

Если пренебречь всеми релятивистскими эффектами и ограничиться слабыми стационарными гравитационными полями, то общая теория относительности сводится к ньютоновской теории всемирного тяготения. Гравитационное взаимодействие является дальнодействующим.

Из многих физических предсказаний общей теории относительности отметим три. Теоретически установлено, что гравитационные возмущения могут распространяться в пространстве в виде волн, называемых гравитационными. Распространяющиеся слабые гравитационные возмущения во многом аналогичны электромагнитным волнам. Их скорость равна скорости света, они имеют два состояния поляризации, для них характерны явления интерференции и дифракции. Однако в силу чрезвычайно слабого взаимодействия гравитационных волн с веществом их прямое экспериментальное наблюдение до сих пор не было возможно. Тем не менее, данные некоторых астрономических наблюдений по потере энергии в системах двойных звезд свидетельствуют о возможном существовании гравитационных волн в природе.

Теоретическое исследование условий равновесия звезд в рамках общей теории относительности показывает, что при определенных условиях достаточно массивные звезды могут начать катастрофически сжиматься. Это оказывается возможным на достаточно поздних стадиях эволюции звезды, когда внутреннее давление, обусловленное процессами, ответственными за светимость звезды, не в состоянии уравновесить давление сил тяготения, стремящихся сжать звезду. В результате процесс сжатия уже ничем не может быть остановлен. Описанное физическое явление, предсказанное теоретически в рамках общей теории относительности, получило название гравитационного коллапса. Исследования показали, что если радиус звезды становится меньше так называемого гравитационного радиуса $R_g = 2GM / c^2$, где M – масса звезды, а c – скорость

света, то для внешнего наблюдателя звезда гаснет. Никакая информация о процессах, идущих в этой звезде, не может достичь внешнего наблюдателя. При этом тела, падающие на звезду, свободно пересекают гравитационный радиус. Если в качестве такого тела подразумевается наблюдатель, то ничего, кроме усиления гравитации, он не заметит. Таким образом, возникает область пространства, в которую можно попасть, но из которой ничего не может выйти, включая световой луч. Подобная область пространства называется черной дырой. Существование черных дыр является одним из теоретических предсказаний общей теории относительности, некоторые альтернативные теории гравитации построены именно так, что они запрещают такого типа явления. В связи с этим вопрос о реальности черных дыр имеет исключительно важное значение. В настоящее время имеются наблюдательные данные, свидетельствующие о наличии черных дыр во Вселенной.

В рамках общей теории относительности впервые удалось сформулировать проблему эволюции Вселенной. Тем самым Вселенная в целом становится не предметом спекулятивных рассуждений, а объектом физической науки. Раздел физики, предметом которого является Вселенная в целом, называется космологией. В настоящее время считается твердо установленным, что мы живем в расширяющейся Вселенной.

Современная картина эволюции Вселенной основывается на представлении о том, что Вселенная, включая такие ее атрибуты, как пространство и время, возникла в результате особого физического явления, называемого Большой Взрыв, и с тех пор расширяется. Согласно теории эволюции Вселенной, расстояния между далекими галактиками должны увеличиваться со временем, и вся Вселенная должна быть заполнена тепловым излучением с температурой порядка 3К. Эти предсказания теории находятся в прекрасном соответствии с данными астрономических наблюдений. При этом оценки показывают, что возраст Вселенной, то есть время, прошедшее с момента Большого Взрыва, составляет порядка 10 млрд лет. Что касается деталей Большого Взрыва, то это явление слабо изучено и можно говорить о загадке Большого Взрыва как о вызове физической науке в целом. Не исключено, что объяснение механизма Большого Взрыва связано с новыми, пока еще неизвестными законами Природы. Общепринятый современный взгляд на возможное решение проблемы Большого Взрыва основывается на идее объединения теории гравитации и квантовой механики.

3.2. Понятие о квантовой гравитации

Можно ли вообще говорить о квантовых проявлениях гравитационного взаимодействия? Как принято считать, принципы квантовой механики носят универсальный характер и применимы к любому физическому объекту. В этом смысле гравитационное поле не представляет исключения. Теоретические исследования показывают, что на квантовом уровне гравитационное взаимодействие переносится элементарной частицей, называемой гравитон. Можно отметить, что гравитон является безмассовым бозоном со спином 2. Гравитационное взаимодействие между частицами, обусловленное обменом гравитоном, условно изображается следующим образом:

Частица испускает гравитон, в силу чего состояние ее движения изменяется. Другая частица поглощает гравитон и также изменяет состояние своего движения. В результате возникает воздействие частиц друг на друга.

Как мы уже отмечали, константой связи, характеризующей гравитационное взаимодействие, является ньютоновская константа G . Хорошо известно, что G – размерная величина. Очевидно, что для оценки интенсивности взаимодействия удобно иметь безразмерную константу связи. Чтобы получить такую константу, можно использовать фундаментальные постоянные: h (постоянная Планка) и c (скорость света) – и ввести какую-нибудь эталонную массу, например массу протона m_p . Тогда безразмерная константа связи гравитационного взаимодействия будет, что, конечно, является очень малой величиной.

Интересно отметить, что из фундаментальных постоянных G , h , c можно построить величины, имеющие размерность длины, времени, плотности, массы, энергии. Эти величины называются планковскими. Каждая фундаментальная физическая константа характеризует определенный круг физических явлений: G – гравитационные явления, h – квантовые, c – релятивистские. Поэтому если в какое-то соотношение входят одновременно G , h , c , то это значит, что данное соотношение описывает явление, которое одновременно является гравитационным, квантовым и релятивистским. Таким образом, существование планковских величин указывает на возможное существование соответствующих явлений в Природе.

Конечно, численные значения l_P и t_P очень малы по сравнению с характерными значениями величин в макромире. Но это означает только то, что квантовогравитационные эффекты слабо проявляют себя. Они могли быть существенны лишь тогда, когда характерные параметры стали бы сравнимыми с планковскими величинами.

Отличительной чертой явлений микромира является то обстоятельство, что физические величины оказываются подверженными так назы-

ваемым квантовым флуктуациям. Это означает, что при многократных измерениях физической величины в определенном состоянии принципиально должны получаться различные численные значения, обусловленные неконтролируемым взаимодействием прибора с наблюдаемым объектом. Вспомним, что гравитация связана с проявлением кривизны пространства-времени, то есть с геометрией пространства-времени. Поэтому следует ожидать, что на временах порядка tPl и расстояниях порядка lPl геометрия пространства-времени должна стать квантовым объектом, геометрические характеристики должны испытывать квантовые флуктуации. Другими словами, на планковских масштабах нет никакой фиксированной пространственно-временной геометрии, образно говоря, пространство-время представляет собой бурлящую пену.

Последовательная квантовая теория гравитации не построена. В силу чрезвычайно малых значений lPl , tPl следует ожидать, что в любом обозримом будущем не удастся поставить эксперименты, в которых проявили бы себя квантовогравитационные эффекты. Поэтому теоретическое исследование вопросов квантовой гравитации остается единственной возможностью продвижения вперед. Есть ли, однако, явления, где квантовая гравитация могла бы оказаться существенной? Да, есть, и мы о них уже говорили. Это гравитационный коллапс и Большой Взрыв. Согласно классической теории гравитации, объект, подверженный гравитационному коллапсу, должен сжиматься до сколь угодно малых размеров. Это означает, что его размеры могут стать сравнимыми с lPl , где классическая теория уже неприменима. Точно так же в процессе Большого Взрыва возраст Вселенной был сравним с tPl и она имела размеры порядка lPl . Это означает, что понимание физики Большого Взрыва невозможно в рамках классической теории. Таким образом, описание конечной стадии гравитационного коллапса и начальной стадии эволюции Вселенной может быть осуществлено только с привлечением квантовой теории гравитации.

3.3. Слабое взаимодействие

Это взаимодействие является наиболее слабым из фундаментальных взаимодействий, экспериментально наблюдаемых в распадах элементарных частиц, где принципиально существенными являются квантовые эффекты. Напомним, что квантовые проявления гравитационного взаимодействия никогда не наблюдались. Слабое взаимодействие выделяется с помощью следующего правила: если в процессе взаимодействия участвует элементарная частица, называемая нейтрино (или антинейтрино), то данное взаимодействие является слабым.

Типичный пример слабого взаимодействия – это бета-распад нейтрона, где n – нейтрон, p – протон, e^- – электрон, e^+ – электронное анти-

нейтрино. Следует, однако, иметь в виду, что указанное выше правило совсем не означает, что любой акт слабого взаимодействия обязан сопровождаться нейтрино или антинейтрино. Известно, что имеет место большое число безнейтринных распадов. В качестве примера можно отметить процесс распада лямбда-гиперона Λ на протон p^+ и отрицательно заряженный пион π^- . По современным представлениям нейтрон и протон не являются истинно элементарными частицами, а состоят из элементарных частиц, называемых кварками.

Интенсивность слабого взаимодействия характеризуется константой связи Ферми G_F . Константа G_F размерна. Чтобы образовать безразмерную величину, необходимо использовать какую-нибудь эталонную массу, например массу протона m_p . Тогда безразмерная константа связи будет. Видно, что слабое взаимодействие гораздо интенсивнее гравитационного.

Слабое взаимодействие в отличие от гравитационного является короткодействующим. Это означает, что слабое взаимодействие между частицами начинает действовать, только если частицы находятся достаточно близко друг к другу. Если же расстояние между частицами превосходит некоторую величину, называемую характерным радиусом взаимодействия, слабое взаимодействие не проявляет себя. Экспериментально установлено, что характерный радиус слабого взаимодействия порядка 10–15 см, то есть слабое взаимодействие, сосредоточен на расстояниях меньше размеров атомного ядра.

Почему можно говорить о слабом взаимодействии как о независимом виде фундаментальных взаимодействий? Ответ прост. Установлено, что есть процессы превращений элементарных частиц, которые не сводятся к гравитационным, электромагнитным и сильным взаимодействиям. Хороший пример, показывающий, что существуют три качественно различных взаимодействия в ядерных явлениях, связан с радиоактивностью. Эксперименты указывают на наличие трех различных видов радиоактивности: α -, β - и γ -радиоактивных распадов. При этом α -распад обусловлен сильным взаимодействием, γ -распад – электромагнитным. Оставшийся β -распад не может быть объяснен электромагнитным и сильным взаимодействиями, и мы вынуждены принять, что есть еще одно фундаментальное взаимодействие, названное слабым. В общем случае необходимость введения слабого взаимодействия обусловлена тем, что в природе происходят процессы, в которых электромагнитные и сильные распады запрещены законами сохранения.

Хотя слабое взаимодействие существенно сосредоточено внутри ядра, оно имеет определенные макроскопические проявления. Как мы уже отмечали, оно связано с процессом β -радиоактивности. Кроме того, слабое взаимодействие играет важную роль в так называемых термоядерных реакциях, ответственных за механизм энерговыделения в звездах.

Удивительнейшим свойством слабого взаимодействия является существование процессов, в которых проявляется зеркальная асимметрия. На первый взгляд кажется очевидным, что разница между понятиями левое и правое условна. Действительно, процессы гравитационного, электромагнитного и сильного взаимодействия инвариантны относительно пространственной инверсии, осуществляющей зеркальное отражение. Говорят, что в таких процессах сохраняется пространственная четность P . Однако экспериментально установлено, что слабые процессы могут протекать с несохранением пространственной четности и, следовательно, как бы чувствуют разницу между левым и правым. В настоящее время имеются твердые экспериментальные доказательства, что несохранение четности в слабых взаимодействиях носит универсальный характер, оно проявляет себя не только в распадах элементарных частиц, но и в ядерных и даже атомных явлениях. Следует признать, что зеркальная асимметрия представляет собой свойство Природы на самом фундаментальном уровне.

Несохранение четности в слабых взаимодействиях выглядело настолько необычным свойством, что практически сразу после его открытия теоретики предприняли попытки показать, что на самом деле существует полная симметрия между левым и правым, только она имеет более глубокий смысл, чем это ранее считалось. Зеркальное отражение должно сопровождаться заменой частиц на античастицы (зарядовое сопряжение C), и тогда все фундаментальные взаимодействия должны быть инвариантными. Однако позднее было установлено, что эта инвариантность не является универсальной. Существуют слабые распады так называемых долгоживущих нейтральных каонов на пионы π^+ , π^- , запрещенные, если бы указанная инвариантность реально имела место. Таким образом, отличительным свойством слабого взаимодействия является его CP -неинвариантность. Возможно, что это свойство ответственно за то обстоятельство, что вещество во Вселенной значительно превалирует над антивеществом, построенным из античастиц. Мир и антимир несимметричны.

Вопрос о том, какие частицы являются переносчиками слабого взаимодействия, долгое время был неясен. Понимания удалось достичь сравнительно недавно в рамках объединенной теории электрослабых взаимодействий – теории Вайнберга-Салама-Глэшоу. В настоящее время общепринято, что переносчиками слабого взаимодействия являются так называемые W^+ - и Z^0 -бозоны. Это заряженные W^+ и нейтральная Z^0 элементарные частицы со спином 1 и массами, равными по порядку величины $100 m_p$.

3.4. Электромагнитное взаимодействие

В электромагнитном взаимодействии участвуют все заряженные тела, все заряженные элементарные частицы. В этом смысле оно достаточно универсально. Классической теорией электромагнитного взаимодействия является максвелловская электродинамика. В качестве константы связи принимается заряд электрона e .

Если рассмотреть два покоящихся точечных заряда q_1 и q_2 , то их электромагнитное взаимодействие сведется к известной электростатической силе. Это означает, что взаимодействие является дальнодействующим и медленно спадает с ростом расстояния между зарядами.

Классические проявления электромагнитного взаимодействия хорошо известны, и мы не будем на них останавливаться. С точки зрения квантовой теории переносчиком электромагнитного взаимодействия является элементарная частица фотон – безмассовый бозон со спином 1. Квантовое электромагнитное взаимодействие между зарядами условно изображается следующим образом:

Заряженная частица испускает фотон, в силу чего состояние ее движения изменяется. Другая частица поглощает этот фотон и также изменяет состояние своего движения. В результате частицы как бы чувствуют наличие друг друга.

Хорошо известно, что электрический заряд является размерной величиной. Удобно ввести безразмерную константу связи электромагнитного взаимодействия. Для этого надо использовать фундаментальные постоянные h и c . В результате приходим к следующей безразмерной константе связи, называемой в атомной физике постоянной тонкой структуры. Легко заметить, что данная константа значительно превышает константы гравитационного и слабого взаимодействий.

С современной точки зрения электромагнитное и слабое взаимодействия представляют собой различные стороны единого электрослабого взаимодействия. Создана объединенная теория электрослабого взаимодействия – теория Вайнберга-Салама-Глэшоу, объясняющая с единых позиций все аспекты электромагнитных и слабых взаимодействий. Можно ли понять на качественном уровне, как происходит разделение объединенного взаимодействия на отдельные, как бы независимые взаимодействия?

Пока характерные энергии достаточно малы, электромагнитное и слабое взаимодействия отделены и не влияют друг на друга. С ростом энергии начинается их взаимовлияние, и при достаточно больших энергиях эти взаимодействия сливаются в единое электрослабое взаимодействие. Характерная энергия объединения оценивается по порядку величины как 102 ГэВ (ГэВ – это сокращенное от гигаэлектрон-вольт, $1 \text{ ГэВ} = 10^9 \text{ эВ}$, $1 \text{ эВ} = 1,6 \times 10^{-12} \text{ эрг} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Дж}$). Для сравнения отметим, что характерная энергия электрона в основном состоянии атома

водорода порядка 10^{-8} ГэВ, характерная энергия связи атомного ядра порядка 10^{-2} ГэВ, характерная энергия связи твердого тела порядка 10^{-10} ГэВ. Таким образом, характерная энергия объединения электромагнитных и слабых взаимодействий огромна по сравнению с характерными энергиями в атомной и ядерной физике. По этой причине электромагнитное и слабое взаимодействия не проявляют в обычных физических явлениях своей единой сущности.

3.5. Сильное взаимодействие

Сильное взаимодействие ответственно за устойчивость атомных ядер. Поскольку атомные ядра большинства химических элементов стабильны, то ясно, что взаимодействие, которое удерживает их от распада, должно быть достаточно сильным. Хорошо известно, что ядра состоят из протонов и нейтронов. Чтобы положительно заряженные протоны не разлетелись в разные стороны, необходимо наличие сил притяжения между ними, превосходящих силы электростатического отталкивания. Именно сильное взаимодействие является ответственным за эти силы притяжения.

Характерной чертой сильного взаимодействия является его зарядовая независимость. Ядерные силы притяжения между протонами, между нейтронами и между протоном и нейтроном по существу одинаковы. Отсюда следует, что с точки зрения сильных взаимодействий протон и нейтрон неотличимы и для них используется единый термин нуклон, то есть частица ядра.

Характерный масштаб сильного взаимодействия можно проиллюстрировать рассмотрев два покоящихся нуклона. Теория приводит к потенциальной энергии их взаимодействия в виде потенциала Юкавы.

Соотношение показывает, что сильное взаимодействие является короткодействующим и по существу полностью сосредоточено на расстояниях, не превышающих характерного размера ядра. Известным макроскопическим проявлением сильного взаимодействия служит эффект α -радиоактивности. Следует, однако, иметь в виду, что потенциал Юкавы не является универсальным свойством сильного взаимодействия и не связан с его фундаментальными аспектами.

В настоящее время существует квантовая теория сильного взаимодействия, получившая название квантовой хромодинамики. Согласно этой теории, переносчиками сильного взаимодействия являются элементарные частицы – глюоны. По современным представлениям частицы, участвующие в сильном взаимодействии и называемые адронами, состоят из элементарных частиц – кварков.

Кварки представляют собой фермионы со спином $1/2$ и ненулевой массой. Наиболее удивительным свойством кварков является их дробный электрический заряд. Кварки формируются в три пары (три поколения дублетов), обозначаемые следующим образом:

Каждый тип кварка принято называть ароматом, так что существуют шесть кварковых ароматов. При этом u -, s -, t -кварки имеют электрический заряд, d -, s -, b -кварки – электрический заряд, где e – заряд электрона. Кроме того, существуют три кварка данного аромата. Они отличаются квантовым числом, называемым цветом и принимающим три значения: желтый, синий, красный. Каждому кварку соответствует антикварк, имеющий по отношению к данному кварку противоположный электрический заряд и так называемый антицвет: антижелтый, антисиний, антикрасный. Принимая во внимание число ароматов и цветов, мы видим, что всего существуют 36 кварков и антикварков.

Кварки взаимодействуют друг с другом посредством обмена восьмью глюонами, которые представляют собой безмассовые бозоны со спином 1. В процессе взаимодействия цвета кварков могут изменяться. При этом сильное взаимодействие условно изображается следующим образом: кварк, входящий в состав адрона, испускает глюон, в силу чего состояние движения адрона изменяется. Этот глюон поглощается кварком, входящим в состав другого адрона, и меняет состояние его движения. В результате возникает взаимовоздействие адронов друг на друга.

Природа устроена так, что взаимодействие кварков всегда ведет к образованию бесцветных связанных состояний, которые как раз и являются адронами. Например, протон и нейтрон составлены из трех кварков: $p = uud$, $n = udd$. Псион p^- составлен из кварка u и антикварка. Отличительная черта кварк-кваркового взаимодействия через глюоны состоит в том, что с уменьшением расстояния между кварками их взаимодействие ослабляется. Это явление получило название асимптотической свободы и ведет к тому, что внутри адронов кварки можно рассматривать как свободные частицы. Асимптотическая свобода естественным образом вытекает из квантовой хромодинамики. Имеются экспериментальные и теоретические указания на то, что с ростом расстояния взаимодействие между кварками должно возрастать, в силу чего кваркам энергетически выгодно находиться внутри адрона. Это означает, что мы можем наблюдать только бесцветные объекты – адроны. Одиночные кварки и глюоны, обладающие цветом, не могут существовать в свободном состоянии. Явление удержания элементарных частиц, обладающих цветом, внутри адронов получило название конфайнмента. Для объяснения конфайнмента предлагались различные модели, однако последовательное описание, вытекающее из первых принципов теории, до сих пор не построено. С качественной точки зрения трудности связаны с тем, что, обладая цветом, глюоны взаимодействуют со всеми цветными объектами, в том числе и друг с другом. По этой причине квантовая хромодинамика является существенно нелинейной теорией и приближенные методы исследования, принятые в квантовой электродинамике и электрослабой теории, оказываются не вполне адекватными в теории сильных взаимодействий.

3.6. Тенденции объединения взаимодействий

Мы видим, что на квантовом уровне все фундаментальные взаимодействия проявляют себя одинаковым образом. Элементарная частица вещества испускает элементарную частицу – переносчик взаимодействия, которая поглощается другой элементарной частицей вещества. Это ведет к взаимовлиянию частиц вещества друг на друга.

Если сравнить безразмерные константы связи, то легко заметить, что самым слабым является гравитационное взаимодействие, а затем располагаются слабое, электромагнитное и сильное.

Если принять во внимание уже развитую объединенную теорию электрослабых взаимодействий, называемую сейчас стандартной, и следовать тенденции объединения, то возникает проблема построения единой теории электрослабого и сильного взаимодействий. В настоящее время созданы модели такой единой теории, получившие название модели великого объединения. Все эти модели имеют много общих моментов, в частности характерная энергия объединения оказывается порядка 10^{15} ГэВ, что значительно превосходит характерную энергию объединения электромагнитных и слабых взаимодействий. Отсюда вытекает, что прямое экспериментальное исследование великого объединения выглядит проблематичным даже в достаточно отдаленном будущем. Для сравнения отметим, что наибольшая энергия, достижимая на современных ускорителях, не превышает 10^3 ГэВ. Поэтому если и будут получены какие-либо экспериментальные данные относительно великого объединения, то они могут носить только косвенный характер. В частности, модели великого объединения предсказывают распад протона и существование магнитного монополя большой массы. Экспериментальное подтверждение этих предсказаний было бы грандиозным триумфом тенденций объединения.

Общая картина разделения единого великого взаимодействия на отдельные сильное, слабое и электромагнитное взаимодействия выглядит следующим образом. При энергиях порядка 10^{15} ГэВ и выше существует единое взаимодействие. Когда энергия становится ниже 10^{15} ГэВ, сильное и электрослабое взаимодействия отделяются друг от друга и представляются как различные фундаментальные взаимодействия. При дальнейшем уменьшении энергии ниже 10^2 ГэВ происходит отделение слабого и электромагнитного взаимодействий. В результате на масштабе энергий, характерных для физики макроскопических явлений, три рассматриваемых взаимодействия выглядят как не имеющие единой природы.

Заметим теперь, что энергия 10^{15} ГэВ отстает не так далеко от планковской энергии при которой становятся существенными квантово-гравитационные эффекты. Поэтому теория великого объединения с необходимостью ведет к проблеме квантовой гравитации. Если далее сле-

довать тенденции объединения, мы должны принять идею о существовании одного всеобъемлющего фундаментального взаимодействия, которое разделяется на отдельные гравитационное, сильное, слабое и электромагнитное последовательно по мере понижения энергии от планковского значения до энергий, меньших 10^2 ГэВ.

Многие основополагающие концепции современного естествознания прямо или косвенно связаны с описанием фундаментальных взаимодействий. Взаимодействие и движение – важнейшие атрибуты материи, без которых невозможно ее существование. Взаимодействие обуславливает объединение различных материальных объектов в системы, т.е. системную организацию материи. Многие свойства материальных объектов производны от их взаимодействия, являются результатом их структурных связей между собой и взаимодействий с внешней средой.

В неживой природе множество объектов будет представлять целостную систему лишь в том случае, если энергия связи между ними больше суммарной кинетической энергии и энергии внешних воздействий, направленных на разрушение системы. В противном случае система не возникает или распадается. *Энергия внутренних связей* – это общая энергия, которую нужно было бы приложить последовательно к каждому элементу, чтобы удалить его из системы на большое расстояние, т.е. «растащить» систему. Поскольку эта энергия не может возникнуть из ничего, и каждый из элементов существует в некоторой «потенциальной яме», то стабильность и целостность систем оказываются косвенно обусловленными действием закона сохранения энергии.

Энергия внутренних связей может иметь различное значение в зависимости от характера сил, объединяющих тела в системы. С переходом от космических систем к макроскопическим телам, молекулам и атомам к гравитационным силам добавляются электромагнитные силы, во много раз превышающие гравитационные. Чем меньше размеры материальных систем, тем более прочно связаны их элементы.

В случае элементарных частиц энергия внутренних связей сопоставима с их собственной энергией, что можно использовать для определения элементарных частиц: они представляют собой такие микрообъекты, у которых энергия внутренних связей сопоставима с их собственной энергией и которые взаимодействуют как единое целое во всех доступных измерениях микропроцессах.

Принцип тождественности – фундаментальный принцип квантовой механики, согласно которому состояния системы частиц, получающиеся друг из друга перестановкой тождественных частиц местами, нельзя различить ни в каком эксперименте. Такие состояния должны рассматриваться как одно физическое состояние.

Этот принцип – одно из основных различий между классической и квантовой механикой. В классической механике всегда можно просле-

дуть за движением отдельных частиц по траекториям и таким образом отличить частицы одну от другой. В квантовой механике тождественные частицы полностью лишены индивидуальности. Состояние частицы в квантовой механике описывается волновой функцией, позволяющей определить лишь вероятность нахождения частицы в данной точке пространства. Имеет смысл говорить лишь о вероятности нахождения в ней частицы.

Эмпирическим фактом, который и составляет сущность принципа тождественности, является то, что в природе различают лишь два класса волновых функций для систем тождественных частиц: симметричные волновые функции, у которых при перестановке пространственных и спиновых координат любой пары тождественных частиц волновая функция не изменяется, и антисимметричные волновые функции, при аналогичной перестановке изменяющие знак.

Принцип тождественности и вытекающие из него требования симметрии волновых функций для системы тождественных частиц приводят к важнейшему квантовому эффекту, не имеющему аналога в классической теории, – существованию *обменного взаимодействия*. Одним из первых успехов квантовой механики было объяснение немецким физиком В. Гейзенбергом (1901–1976) наличия двух состояний атома гелия – орто- и парагелия, основанное на принципе тождественности.

Крупным шагом в познании микропроцессов явилось создание единой теории электромагнитных и слабых взаимодействий. Перед физикой стоит важнейшая задача создания единой теории взаимодействий, включая также сильные, а в перспективе и гравитационные взаимодействия. По-видимому, такое «великое объединение» потребует синтеза теории элементарных частиц, квантовой хромодинамики, научной космологии и релятивистской астрофизики. Разработка единой теории всех известных фундаментальных взаимодействий позволит обеспечить концептуальную интеграцию современных данных о природе, хотя на этом физическая наука не закончится, ибо материя так же неисчерпаема и бесконечна в своей структуре, как практически необозримы пути технического применения физики и развития прикладных физических дисциплин. Построение такой грандиозной объединяющей теории, по-видимому, неосуществимо в рамках системы идей, приведших к стандартной теории электрослабых взаимодействий и моделям великого объединения. Требуется привлечение новых, возможно кажущихся сумасшедшими, представлений, идей, методов. Несмотря на очень интересные подходы, развитые в последнее время, такие, как супергравитация и теория струн, проблема объединения всех фундаментальных взаимодействий остается открытой.

3.7. Концепции материи, движения, пространства и времени

Важнейшая задача естествознания – создание естественно-научной картины мира, образующей в целом упорядоченную систему, которая по мере развития науки уточняется и дополняется. К наиболее общим, важным, фундаментальным концепциям физического описания природы относятся *материя, движение, пространство и время*. Эти понятия широко используются не только в естествознании, но и во многих гуманитарных сферах, например, в искусстве, в экономике, не говоря уже о философии.

Окружающий нас мир, все существующее вокруг нас и обнаруживаемое нами посредством ощущений представляет собой материю. *Материя есть философская категория для обозначения объективной реальности, которая отображается нашими ощущениями, существуя независимо от них*. Кто знает, может быть, данное определение не является исчерпывающим – это покажет дальнейшее развитие науки. В классическом представлении в естествознании различают два вида материи: *вещество* и *поле*. В современном представлении к ним следует добавить третий вид материи – *физический вакуум*. Некоторые ученые в духе концепции корпускулярно-волнового дуализма объединяют вещество и поле в единую материю, которая действует на наши органы чувств и проявляется в одних условиях как вещество (физические тела, молекулы, атомы, частицы), а в других – как поле (свет, радиация, гравитация, радиоволны). Однако такое объединение в большей степени касается не макро-, а микромира, многие свойства которого носят квантово-механический характер.

В классической механике Ньютона в качестве вещественных образований выступают *материальная частица* малых размеров – корпускула, часто называемая материальной точкой, и *физическое тело*, или просто тело как единая система корпускул, каким-то образом связанных между собой. Вряд ли вызывает сомнение существование этих вещественных образований в различных конкретных формах: песчинка, камень, капля воды и т.п. Что касается проблемы делимости вещества или дилеммы «атомизм – безграничная делимость», то она в значительной степени решена физиками и химиками, только в начале нашего столетия, когда было экспериментально подтверждено существование атомов и молекул – мельчайших частиц химического элемента и химических соединений.

Идеальными и предельно абстрактными физическими образами реальной существующих частиц и тел в классической механике служат *материальная точка* и *абсолютно твердое тело* как система материальных точек.

Повседневный опыт показывает, что тела действуют друг на друга, порождая всевозможные изменения и движения. Взаимодействие тел в макромире происходит под действием силы тяготения или электромаг-

нитных сил. В классической механике понятие силы считается фундаментальным.

Сила – физическая мера взаимодействия тел и причина изменения их механического движения, т.е. их перемещения относительно друг друга.

Источником силы в соответствии с законом всемирного тяготения является *масса* тел. Таким образом, понятие массы, введенное впервые Ньютоном, более фундаментально, чем понятие силы.

Согласно квантовой теории поля частицы, обладающие массой, могут рождаться из физического вакуума, представляющего собой совокупность частиц с соответствующими им античастицами, при достаточно высокой концентрации *энергии*, которая тем самым выступает как еще более фундаментальная и общая концепция, чем масса, поскольку энергия присуща не только веществу, но и безмассовым полям.

Развитие физики в XIX в. показало, что источником другой разновидности сил, действующих в макром мире, – электрических и магнитных – является электрический заряд, что хорошо подтверждается законом Кулона, формулой для силы Лоренца и уравнениями электромагнитной теории Максвелла. Хотя реальное существование электрического заряда доказано и теоретически, и экспериментально, многие вопросы, связанные с его происхождением, знаком, квантованностью и т.п., предстоит еще выяснить.

Возвращаясь к концепции массы, отметим, что в отличие от электрического заряда масса не квантуется. Однако, возможно, данное утверждение соответствует только современному представлению о микромире.

Масса выступает не только как мера гравитационного взаимодействия, но и как мера инертности тел, т.е. способности тел сопротивляться воздействию сил, стремящихся изменить скорость их движения. В этой связи часто говорят о *массе тяжелой* как мере гравитационного взаимодействия и о *массе инертной* как мере инертности.

Относительно точные измерения показывают, что массы тяжелая и инертная равны между собой. Этот факт, никак не объяснимый классической механикой, фигурирует в общей теории относительности, в которой понятие силы оказывается лишним: в поле тяготения тела движутся как бы «сами по себе» по кратчайшим путям – геодезическим линиям – в искривленном пространстве – времени. При этом поле тяготения и есть по существу искривленное физическое пространство, создаваемое массами вещества. В математическом смысле искривленность – это то, чем данное пространство отличается от хорошо нами представляемого Евклидова пространства.

В физике движение рассматривается в общем виде как изменение состояния физической системы, и для описания состояния вводится набор измеряемых параметров, к которым со времен Декарта относятся пространственно-временные координаты, или точки пространственно-временного континуума, означающего непрерывное множество. В физи-

ке используются и другие параметры состояния систем: импульс, энергия, температура, спин и т.п.

Так что же такое время? *Время выражает порядок смены физических состояний и является объективной характеристикой любого физического процесса или явления; оно универсально.* Говорить о времени безотносительно к изменениям в каких-либо реальных телах или системах – с физической точки зрения бессмысленно.

Время не есть сущность, не зависящая от материи, оно течет с различной скоростью в различных физических условиях. *Время всегда относительно.*

Важная особенность времени выражена в постулате времени: *одинаковые во всех отношениях явления происходят за одинаковое время.* В частности, длительности повторяющихся периодов хороших часов при неизменных условиях совершенно одинаковы. Концепция пространства, как и концепция времени, прошла длительный путь становления и развития.

Для реального мира пространство и время имеют не абсолютный, а относительный характер.

ЛЕКЦИЯ 4

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ЗАКОНЫ

Механическое движение относительно, и его характер зависит от системы отсчета. Та система, по отношению к которой выполняется первый закон Ньютона, называется *инерциальной системой отсчета*. Это такая система, которая либо покоится, либо движется прямолинейно и равномерно относительно какой-то другой неподвижной или движущейся прямолинейно и с постоянной скоростью системы. Первый закон Ньютона утверждает существование инерциальных систем отсчета.

Во всех инерциальных системах отсчета законы классической динамики имеют одинаковую форму; в этом сущность механического принципа относительности – принципа относительности Галилея. Он означает, что уравнения динамики при переходе от одной инерциальной системы к другой не изменяются, т.е. инвариантны по отношению к преобразованию координат.

А. Пуанкаре распространил принцип относительности на все электромагнитные процессы, а А. Эйнштейн использовал его для специальной теории относительности.

Современная формулировка принципа относительности такова: все инерциальные системы отсчета равноправны между собой (неотличимы друг от друга) в отношении протекания физических процессов,

или, другими словами, физические процессы не зависят от равномерного и прямолинейного движения системы отсчета.

Вместе с принципом относительности в физике утвердились понятия инвариантности, инвариантов и симметрии, а также связь их с законом сохранения и вообще с законами природы.

Инвариантность означает неизменность физических величин или свойств природных объектов при переходе от одной системы отсчета к другой. В специальной теории относительности постулируется инвариантность всех законов природы и скорости света в вакууме относительно преобразований Лоренца, предложенных им в 1904 г., еще до появления теории относительности, как преобразования, относительно которых уравнения Максвелла инвариантны.

Специальная теория относительности, принципы которой сформулировал в 1905 г. А. Эйнштейн, представляет собой современную физическую теорию пространства и времени, в которой, как и в классической ньютоновской механике, предполагается, что время однородно, а пространство однородно и изотропно. Специальная теория часто называется *релятивистской теорией*, а специфические явления, описываемые ею, – *релятивистским эффектом*.

В основе *специальной теории относительности* лежат постулаты Эйнштейна:

1) *принцип относительности*: никакие опыты (механические, электрические, оптические), проведенные в данной инерциальной системе отсчета, не дают возможности обнаружить, покоится ли эта система или движется равномерно и прямолинейно; все законы природы инвариантны по отношению к переходу от одной инерциальной системы к другой;

2) *принцип инвариантности скорости света*: скорость света в вакууме не зависит от скорости движения света или наблюдателя и одинакова во всех инерциальных системах отсчета.

Из специальной теории относительности следуют новые пространственно-временные представления, такие, например, как относительность длин и промежутков времени, относительность одновременности событий.

Общая теория относительности, называемая иногда теорией тяготения, – результат развития специальной теории относительности. Из нее вытекает, что свойства пространства – времени в данной области определяются действующими в ней полями тяготения. При переходе к космическим масштабам геометрия пространства – времени может изменяться от одной области к другой в зависимости от концентрации масс в этих областях и их движения.

4.1. Свойства пространства-времени и законы сохранения

Весьма важным для понимания законов природы является *принцип инвариантности относительно сдвигов в пространстве и во времени*, т.е. параллельных переносов начала координат и начала отсчета времени. Он формулируется так: *смещение во времени и в пространстве не влияет на протекание физических процессов*.

Инвариантность непосредственно связана с *симметрией*, представляющей собой неизменность структуры материального объекта относительно его преобразований, т.е. изменения ряда физических условий.

В широком смысле *симметрия означает инвариантность* как неизменность свойств системы при некотором изменении (преобразовании) ее параметров. Наглядным примером пространственной симметрии физических систем является кристаллическая структура твердых тел. Симметрия кристаллов – закономерность атомного строения, внешней формы и физических свойств кристаллов. Она заключается в том, что кристалл может быть совмещен с самим собой путем поворотов, отражений, параллельных переносов и других преобразований симметрии. Симметрия свойств кристалла обусловлена симметрией его строения.

Орнамент, наверное, самое древнее отображение идеи симметрии, лежащей в основе многих фундаментальных законов. Многие процессы в природе имеют симметричный характер.

Из сформулированного принципа инвариантности относительно сдвигов в пространстве и во времени следует симметрия пространства и времени, называемая однородностью пространства и времени.

Однородность пространства заключается в том, что при параллельном переносе в пространстве замкнутой системы тел как целого ее физические свойства и законы движения не изменяются, иными словами, не зависят от выбора положения начала координат инерциальной системы отсчета.

Из свойства симметрии пространства – его однородности следует *закон сохранения импульса: импульс замкнутой системы сохраняется, т.е. не изменяется с течением времени*. Закон сохранения импульса справедлив не только в классической физике, хотя он и получен как следствие законов Ньютона. Эксперименты доказывают, что он выполняется и для замкнутых систем микрочастиц, подчиняющихся законам квантовой механики. Импульс сохраняется и для незамкнутой системы, если геометрическая сумма всех внешних сил равна нулю. *Закон сохранения импульса носит универсальный характер и является фундаментальным законом природы*.

Однородность времени означает инвариантность физических законов относительно выбора начала отсчета времени. Например, при свободном падении тела в поле силы тяжести его скорость и пройденный

путь зависят лишь от начальной скорости и продолжительности свободного падения тела и не зависят от момента начала падения тела.

Из однородности времени следует *закон сохранения механической энергии: в системе тел, между которыми действуют только консервативные силы, полная механическая энергия сохраняется, т.е. не изменяется со временем.* Консервативные силы действуют только в потенциальных полях, характеризующихся тем, что работа, совершаемая действующими силами при перемещении тела, из одного положения в другое, не зависит от того, по какой траектории это перемещение произошло, а зависит только от начального и конечного положений. Если работа, совершаемая силой, зависит, траектории перемещения тела из одной точки в другую, то такая сила называется *диссипативной* (например, сила трения).

Механические системы, на тела которых действуют только консервативные силы (внутренние и внешние), называются *консервативными системами*. Закон сохранения механической энергии можно сформулировать еще и так: *в консервативных системах полная механическая энергия сохраняется.*

В диссипативных системах механическая энергия постепенно уменьшается из-за преобразования ее в другие (немеханические) формы энергии. Этот процесс называется *диссипацией*, или *рассеянием энергии*. Строго говоря, все реальные системы в природе диссипативные.

В консервативных системах полная механическая энергия остается постоянной, могут происходить лишь превращения кинетической энергии в потенциальную и обратно в эквивалентных количествах.

Закон сохранения и превращения энергии – фундаментальный закон природы. Он справедлив как для систем макроскопических тел, так и для микросистем.

В системе, в которой действуют консервативные и диссипативные силы, например, силы трения, полная механическая энергия системы не сохраняется. Следовательно, для такой системы закон сохранения механической энергии не выполняется. Однако при убывании механической энергии всегда возникает эквивалентное количество энергии другого вида. Таким образом, *энергия никогда не исчезает и не появляется вновь, она лишь превращается из одного вида в другой.* В этом заключается физическая сущность закона сохранения и превращения энергии – сущность неуничтожения материи и ее движения, поскольку *энергия*, по определению, – *универсальная мера различных форм движения и взаимодействия.*

Закон сохранения энергии – результат обобщения многих экспериментальных данных. Идея закона принадлежит М.В. Ломоносову (1711–1765), изложившему закон сохранения материи и движения, а количественная его формулировка дана немецкими учеными – врачом Ю. Майером (1814–1878) и естествоиспытателем Г. Гельмгольцем (1821–1894).

Обратимся еще к одному свойству симметрии пространства – его изотропности. *Изотропность пространства* означает инвариантность физических законов относительно выбора направлений осей координат системы отсчета (относительно поворота замкнутой системы в пространстве на любой угол).

Из изотропности пространства следует фундаментальный закон природы – *закон сохранения момента импульса: момент импульса замкнутой системы сохраняется, т.е. не изменяется с течением времени.*

Связь между симметрией пространства и законами сохранения установила немецкий математик Эмми Нётер (1882–1935). Она сформулировала и доказала фундаментальную теорему математической физики, названную ее именем, из которой следует, что *из однородности пространства и времени вытекают законы сохранения соответственно импульса и энергии, а из изотропности пространства – закон сохранения момента импульса.*

Выявление различных симметрий в природе, а иногда и постулирование стало одним из методов теоретического исследования свойств микро-, и мегамира.

4.2. Классическая концепция Ньютона

Классическая механика Ньютона сыграла и играет до сих пор огромную роль в развитии естествознания. Она объясняет множество физических явлений и процессов в земных и внеземных условиях и служит основой для многих технических достижений в течение длительного времени. Законы Ньютона рассматривают обычно как систему взаимосвязанных законов.

Первый закон Ньютона: всякая материальная точка (тело) сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока воздействие со стороны других тел не заставит ее изменить это состояние. Стремление тела сохранить состояние покоя или равномерного прямолинейного движения называется *инертностью*, или *инерцией*. Поэтому первый закон Ньютона называют также *законом инерции*.

Для количественной формулировки второго закона динамики вводятся понятия ускорения a , массы тела m и силы F . *Ускорением* характеризуется быстрота изменения скорости движения тела. *Масса* тела – физическая величина – одна из основных характеристик материи, определяющая ее инертционные (*инертная масса*) и гравитационные (*тяжелая* или *гравитационная масса*) свойства. *Сила* – это векторная величина, мера механического воздействия на тело со стороны других тел или полей, в результате которого тело приобретает ускорение или изменяет свою форму и размеры.

Второй закон Ньютона: ускорение, приобретаемое материальной точкой (телом), пропорционально вызывающей его силе и обратно пропорционально массе материальной точки (тела):

$$a = F \times m.$$

Второй закон Ньютона справедлив только в инерциальных системах отсчета.

Взаимодействие между материальными точками (телами) определяется третьим законом Ньютона: всякое действие материальных точек (тел) друг на друга носит характер взаимодействия; силы, с которыми действуют друг на друга материальные точки, всегда равны по модулю, противоположно направлены и действуют вдоль прямой, соединяющей эти точки:

$$F_{12} = -F_{21}.$$

Законы Ньютона позволяют решить многие задачи механики – от простых до сложных. Спектр таких задач значительно расширился после разработки Ньютоном и его последователями нового для того времени математического аппарата – дифференциального и интегрального исчисления, весьма эффективного при решении многих динамических задач и особенно задач небесной механики.

Причинное объяснение многих физических явлений, т.е. реальное воплощение зародившегося еще в древности принципа причинности в естествознании, привело в конце XVIII – начале XIX в. к неизбежной абсолютизации классической механики. Возникло философское учение – *механистический детерминизм*, классическим представителем которого был Пьер Симон Лаплас (1749–1827) – французский математик, физик и философ. *Лапласовский детерминизм* выражает идею *абсолютного детерминизма* – уверенность в том, что все происходящее имеет причину в человеческом понятии и есть непознанная разумом необходимость.

4.3. Статистические и термодинамические свойства макросистем

Вокруг нас происходят явления, внешне весьма косвенно связанные с механическим движением. Это явления, наблюдаемые при изменении температуры тел, представляющих собой макросистемы, или при переходе их из одного состояния (например, жидкого) в другое (твердое либо газообразное). Такие явления называются *тепловыми*. Они играют огромную роль в жизни людей, животных и растений. Изменение температуры на 20–30°C.

Первые успехи на пути построения научной теории теплоты относятся к началу XVII в., когда был изобретен термометр и появилась возможность количественного исследования тепловых процессов и свойств макросистем. Вновь перед наукой встал вопрос: что же такое теплота?

Наметились две противоположные точки зрения. Согласно одной из них – *вещественной теории тепла* – теплота рассматривалась как особого рода невесомая «жидкость», способная перетекать от одного тела к другому. Эта жидкость была названа теплородом. Чем больше теплорода в теле, тем выше температура тела.

Приверженцы другой точки зрения полагали, что *теплота – это вид внутреннего движения частиц* тела. Чем быстрее движутся частицы тела, тем выше его температура.

Таким образом, представление о тепловых явлениях и свойствах связывалось с атомистическим учением древних философов о строении вещества. В рамках подобных представлений теорию тепла первоначально называли *корпускулярной* (от слова «корпускула» – частица). Ее придерживались ученые Ньютон, Гук, Бойль, Бернулли.

Большой вклад в развитие корпускулярной теории тепла внес М.В. Ломоносов. Он рассматривал теплоту как вращательное движение частиц вещества. С помощью своей теории ученый объяснил в общем процессы плавления, испарения и теплопроводности, а также пришел к выводу о существовании «наибольшей или последней степени холода», когда движение частичек вещества прекращается. Благодаря работам М. Ломоносова среди русских ученых было очень мало сторонников *вещественной теории теплоты*.

Открытие закона сохранения энергии способствовало развитию двух качественно различных, но взаимно дополняющих методов исследования тепловых явлений и свойств макросистем: *термодинамического и статистического (молекулярно-кинетического)*. Первый из них лежит в основе *термодинамики*, второй – *молекулярной физики*.

Термодинамика представляет собой науку о тепловых явлениях, в которой не учитывается молекулярное строение тел. В термодинамике тепловые явления описываются с помощью величин, регистрируемых приборами, не реагирующими на воздействие отдельных молекул (термометр, манометр и др.). Все законы термодинамики относятся к телам, число молекул которых огромно. Такие тела называют макроскопическими и образуют *макросистемы*. Газ в баллоне, вода в стакане, песчинка, камень, стальной стержень и т.п. – все это примеры макросистем.

Основа термодинамического метода – определение состояния термодинамической системы, представляющей собой совокупность макроскопических тел, которые взаимодействуют и обмениваются энергией как между собой, так и с другими телами (внешней средой). Состояние системы задается термодинамическими параметрами (параметрами системы), характеризующими ее свойства. Обычно в качестве термодинамических параметров состояния выбирают *температуру, давление и удельный объем* (объем единицы массы).

Температура – физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия макроскопической системы.

К концу XIX в. сформировалась последовательная теория поведения больших общностей атомов и молекул – *молекулярно-кинетическая теория*, или *статистическая механика*. Многочисленными опытами была доказана справедливость этой теории.

Процессы, изучаемые *молекулярной физикой*, являются результатом совокупного действия огромного числа молекул. Поведение громадного числа молекул анализируется с помощью статистического метода. Он основан на том, что свойства макроскопической системы определяются свойствами частиц систем, особенностями их движения и усредненными значениями кинетических и динамических характеристик таких частиц (скорости, энергии давления и т.д.). Например, температура тела определяется скоростью беспорядочного движения его молекул, но так как в любой момент времени разные молекулы имеют различные скорости, она может быть выражена только через среднее значение скорости движения молекул. Нельзя говорить о температуре одной молекулы. Макроскопические характеристики тел имеют физический смысл лишь в случае большого числа молекул.

После создания молекулярной физики термодинамика не утратила своего значения. Она помогает понять многие явления и с успехом применяется при расчетах многих важных механических устройств. Общие законы термодинамики справедливы для всех веществ независимо от их внутреннего строения. Вместе с тем при расчете различных процессов с помощью термодинамики многие физические параметры, например теплоемкости тел, необходимо определять экспериментально. Что касается статистических методов, то они позволяют на основе данных о строении вещества определить такие параметры. Однако количественная теория твердого и особенно жидкого состояния вещества очень сложна, поэтому в ряде случаев простые расчеты, основанные на законах термодинамики, оказываются незаменимыми.

В настоящее время в науке и технике широко используются как термодинамические, так и статистические методы описания свойств макросистемы.

Основные положения молекулярно-кинетических представлений. В основе молекулярно-кинетических представлений о строении и свойствах макросистем лежат три положения:

- *любое тело – твердое, жидкое или газообразное – состоит из большого числа весьма малых частиц – молекул (атомы можно рассматривать как одноатомные молекулы);*
- *молекулы всякого вещества находятся в беспорядочном, хаотическом, не имеющем какого-либо преимущественного направления, движении;*

- *интенсивность, определяемая скоростью движения молекул, зависит от температуры вещества.*

Из основного уравнения молекулярно-кинетической теории вытекает и вывод: *средняя кинетическая энергия поступательного движения одной молекулы идеального газа прямо пропорциональна его термодинамической температуре и зависит только от нее:*

$$E = 3/2kT,$$

где k – постоянная Больцмана; T – температура.

Из данного уравнения следует, что при $T = 0$ средняя кинетическая энергия равна нулю, т.е. при абсолютном нуле прекращается поступательное движение молекул газа, а следовательно, его давление равно нулю. Термодинамическая температура – мера кинетической энергии поступательного движения идеального газа, а приведенная формула раскрывает молекулярно-кинетическое толкование температуры.

Всякая термодинамическая система в любом состоянии обладает *внутренней энергией* – энергией теплового (поступательного, вращательного и колебательного) движения молекул и потенциальной энергией их взаимодействия.

Возможны два способа изменения внутренней энергии термодинамической системы при ее взаимодействии с внешними телами: путем совершения работы и путем теплообмена.

Известно, что в процессе превращения энергии действует закон сохранения энергии. Поскольку тепловое движение тоже механическое (только не направленное, а хаотическое), то при всех превращениях должен выполняться закон сохранения энергии не только внешних, но и внутренних движений. В этом заключается качественная формулировка закона сохранения для термодинамической системы – ***первое начало термодинамики.***

Количество теплоты ΔQ , сообщенное телу, идет на увеличение его внутренней энергии ΔU и на совершение телом работы ΔA , т.е.

$$\Delta Q = \Delta U + \Delta A.$$

Из первого начала термодинамики следует важный вывод:

Невозможен вечный двигатель первого рода, т.е. такой двигатель, который совершал бы работу «из ничего», без внешнего источника энергии. При наличии внешнего источника часть энергии неизбежно переходит в энергию теплового, хаотического движения молекул, что и является причиной невозможности полного превращения энергии внешнего источника в полезную работу.

Многочисленные опыты показывают, что все тепловые процессы в отличие от механического движения необратимы. Если реализуется какой-либо термодинамический процесс, то обратный процесс, при котором проходят те же тепловые состояния, но только в обратном направле-

нии, практически невозможен. Другими словами, *термодинамические процессы необратимы*.

Всякая предоставленная самой себе система стремится перейти в состояние *термодинамического равновесия*, в котором тела находятся в состоянии покоя по отношению друг к другу, обладая одинаковыми температурами и давлением. Достигнув этого состояния, система сама по себе из него не выходит. Значит, все термодинамические процессы, приближающиеся к тепловому равновесию, необратимы.

Необратимы и все механические процессы, сопровождающиеся трением. Трение вызывает замедление движения тел, при котором кинетическая энергия переходит в тепло. Замедление эквивалентно приближению к состоянию равновесия, при котором движение тел отсутствует.

В системе тел, находящихся в термодинамическом равновесии, без внешнего вмешательства невозможны никакие реальные процессы. Следовательно, с помощью тел, находящихся и термодинамическом равновесии, невозможно совершить никакой работы, так как последняя связана с механическим движением, т.е. с переходом тепловой энергии в кинетическую.

Утверждение о невозможности получения работы за счет энергии тел, находящихся в термодинамическом равновесии, составляет сущность второго начала термодинамики.

Окружающая нас среда обладает значительными запасами тепловой энергии. Двигатель, работающий только за счет энергии находящихся в тепловом равновесии тел, был бы практически *вечным двигателем*. Второе начало термодинамики исключает возможность создания такого вечного двигателя второго рода.

Количественной характеристикой теплового состояния тела является число микроскопических способов, с помощью которых это состояние может быть достигнуто. Это число называется *статистическим весом состояния* (обозначим его буквой Γ). Тело, предоставленное самому себе, стремится перейти в состояние с большим статистическим весом.

Принято пользоваться не самим числом Γ , а его логарифмом, который еще умножается на постоянную Больцмана k . Определенную таким образом величину

$$S = k \ln \Gamma$$

называют *энтропией* тела.

Нетрудно убедиться в том, что энтропия сложной системы равна сумме энтропии ее частей.

Закон, определяющий направление тепловых процессов, можно сформулировать как *закон возрастания энтропии*:

Для всех происходящих в замкнутой системе тепловых процессов энтропия системы возрастает; максимально возможное значение энтропии замкнутой системы достигается в тепловом равновесии:

$$\Delta S > 0.$$

Данное утверждение принято считать количественной формулировкой *второго закона термодинамики*, открытого немецким физиком Р.Ю. Клаузиусом (1822–1888) (молекулярно-кинетическое истолкование этого закона дано австрийским физиком Л. Больцманом (1844–1906)).

Идеальному случаю – полностью обратимому процессу замкнутой системы – соответствует неизменяющаяся энтропия. Все естественные процессы происходят так, что вероятность состояния возрастает, что означает переход от порядка к хаосу. Значит, энтропия характеризует меру хаоса, которая для всех естественных процессов возрастает. В этой связи закон о невозможности вечного двигателя второго рода, закон о стремлении тел к равновесному состоянию получают свое объяснение. Почему механическое движение переходит в тепловое? Да потому, что механическое движение упорядочено, а тепловое беспорядочно, хаотично.

В середине XIX в. активно обсуждалась *проблема тепловой смерти Вселенной*. Рассматривая Вселенную как замкнутую систему и применяя к ней второе начало термодинамики, Р.Ю. Клаузиус свел его содержание к утверждению, что энтропия Вселенной должна достигнуть своего максимума. Это означает, что все формы движения со временем должны перейти в тепловые. Переход же теплоты от горячих тел к холодным приведет к тому, что температура всех тел во Вселенной сравняется, т.е. наступит полное тепловое равновесие, и все процессы во Вселенной прекратятся – наступит тепловая смерть Вселенной. Ошибочность вывода о тепловой смерти заключается в том, что бессмысленно применять второе начало термодинамики к незамкнутым системам, например к такой безграничной и бесконечно развивающейся системе, как Вселенная.

4.4. Электромагнитная концепция

К настоящему времени известно несколько разновидностей полей: электромагнитное и гравитационное, поле ядерных сил, а также волновые (квантовые) поля, соответствующие различным элементарным частицам.

Ограничимся рассмотрением электромагнитного поля. Именно для описания электромагнитных явлений выдающийся английский физик-самоучка Майкл Фарадей (1791–1867) в 30-е годы XIX в. впервые ввел понятие поля.

Наука о свойствах и закономерностях поведения особого вида материи – электромагнитного поля, посредством которого осуществляется взаимодействие между электрически заряженными телами, называется *электродинамикой*.

Электромагнитное взаимодействие занимает первое место по широте и разнообразию проявлений. В повседневной жизни и в технике мы чаще всего встречаемся с различными видами электромагнитных взаимодействий: силы упругости, трения, силы наших мышц и т.д.

Электромагнитное взаимодействие позволяет видеть окружающие нас предметы и тела, так как свет – одна из форм электромагнитного поля. Сама жизнь немыслима без сил электромагнитной природы. Если бы на мгновение прекратилось действие электромагнитных сил, то сразу исчезла бы и жизнь. Строение атомной оболочки, сцепление атомов в молекулы (химическая связь) и образование из вещества тел различной формы определяются исключительно электромагнитным взаимодействием.

К созданию электромагнитной теории поля привела длинная цепь случайных открытий и планомерных кропотливых исследований, начиная с обнаружения способности янтаря, потертого о шелк, притягивать легкие предметы и кончая предложением великим английским ученым Джеймсом Клерком Максвеллом идеи о порождении магнитного поля переменным электрическим полем.

Лишь после создания Максвеллом электромагнитной теории поля во второй половине XIX в. началось широкое практическое использование электромагнитных явлений. Изобретение радио русским физиком и электромехаником А.С. Поповым (1859–1906) – одно из первых важнейших применений принципов новой, электромагнитной, теории. При развитии электромагнитной теории поля впервые научные исследования предшествовали техническим применениям. Если паровая машина была построена задолго до создания теории тепловых процессов, то сконструировать электродвигатель или радиоприемник оказалось возможным лишь после открытия и изучения законов электродинамики.

Многочисленное практическое применение электромагнитных явлений несомненно способствовало существенному преобразованию сферы деятельности человека и развитию цивилизации.

4.5. Концепции дальногодействия и близкодействия

Долгое время считалось, что взаимодействие между телами может осуществляться непосредственно через пустое пространство, которое не принимает участия в данном процессе. Передача взаимодействия происходит мгновенно. Такое предположение составляет сущность *концепции дальногодействия*. Сам И. Ньютон считал невероятным и даже невозможным подобного рода взаимодействие тел.

Основоположником концепции дальногодействия является французский математик, физик и философ Рене Декарт. Многие ученые придерживались этой концепции вплоть до конца XIX в.

Экспериментальные исследования электромагнитных явлений показали несоответствие концепции дальногодействия физическому опыту. Кроме того, данная концепция находится в противоречии с постулатом специальной теории относительности, в соответствии с которым скорость передачи взаимодействий тел ограничена и не должна превышать

скорости света в вакууме. Было доказано, что взаимодействие электрически заряженных тел осуществляется не мгновенно, и перемещение одной заряженной частицы приводит к изменению сил, действующих на другие частицы, не в тот же момент, а лишь спустя конечное время. Каждая электрически заряженная частица создает электромагнитное поле, действующее на другие заряженные частицы, т.е. взаимодействие передается через «посредника» – электромагнитное поле. Скорость распространения электромагнитного поля равна скорости света в пустоте – примерно 300000 км/с. Это и составляет сущность новой концепции – *концепции близкодействия*, которая распространяется не только на электромагнитное, но и на другие виды взаимодействий. Согласно концепции близкодействия взаимодействие между телами осуществляется посредством тех или иных полей (например, тяготение – посредством гравитационного поля), непрерывно распределенных в пространстве.

4.6. Дискретность и непрерывность материи

Что же такое физическое поле? Можно ли представить его наглядно с помощью простых, доступных нашему пониманию образов? Как оно соотносится с представлениями о частицах вещества?

Самое простое представление о поле дает сплошная среда, например вода, заполняющая некоторую область пространства (или вообще все пространство). Эта среда в разных точках может иметь, например, различную плотность или температуру, по-разному двигаться. Именно конкретное физическое свойство среды, разное в разных точках и доступное для измерений, физически определяет поле. В связи с этим различают поле температур, поле скоростей, силовое поле и т.д.

В философском плане разделение мира на тела и частицы, с одной стороны, и сплошную среду, поле и пустое пространство – с другой, соответствует выделению двух крайних свойств мира – дискретности и непрерывности. *Дискретность* (или прерывность) означает «зернистость», конечную делимость пространственно-временного строения и состояния предмета или объекта, его свойств и форм движения (скачки), тогда как *непрерывность* выражает единство, целостность и неделимость объекта, сам факт его устойчивого существования. Для непрерывного нет границ делимого.

Развитие концепции поля, главным образом для описания электромагнитных явлений, позволило понять их диалектическое единство. В современной квантовой теории это единство противоположностей дискретного и непрерывного нашло более глубокое физико-математическое обоснование в концепции *корпускулярно-волнового дуализма*.

После появления квантовой теории поля представление о взаимодействии существенно изменилось. Согласно данной теории любое поле

является не непрерывным, а имеет дискретную структуру. Например, электромагнитное взаимодействие в квантовой теории поля является результатом обмена частиц *фотонами* – квантами электромагнитного поля, т.е. фотоны – переносчики этого поля. Аналогично другие виды взаимодействия возникают в результате обмена частиц квантами соответствующих полей. Например, в гравитационном взаимодействии, как предполагается, принимают участие гравитоны (их существование пока экспериментально не подтверждено).

Согласно полевой концепции участвующие во взаимодействии частицы создают в каждой точке окружающего их пространства особое состояние – *поле сил*, проявляющееся в силовом воздействии на другие частицы, помещенные в какую-либо точку данного пространства. Первоначально выдвигалась механическая интерпретация поля как упругих напряжений гипотетической среды «эфира». Теория относительности, отвергнув «эфир» как особую упругую среду, вместе с тем придала фундаментальный смысл понятию поля как первичной физической реальности.

В современной квантовой физике на роль «эфира» может претендовать новый возможный вид материи – *физический вакуум*. Первые представления о нем дал один из создателей квантовой теории поля английский физик П. Дирак (так называемое «море Дирака»). Хотя вакуум мы непосредственно не видим (он прозрачен для электромагнитных излучений и не оказывает никакого сопротивления движению материальных частиц и тел), но все же он может проявляться при взаимодействии с ним тех же частиц или электромагнитных волн (гамма-квантов), обладающих достаточной энергией. Если эта энергия превышает удвоенную энергию покоя, например электрона, то гамма-квант при наличии еще одной частицы (атомного ядра) может, исчезнув сам, породить пару электрон-позитрон, как бы «вырванную» из вакуума.

4.7. Сущность электромагнитной теории Максвелла

В 60-х годах XIX в. английский физик Максвелл разработал теорию Фарадея об электромагнитном поле и создал теорию электромагнитного поля. Это была первая теория поля. Она касается только электрического и магнитного полей и весьма успешно объясняет многие электромагнитные явления. Из закона Фарадея следует, что любое изменение сцепленного с контуром магнитного потока приводит к возникновению электродвижущей силы (ЭДС) – индукции, вследствие чего появляется индукционный ток. Следовательно, возникновение электромагнитной индукции возможно и в неподвижном контуре, находящемся в переменном магнитном поле. Однако ЭДС в любой цепи возникает только тогда, когда в ней на носителей тока действуют сторонние силы, т.е. силы не

электростатического происхождения. Поэтому закономерно возникает вопрос о природе сторонних сил. Опыт показывает, что сторонние силы не связаны ни с тепловыми, ни с химическими процессами в контуре; их возникновение нельзя также объяснить силами Лоренца, так как они на неподвижные заряды не действуют. Дж. Максвелл высказал гипотезу, что всякое переменное магнитное поле возбуждает в окружающем пространстве электрическое поле, которое и является причиной возникновения индукционного тока в контуре. Согласно представлению Максвелла контур, в котором появляется ЭДС, играет второстепенную роль, являясь своего рода лишь «прибором», обнаруживающим это поле. Электрическое поле, возбуждаемое магнитным полем, как и само магнитное поле, является вихревым.

Согласно Максвеллу, если всякое переменное магнитное поле возбуждает в пространстве вихревое электрическое поле, то должно существовать обратное явление: всякое изменение электрического поля должно вызывать появление в окружающем пространстве вихревого магнитного поля. Для установления количественных соотношений между изменяющимся электрическим полем и вызываемым им магнитным полем Максвелл ввел в рассмотрение так называемый *ток смещения*, обладающий способностью создавать в окружающем пространстве магнитное поле. Ток смещения в вакууме не связан с движением зарядов, а обуславливается только изменением электрического поля во времени и вместе с тем возбуждает магнитное поле – в этом заключается принципиально новое утверждение Максвелла.

Из уравнений Максвелла следует, что источниками электрического поля могут быть либо электрические заряды, либо изменяющиеся во времени магнитные поля, а магнитные поля могут возбуждаться или движущимися электрическими зарядами (электрическими токами), или переменными электрическими полями. Уравнения Максвелла не симметричны относительно электрического и магнитного полей. Это связано с тем, что в природе существуют электрические заряды, но нет зарядов магнитных. Из уравнений Максвелла следует, что переменное магнитное поле всегда связано с порождаемым им электрическим полем, а переменное электрическое поле – с порождаемым им магнитным, т.е. электрическое и магнитное поля неразрывно взаимосвязаны и образуют единое электромагнитное поле.

К электромагнитному полю применим только принцип относительности Эйнштейна, поскольку факт распространения электромагнитных волн с одинаковой скоростью в вакууме во всех системах отсчета не совместим с принципом относительности Галилея.

4.8. Корпускулярно-волновые свойства света

Теория Максвелла, являясь обобщением основных законов электрических и магнитных явлений, не только смогла объяснить уже известные к тому времени экспериментальные факты, что также является важным ее следствием, но и предсказала новые явления. Так, было предсказано существование *электромагнитных волн – переменного электромагнитного поля, распространяющегося в пространстве с конечной скоростью*. В дальнейшем было доказано, что скорость распространения свободного электромагнитного поля (не связанного с зарядами и токами) в вакууме равна скорости света. Данный вывод и теоретическое исследование свойств электромагнитных волн привели Максвелла к созданию электромагнитной теории света, в соответствии с которой свет представляет собой также электромагнитные волны. Электромагнитные волны были впервые обнаружены немецким физиком Г. Герцем (1857–1894), доказавшим, что законы их возбуждения и распространения полностью описываются уравнениями Максвелла.

Согласно современным представлениям электромагнитная природа света – это лишь одна разновидность проявления света. Другая разновидность характеризуется его квантовой природой. Такое двойственное представление природы света сложилось в результате длительного развития теории света.

В конце XVII в. почти одновременно возникли две, казалось бы, взаимоисключающие теории света: И. Ньютон предложил теорию, согласно которой свет представляет собой поток световых частиц (корпускул), летящих от светящегося тела по прямолинейным траекториям; Х. Гюйгенс (1629–1695) выдвинул волновую теорию, рассматривающую свет как упругую волну, распространяющуюся в мировом эфире.

В течение ста с лишним лет корпускулярная теория имела гораздо больше приверженцев, чем волновая. Однако в начале XIX в. французскому физiku О.Ж. Френелю (1788–1827) удалось на основе волновых представлений объяснить все известные в то время оптические явления. В результате волновая теория света получила всеобщее признание, а корпускулярная теория была забыта почти на столетие. В 1851 г. французский ученый Ж.Б.Л. Фуко (1819–1868), измерив скорость света в воде, получил еще одно экспериментальное доказательство справедливости волновой теории.

Первоначально считалось, что свет – это поперечная волна, распространяющаяся в гипотетической упругой среде, будто бы заполняющей все мировое пространство и получившей название мирового эфира. После создания электромагнитной теории на смену упругим световым волнам пришли электромагнитные волны.

В конце XIX – начале XX в. ряд новых опытов заставил вновь вернуться к представлению об особых световых частицах – фотонах. Было установлено, что свет имеет двойственную природу, сочетая в себе как волновые свойства, так и свойства, присущие частицам. В одних явлениях, таких как интерференция, дифракция и поляризация свет ведет себя, как волна, в других (фотоэффект, эффект Комптона) – как поток частиц (фотонов).

Теория Максвелла и ее экспериментальное подтверждение приводят к единой теории электрических, магнитных и оптических явлений, базирующейся на представлении об электромагнитном поле.

Согласно электромагнитной теории Максвелла

$$c/v = (\epsilon\mu)^{1/2} = n,$$

где c и v – соответственно скорости распространения света в вакууме и в среде с диэлектрической проницаемостью ϵ и магнитной проницаемостью μ , n – показатель преломления среды.

Данное соотношение связывает оптические, электрические и магнитные характеристики вещества. Световые волны занимают лишь небольшой интервал шкалы электромагнитных волн. Они охватывают диапазон от 380 до 770 нм ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$).

Все окружающее нас пространство пронизано электромагнитным излучением. Солнце, окружающие нас тела, антенны радиостанций и телевизионных передатчиков испускают электромагнитные волны, которые в зависимости от частоты носят разные названия: радиоволны (РВ); инфракрасное излучение (ИК); видимый свет (В); ультрафиолетовое излучение (УФ); рентгеновские лучи (РЛ); гамма-излучение (γ).

В отличие от механических волн, которые распространяются в веществе – газе, жидкости или твердом теле, электромагнитные волны могут распространяться и в вакууме.

Объяснить основные законы фотоэффекта на основе электромагнитной теории света не удалось. Эта теория не могла объяснить независимость энергии фотоэлектронов от интенсивности светового излучения, существования красной границы фотоэффекта, пропорциональность кинетической энергии фотоэлектронов частоте света.

Электромагнитная теория Максвелла и электронная теория Лоренца, несмотря на свои огромные успехи, были несколько противоречивы и в процессе их применения возникал ряд затруднений. Обе теории основывались на гипотезе об эфире, только «упругий эфир» был заменен «эфиром электромагнитным» (теория Максвелла) или «неподвижным эфиром» (теория Лоренца). Теория Максвелла не смогла объяснить процессы испускания и поглощения света, фотоэлектрического эффекта, комптоновского рассеяния и т.д. Теория Лоренца в свою очередь не смогла объяснить многие явления, связанные с взаимодействием света с веществом, в частности вопрос о распределении энергии по длинам волн при тепловом излучении абсолютно черного тела.

Перечисленные затруднения и противоречия были преодолены благодаря смелой гипотезе, высказанной в 1900 г. немецким физиком М. Планком, согласно которой *излучение света происходит не непрерывно, а дискретно, т.е. определенными порциями (квантами), энергия которых определяется частотой ν*

$$E = h \nu,$$

где h – постоянная Планка.

Теория Планка не нуждалась в понятии об эфире и объяснила тепловое излучение абсолютно черного тела.

А. Эйнштейн в 1905 г. создал *квантовую теорию света*:

не только излучение света, но и его распространение происходят в виде *потока световых квантов – фотонов*, энергия которых определяется приведенной выше формулой Планка, а импульс

$$p = h/\lambda,$$

где λ – длина волны.

Наиболее полно квантовые свойства электромагнитных волн проявляются в *эффекте Комптона*: при рассеянии монохроматического рентгеновского излучения веществом с легкими атомами в составе рассеянного излучения наряду с излучением, характеризующимся первоначальной длиной волны наблюдается излучение с более длинной волной.

Квантовые представления о свете хорошо согласуются с законами излучения и поглощения света, законами взаимодействия излучения с веществом. Такие хорошо изученные явления, как интерференция, дифракция и поляризация света, хорошо объясняются в рамках волновых представлений. Все многообразие изученных свойств и законов распространения света, его взаимодействия с веществом показывает, что *свет имеет сложную природу: он представляет собой единство противоположных свойств – корпускулярного (квантового) и волнового (электромагнитного)*. Длительный путь развития привел к *современным представлениям о двойственной корпускулярно-волновой природе света*. Приведенные выше выражения связывают корпускулярные характеристики излучения – массу и энергию кванта – с волновыми – частотой колебаний и длиной волны. Таким образом, *свет представляет собой единство дискретности и непрерывности*.

4.9. Основные концепции описания микромира

Эволюция представлений о строении атомов. Открытие сложного строения атома – важнейший этап становления современной физики. В процессе создания количественной теории строения атома, позволившей объяснить атомные системы, были сформированы новые представления о свойствах микрочастиц, которые описываются квантовой механикой.

В начале XX в. серьезно встал вопрос о строении атома. Существование закономерной связи между всеми химическими элементами, ярко выраженное в периодической системе Менделеева, наталкивает на мысль о том, что в основе строения всех атомов лежит общее свойство: все они находятся в близком родстве друг с другом.

Изучение строения атома практически началось в 1897–1898 гг., после того как была окончательно установлена природа катодных лучей как потока электронов и определены величина заряда и масса электрона. Томсон предложил *первую модель атома*, представив атом как сгусток материи, обладающий положительным электрическим зарядом, в который вкраплено несколько электронов, что превращает его в электрически нейтральное образование. В этой модели предполагалось, что под влиянием внешних воздействий электроны могли совершать колебания, т.е. двигаться ускоренно.

Положительно заряженных частиц внутри атома модель атома Томсона не предполагала. Но как же тогда объяснить испускание положительно заряженных альфа-частиц радиоактивными веществами?

В 1911 г. английским физиком Э. Резерфордом при исследовании движения альфа-частиц в газах и других веществах была обнаружена положительно заряженная часть атома. Дальнейшие более тщательные исследования показали, что при прохождении пучка параллельных лучей сквозь слои газа или тонкую металлическую пластинку выходят уже не параллельные лучи, а несколько расходящиеся: происходит рассеяние альфа-частиц, т.е. отклонение их от первоначального пути. Углы отклонения невелики, но всегда имеется небольшое число частиц (примерно одна из нескольких тысяч), которые отклоняются очень сильно. Некоторые частицы отбрасываются назад, как если бы на пути встретила непроходимая преграда. Это не электроны – их масса гораздо меньше массы альфа-частиц. Отклонение может происходить при столкновении с положительными частицами, масса которых того же порядка, что и масса альфа-частиц. Исходя из этих соображений, Резерфорд предложил следующую схему строения атома.

В центре атома находится положительно заряженное ядро, вокруг которого по разным орбитам вращаются электроны. Возникающая при их вращении центробежная сила уравнивается притяжением между ядром и электронами, вследствие чего они остаются на определенных расстояниях от ядра. Поскольку масса электрона ничтожно мала, то почти вся масса атома сосредоточена в его ядре. На долю ядра и электронов, число которых сравнительно невелико, приходится лишь ничтожная часть всего пространства, занятого атомной системой.

Предложенная Резерфордом схема строения атома, или, как обыкновенно говорят, *планетарная модель атома*, легко объясняет явления отклонения альфа-частиц. Действительно, размеры ядра и электронов

чрезвычайно малы по сравнению с размерами всего атома, которые определяются орбитами наиболее удаленных от ядра электронов, поэтому большинство альфа-частиц пролетает через атомы без заметного отклонения. Только в тех случаях, когда альфа-частица очень близко подходит к ядру, электрическое отталкивание вызывает резкое отклонение ее от первоначального пути. Таким образом, изучение рассеяния альфа-частиц положило начало ядерной теории атома.

4.10. Постулаты Бора

Планетарная модель атома позволила объяснить результаты опытов по рассеянию альфа-частиц вещества, однако возникли принципиальные трудности при обосновании устойчивости атомов.

Первая попытка построить качественно новую – квантовую – теорию атома была предпринята в 1913 г. Нильсом Бором. Он поставил цель связать в единое целое эмпирические закономерности линейчатых спектров, ядерную модель атома Резерфорда и квантовый характер излучения и поглощения света. В основу своей теории Бор положил ядерную модель Резерфорда. Он предположил, что электроны движутся вокруг ядра по круговым орбитам. Движение по окружности даже с постоянной скоростью обладает ускорением. Такое ускоренное движение заряда эквивалентно переменному току, который создает в пространстве переменное электромагнитное поле. На создание этого поля расходуется энергия. Энергия поля может создаваться за счет энергии кулоновского взаимодействия электрона с ядром. В результате электрон должен двигаться по спирали и упасть на ядро. Однако опыт показывает, что атомы – очень устойчивые образования. Отсюда следует вывод, что результаты классической электродинамики, основанной на уравнениях Максвелла, неприменимы к внутриатомным процессам. Необходимо найти новые закономерности. В основу своей теории атома Бор положил следующие постулаты.

Первый постулат Бора (постулат стационарных состояний): *в атоме существуют стационарные (не изменяющиеся со временем) состояния, в которых он не излучает энергии. Стационарным состояниям атома соответствуют стационарные орбиты, по которым движутся электроны. Движение электронов по стационарным орбитам не сопровождается излучением электромагнитных волн.*

Этот постулат находится в противоречии с классической теорией. В стационарном состоянии атома электрон, двигаясь по круговой орбите, должен иметь дискретные квантовые значения момента импульса.

Второй постулат Бора (правило частот): *при переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую излучается (поглощается) один фотон с энергией*

$$h\nu = E_n - E_m,$$

равной разности энергий соответствующих стационарных состояний (E_n и E_m – соответственно энергии стационарных состояний атома до и после излучения/поглощения).

Переходу электрона со стационарной орбиты под номером m на стационарную орбиту под номером n соответствует переход атома из состояния с энергией E_m в состояние с энергией E_n . При $E_n > E_m$ происходит излучение фотона (переход атома из состояния с большей энергией в состояние с меньшей энергией, т.е. переход электрона с более удаленной от ядра орбиты на более близлежащую), при $E_n < E_m$ – его поглощение (переход атома в состояние с большей энергией, т.е. переход электрона на более удаленную от ядра орбиту).

Согласно де Бройлю с каждым микрообъектом связываются, с одной стороны, корпускулярные характеристики – энергия E и импульс p , а с другой, – волновые характеристики – частота ν и длина волны λ . Формулы, связывающие корпускулярные и волновые свойства частиц, такие же, как и для фотонов:

$$E = h\nu; p = h/\lambda.$$

Смелость гипотезы де Бройля заключалась именно в том, что приведенные формулы постулировались не только для фотонов, но и для других микрочастиц, в частности для таких, которые обладают массой покоя. Таким образом, с любой частицей, обладающей импульсом, сопоставляется волновой процесс с длиной волны, определяемой формулой де Бройля: $\lambda = h/p$.

Всем микрообъектам присущи и корпускулярные, и волновые свойства: для них существуют потенциальные возможности проявить себя в зависимости от внешних условий либо в виде волны, либо в виде частицы.

Квантово-механические принципы. Немецкий физик В. Гейзенберг, учитывая волновые свойства микрочастиц и связанные с волновыми свойствами ограничения в их поведении, пришел в 1927 г. к выводу: объект микромира невозможно одновременно с любой наперед заданной точностью характеризовать и координатой, и импульсом. Согласно соотношению неопределенностей Гейзенберга микрочастица (микрообъект) не может иметь одновременно координату x и определенный импульс p : причем неопределенности этих величин удовлетворяют условию

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq h,$$

(h – постоянная Планка), т.е. произведение неопределенностей координаты и импульса не может быть меньше постоянной Планка.

Для описания микрообъектов Н. Бор сформулировал в 1927 г. принципиальное положение квантовой механики – принцип дополненности, согласно которому получение экспериментальной информации об одних физических величинах, описывающих микрообъект (элементарную частицу, атом, молекулу), неизбежно связано с потерей информации о некоторых других величинах, дополнительных к первым.

Такими взаимно дополнительными величинами можно считать, например, координату частицы и ее скорость (или импульс). В общем случае дополнительными друг к другу являются физические величины, которым соответствуют операторы, не коммутирующие между собой, например, направление и величина момента импульса, кинетическая и потенциальная энергия.

Немецкий физик М. Борн (1882–1970) в 1926 г. предположил, что по волновому закону меняется не сама вероятность, а амплитуда вероятности, названная *волновой функцией*. Описание состояния микрообъекта с помощью волновой функции имеет статистический вероятностный характер: *квадрат модуля волновой функции (квадрат модуля амплитуды волн де Бройля) определяет вероятность нахождения частицы в данный момент времени в определенном ограниченном объеме*.

Итак, в квантовой механике состояние микрочастиц описывается принципиально по-новому – с помощью волновой функции, которая является основным носителем информации об их корпускулярных и волновых свойствах. Статистическое толкование волн де Бройля и соотношение неопределенностей Гейзенберга привели к выводу, что уравнением движения в квантовой механике, описывающим движения микрочастиц в различных силовых полях, должно быть уравнение, из которого вытекают бы наблюдаемые на опыте волновые свойства частиц. Основным должно быть уравнение относительно волновой функции, ибо именно она, или, точнее, ее квадрат определяет вероятность нахождения частицы в заданный момент времени в заданном определенном объеме. Кроме того, искомое уравнение должно учитывать волновые свойства частиц, т.е. должно быть волновым уравнением.

Основное уравнение квантовой механики сформулировано в 1926 г. Э. Шредингером. *Уравнение Шредингера*, как и многие уравнения физики, не выводится, а постулируется. Правильность данного уравнения подтверждается согласием с опытом получаемых с его помощью результатов, что, в свою очередь, придает ему характер закона природы.

4.11. Нуклонный уровень организации материи

Примерно через 20 лет после того, как Резерфорд «разглядел» в недрах атома его ядро, был открыт *нейтрон* – частица, по всем своим свойствам такая же, как ядро атома водорода – протон, но только без электрического заряда. Нейтрон оказался чрезвычайно удобен для зондирования внутренности ядер. Поскольку он электрически нейтрален, электрическое поле обстреливаемого ядра не отталкивает его, соответственно даже медленные нейтроны могут беспрепятственно приблизиться к ядру на расстояния, при которых начинают проявляться ядерные силы.

Вскоре после вышеупомянутого открытия два физика-теоретика – немецкий Вернер Гейзенберг и советский Дмитрий Иваненко выдвинули гипотезу о том, что атомное ядро состоит из нейтронов и протонов. На этом постулате базируется современный взгляд на строение атома. Протоны и нейтроны объединяются, словом *нуклон*. *Протоны* – это элементарные частицы, которые являются ядрами атомов легчайшего элемента – водорода. Число протонов в ядре равно порядковому номеру элемента в таблице Менделеева и обозначается Z (число нейтронов – N). Протон имеет положительный электрический заряд, по абсолютному значению равный элементарному электрическому заряду. Он примерно в 1836 раз тяжелее электрона. Протон состоит из двух u -кварков с зарядом $Q = +2/3$ и одного d -кварка с зарядом $Q = -1/3$, связанных глюонным полем. Он имеет конечные размеры порядка 10^{-13} см, хотя его нельзя представить как твердый шарик, он скорее напоминает облако с размытой границей, состоящее из рождающихся и аннигилирующих виртуальных частиц.

Электрический заряд нейтрона равен 0, масса его – примерно 940 МэВ. *Нейтрон* состоит из одного u -кварка и двух d -кварков. Эта частица устойчива только в составе стабильных атомных ядер, свободный нейтрон распадается на электрон, протон и электронное антинейтрино. Период полураспада нейтрона (время, за которое распадается половина первоначального количества нейтронов) равен примерно 12 мин. В веществе в свободном виде нейтроны существуют еще меньше времени вследствие сильного поглощения их ядрами. Как и протон, нейтрон участвует во всех видах взаимодействий, в том числе в электромагнитном: при общей нейтральности вследствие сложного внутреннего строения в нем существуют электрические токи.

В ядре нуклоны связаны силами особого рода – ядерными. Одна из характерных их особенностей – короткодействие: на расстояниях порядка 10^{-15} м и меньше они превышают любые другие силы, вследствие чего нуклоны не разлетаются под действием электростатического отталкивания одноименно заряженных протонов. При больших расстояниях ядерные силы очень быстро уменьшаются до нуля.

Механизм действия ядерных сил основан на том же принципе, что и электромагнитных – на обмене взаимодействующих объектов виртуальными частицами.

Виртуальные частицы в квантовой теории – это частицы, которые имеют такие же квантовые числа (спин, электрический и барионный заряды и др.), как и соответствующие реальные частицы, но для которых не выполняется обычная связь между энергией, импульсом и массой.

Гипотезу кварков предложил в 1967 г. американский физик-теоретик М. Гелл-Ман (р. 1929). *Кварк* – частица со спином $1/2$ и дробным электрическим зарядом, составной элемент адронов. Это название

было заимствовано М. Гелл-Маном в одном из фантастических романов и означает нечто пустяковое и странное.

Помимо спина кварки имеют еще две внутренние степени свободы – «аромат» и «цвет» (степень свободы – независимое возможное изменение состояния физической системы, обусловленное вариациями ее параметров). Каждый кварк может находиться в одном из трех цветовых состояний, которые условно называют красным, синим и желтым (только для удобства – никакого отношения к оптическим свойствам это не имеет). В наблюдаемых адронах кварки скомбинированы таким образом, что возникающие состояния не несут цвета – являются «бесцветными». Ароматов известно пять и предполагается наличие шестого. Свойства кварков разных ароматов различны.

Обычное вещество состоит из легких u - и d -кварков, входящих в состав нуклонов ядер. Более тяжелые кварки создаются искусственно или наблюдаются в космических лучах. Здесь слова «создаются» и «наблюдаются» нельзя понимать буквально – ни один кварк не был зарегистрирован в свободном виде, их можно наблюдать только внутри адронов. При попытке выбить кварк из адрона происходит следующее: вылетающий кварк рождает на своем пути из вакуума пары кварк–антикварк, расположенные в порядке убывания скоростей. Один из медленных кварков занимает место исходного, а тот вместе с остальными рожденными кварками и антикварками образует адроны.

4.12. Дефект массы и энергия связи

Масса ядра определяется массой входящих в его состав нейтронов и протонов. Поскольку любое ядро состоит из Z протонов и $N = A - Z$ нейтронов, где A – массовое число (число нуклонов в ядре), то, на первый взгляд, масса ядра должна просто равняться сумме масс протонов и нейтронов. Однако, как показывают результаты измерений, реальная масса всегда меньше такой суммы. Их разность получила название *дефекта массы* Δm .

Энергия – одна из важнейших характеристик протекания любых физических процессов. В ядерной физике ее роль особенно велика, поскольку незыблемость закона сохранения энергии позволяет делать достаточно точные расчеты даже в случаях, когда многие детали явлений остаются неизвестными.

Разорвать ядро на отдельные нуклоны можно, лишь введя в него извне каким-либо способом энергию не меньше той, что выделилась в процессе его образования. Это и есть полная энергия связи ядра $E_{св}$. С энергией связи обуславливается дефект массы Δm . В соответствии с формулой

$$E_{св} = \Delta m c^2$$

уменьшение энергии системы при образовании ядра на какую-то величину должно неизбежно приводить к уменьшению общей массы. Такое изменение массы происходит при любых процессах, связанных с передачей энергии, но в привычных для нас явлениях изменения массы относительно малы и незаметны. В ядерных же явлениях из-за большого значения ядерных сил изменение массы весьма значительно. Так, для ядра неона дефект массы составляет почти 1% массы ядра.

Атомные ядра, которые отличаются числом нейтронов и протонов, имеют общее название – *нуклиды*. Из 1500 известных нуклидов только 265 – стабильные. Среди элементов, содержащихся в земной коре, радиоактивными являются все с порядковыми номерами более 83, т.е. расположенные в периодической системе после висмута. У них вообще нет стабильных изотопов (изотопы – разновидности атомов одного и того же химического элемента, отличающиеся числом нейтронов в составе ядра). Естественная радиоактивность обнаружена у отдельных изотопов и других элементов. Природные радиоактивные изотопы подвержены распаду, который сопровождается испусканием альфа- или бета-частиц (очень редко обоих видов).

В 1940 г. советские ученые Г.Н. Флеров и К.А. Петржак обнаружили новый вид радиоактивных превращений – спонтанное деление ядер. Испускание гамма-лучей не приводит к превращениям элементов и потому не считается видом радиоактивных превращений. Таким образом, число способов радиоактивного распада природных изотопов весьма ограничено. Ныне известны и другие способы. В результате ядерных реакций (например, при облучении различных элементов альфа-частицами или нейтронами) образуются не существующие в природе радиоактивные изотопы.

Радиоактивность характеризуется не только видом испускаемых частиц, но и их энергией, которая может в миллионы раз превосходить энергию химических процессов. Для каждого отдельного ядра предсказать заранее момент распада абсолютно невозможно. Время жизни ядра – случайная величина. На скорость радиоактивного распада нельзя повлиять внешними факторами – давлением, температурой и др. Спонтанный характер распада – одна из наиболее важных его особенностей.

Хотя все ядра живут разное время от момента образования до момента распада, для каждого радиоактивного вещества существует вполне определенное среднее время жизни ядер. Скорость распада подчиняется *закону радиоактивного распада*.

Цепная реакция деления ядер урана. Эта реакция была открыта в 1939 г. Выяснилось, что при попадании в ядро одного нейтрона оно делится на две-три части. При делении одного ядра освобождается около 200 МэВ энергии. На кинетическую энергию движения осколков уходит около 165 МэВ, остальное уносит гамма-излучение (часть электромаг-

нитного излучения с очень малой длиной волны) – поток фотонов. Можно подсчитать, что при полном делении 1 кг урана выделится 80000 млрд. Дж. Это в несколько миллионов раз больше, чем при сжигании 1 кг угля или нефти. При делении ядер урана, кроме осколков вылетают также 2–3 свободных нейтрона. При благоприятных условиях они могут попасть в другие ядра урана и вызвать их деление.

Термоядерный синтез. В связи с тем, что между атомными ядрами на расстояниях действуют ядерные силы притяжения, при сближении двух ядер возможно их слияние, т.е. синтез более тяжелого ядра. Чтобы ядра могли преодолеть электростатическое отталкивание и сблизиться, они должны обладать достаточной кинетической энергией. Соответственно проще всего осуществляется синтез легких ядер с малым электрическим зарядом.

В природе реакции синтеза происходят в очень горячем веществе, например в недрах звезд, где при температуре порядка 14 млн градусов (центр Солнца) энергия теплового движения некоторых частиц достаточна для преодоления отталкивания. Ядерный синтез, происходящий в разогретом веществе, называют термоядерным.

Особенность термоядерных реакций как источника энергии – очень большое ее выделение на единицу массы реагирующих веществ – в 10 млн раз больше, чем в химических реакциях. Вступление в синтез 1 г изотопов водорода эквивалентно сгоранию 10 т бензина. В принципе уже сегодня энергию термоядерного синтеза можно получить на Земле. Нагреть вещество до звездных температур можно, используя энергию атомного взрыва. Так устроена водородная бомба, где взрыв ядерного запала приводит к мгновенному нагреву смеси дейтерия с тритием и к последующему термоядерному взрыву. Однако это неуправляемый процесс.

Для осуществления управляемого ядерного синтеза требуется несколько условий. Во-первых, нужно нагреть термоядерное горючее до температуры, когда реакции синтеза могут происходить с заметной вероятностью. Во-вторых, необходимо, чтобы при синтезе выделялось больше энергии, чем ее затрачивается на нагрев вещества. Это возможно при условии хорошей изоляции.

Для осуществления термоядерной реакции наиболее выгодна температура около 100 млн градусов. Что касается времени удержания энергии, т.е. качества изоляции, то в данном случае условие следующее: плазма с плотностью 10^{14} ионов в 1 см^3 должна заметно остывать не быстрее чем за 1 сек.

Удержание плазмы от попадания на теплоизолирующие стенки осуществляется при помощи магнитных полей, направляющих поток частиц по спирали, замкнутой в кольцо. Ввиду того, что плазма состоит из ионов и электронов, магнитное поле имеет на нее прямое влияние. Для нагрева можно использовать ток, протекающий по плазменному

«шнур»». Есть и другие способы нагрева – с помощью высокочастотных электромагнитных волн, пучков быстрых частиц, световых пучков, генерируемых лазерами. Чем больше мощность нагревающего устройства, тем быстрее можно нагреть плазму до требуемой температуры. Последние разработки позволяют это делать за столь малое время, что вещество успевает вступить в реакцию синтеза раньше, чем разлететься из-за теплового движения. Данное направление – инерционный термоядерный синтез в последнее время усиленно развивается.

Вся классическая физика строится, исходя из представления о непрерывной природе пространства, времени, движения, непрерывного характера изменения всех физических величин. Гениальная гипотеза, высказанная Максом Планком в связи с разрешением кризисной ситуации, которая сложилась в физике в конце XIX века при исследовании законов излучения абсолютно черного тела, постулирует, что **вещество не может излучать или поглощать энергию иначе, как конечными порциями (квантами), пропорциональными излучаемой (или поглощаемой) частоте. Энергия одной порции (кванта) $E = h\nu$** , где ν – частота излучения, а h – некоторая универсальная константа, получившая название постоянной Планка или элементарного кванта действия.

Постоянная Планка является универсальной константой, что означает: через нее могут быть выражены любые физические характеристики, которыми обмениваются два объекта, один из которых является микрообъектом.

Классическая физика исходит из коренного различия между понятиями частицы и волны. Открытие Планка не перечеркивало ряд эффектов, в которых свет проявляет свои волновые свойства. Но при этом были открыты явления, свидетельствующие о корпускулярной природе света. Таким образом, заговорили о корпускулярно-волновом дуализме света: в одних ситуациях свет ведет себя как волна, а в других – как поток частиц (фотонов).

Основополагающей в квантовой механике является идея о том, что корпускулярно-волновая двойственность свойств, установленная для света, имеет универсальный характер. В 1924 г. Луи де Бройль распространил идею о двойственной корпускулярно-волновой природе света на все материальные объекты, введя представление о волнах, названных волнами де Бройля. Все частицы, обладающие конечным импульсом P , обладают волновыми свойствами, и их движение сопровождается некоторым волновым процессом.

В разных экспериментальных ситуациях микрообъект ведет себя по-разному: в одних – как частица, а в других – как волна. Этот совершенно неожиданный с точки зрения классической физики результат свидетельствовал о том, что в квантовой физике объект не может быть исследован сам по себе, а исследуется **целостная система**, состоящая из

объекта и тех макроусловий (экспериментальной ситуации), в которой объект находится. В классической физике также подразумевается, что о свойствах объекта мы узнаем благодаря показаниям приборов, используемых в данном эксперименте. Однако здесь считается, что воздействие прибора на объект полностью контролируемо и никак не искажает информацию о характеристиках изучаемого объекта. В квантовой же физике развивается неклассическая стратегия мышления, трансдисциплинарной концепцией которой становится **диалектическая концепция целостности**, согласно которой целое, хотя и состоит из частей, в принципе не может быть на них поделено без утраты специфики как целого, так и его частей.

Неклассическое поведение объектов в микромире требует критического пересмотра самого понятия «частицы», точно локализованной во времени и пространстве. Можно говорить лишь о **вероятности** того, где в данный момент времени находится частица, и это является неизбежным следствием введения в физическую теорию постоянной Планка, представлений о квантовых скачках. Физическая интерпретация «неклассического» поведения микрообъектов была впервые дана Вернером Гейзенбергом, указавшим на необходимость отказа от представлений об объектах микромира, как об объектах, движущихся по строго определенным траекториям, для которых однозначно с полной определенностью могут быть одновременно указаны и координата и импульс частицы в любой заданный момент времени. Надо принять в качестве закона, описывающего движение микрообъектов, тот факт, что знание точной координаты частицы приводит к полной неопределенности ее импульса, и наоборот, точное знание импульса частицы – к полной неопределенности ее координаты. Исходя из созданного им математического аппарата квантовой механики, Гейзенберг установил предельную точность, с которой можно одновременно определить координату и импульс микрочастицы, и получил следующее соотношение неопределенностей этих значений:

$$\Delta X \Delta P_x \geq h,$$

где ΔX – неопределенность в значении координаты; ΔP_x – неопределенность в значении импульса.

Произведение неопределенности в значении координаты на неопределенность в значении соответствующей компоненты импульса не меньше, чем величина порядка постоянной Планка h .

Концепция целостного описания системы «объект – условия его познания» нашла свое отражение в **принципе дополнительности** Бора, согласно которому вся информация о микрообъектах может быть получена с помощью только макроприборов, работающих в определенных диапазонах, позволяющих довести эту информацию, в конечном итоге, до органов чувств познающих субъектов. Макроприборы подчиняются законом классической физики и должны переводить информацию о явлениях в микромире на язык понятий классической физики. Следова-

тельно, любое явление в микромире не может быть проанализировано как само по себе отдельно взятое, а обязательно должно включать в себя взаимодействие с классическим макроскопическим прибором. С помощью конкретного макроскопического прибора мы можем исследовать либо корпускулярные свойства микрообъектов, либо – волновые, но не и те, и другие одновременно. Обе стороны предмета должны рассматриваться как дополнительные друг к другу.

Принципы неопределенности и дополнительности отражают фундаментальную неопределенность явлений природы. Квантовый объект не может быть рассмотрен сам по себе, не обладает индивидуальными свойствами, а находится в классически определенных внешних условиях. Таким образом, в квантовой механике формулируется концепция целостности, отличная от механистической концепции целого и части, ибо объект вне целого и внутри целого не один и тот же; отдельный объект рассматривается лишь в отношении к чему-либо, свои свойства он проявляет лишь по отношению к конкретной целостности, чем и определяется статистическая природа его поведения. Боровская интерпретация квантовой теории означает, по существу, отказ от классических представлений о частицах как «внеположенных», «себестождественных», «индивидуальных». Микрообъект постоянно чувствует на себе влияние целостности, элементом которой он является.

Состояние квантово-механической системы. Различие между закономерностями статистической классической физики и статистическими закономерностями квантовой механики

Понятие состояния в квантовой физике включает в себя характеристики макроскопического окружения, которые говорят об объекте определенным образом для исследования.

Вследствие фундаментальной особенности явлений микромира, математическим выражением которой является соотношение неопределенностей Гейзенберга, фиксирующее наличие у частиц как корпускулярных, так и волновых свойств, в квантовой механике можно говорить лишь о вероятности того или иного значения динамической переменной и о среднем значении динамической переменной, а не об ее определенном числовом значении в данный момент времени. Поэтому классическое описание движения частиц в квантовой механике теряет смысл. Весь анализ явлений микромира проводится на языке понятий классической физики, таких, как волна и частица постольку, поскольку мы не обладаем иными понятиями. Ирония здесь состоит в том, что эти классические понятия отражают свойства объектов микромира неполно и односторонне. В квантовой механике вектором состояния является волновая функция ψ . Великий австрийский физик Эрвин Шрёдингер, проникшись идеей де Бройля о волнах материи, создал теорию, в которой дискретные стационарные состояния энергии уподоблялись стоячим волнам какой-

либо системы. В аппарат квантовой теории прочно вошло в качестве ее основного уравнения – уравнение Шрёдингера относительно волновой функции ψ . Сам Шрёдингер интерпретировал ψ -функцию как реальный волновой процесс в пространстве и во времени, который, в конечном счете, должен приводить к отрицанию дискретных состояний и квантовых скачков. Однако дальнейшее развитие теории показало неадекватность подобных представлений, и волновая функция ψ стала интерпретироваться как волна вероятности, а квадрат ее модуля – как мера вероятности обладания микрообъектом определенной координаты или в другой, дополнительной к первой, физической ситуации – определенного импульса. Итак, волновая функция получила статус волны вероятности, чем еще раз подчеркивается статистический, вероятностный характер поведения микрообъектов. Казалось бы, что о причинно-следственном описании движения объектов следует забыть. Однако это не так. Уравнение Шрёдингера описывает эволюции ψ -функции с течением времени, является детерминированным и обратимым. Детерминированность и обратимость уравнения Шрёдингера определяют ситуацию в квантовой механике, аналогичную ситуации в классической механике, однако, квантовая механика обладает важным отличием, состоящим в том, что в квантовой теории предсказуемы только вероятности, а не отдельные события. Волновая функция представляет собой, полную характеристику состояния: зная волновую функцию ψ , можно вычислить вероятность обнаружения определенного значения физической величины и средние значения физических величин. Существует важное различие между описанием состояния в статистической физике и в квантовой механике. Статистические закономерности в классической физике являются результатом взаимодействия большого числа частиц, поведение каждой из которых описывается законами классической механики. Если система состоит из малого числа частиц, то статистические закономерности перестают действовать, соответствующие статистические понятия теряют смысл. В квантовой же механике, согласно экспериментам, статистические закономерности отражают свойства каждой отдельной микрочастицы

4.13. Релятивистская квантовая физика.

Античастицы и виртуальные частицы

В 1927 г. английский физик Поль Дирак, рассматривая уравнение Шрёдингера, обратил внимание на его нерелятивистский характер. При этом квантовая механика описывает объекты микромира, и хотя к 1927 г. их было известно только три: электрон, протон и фотон (даже нейтрон был экспериментально обнаружен только в 1932 г.), было ясно, что движутся они со скоростями, весьма близкими к скорости света или равными ей, и более адекватное описание их поведения требует применения

специальной теории относительности. Дирак составил уравнение, которое описывало движение электрона с учетом законов и квантовой механики, и теории относительности Эйнштейна, и получил формулу для энергии электрона, которой удовлетворяли два решения: одно решение давало известный электрон с положительной энергией, другое – неизвестный электрон-двойник, но с отрицательной энергией. Так возникло представление о частицах и соответствующих им античастицах, о мирах и антимирах. К этому же времени была разработана квантовая электродинамика. Суть ее состоит в том, что поле более не рассматривается как континуалистская непрерывная среда. Дирак применил к теории электромагнитного поля правила квантования, в результате чего получил дискретные значения поля. Обнаружение античастиц углубило представление о поле. Считалось, что электромагнитного поля нет, если нет квантов этого поля – фотонов. Следовательно, в этой области пространства должна быть пустота. Ведь специальная теория относительности «изгнала» из теории эфир, можно сказать, что победила точка зрения о вакууме, о пустоте. Но пуст ли вакуум, – вот вопрос, который вновь возник в связи с открытием Дирака. Сейчас хорошо известны эффекты, доказывающие, что вакуум пуст только в среднем. В нем постоянно рождается и исчезает огромное количество виртуальных частиц и античастиц. Даже если мы измеряем заряд электрона, то, как оказалось, голый заряд электрона равнялся бы бесконечности. Мы же измеряем заряд электрона в «шубе» окружающих его виртуальных частиц.

Собственно представление о вакууме как непрерывной активности содержащихся в нем виртуальных частиц содержится в принципе неопределенности Гейзенберга. Принцип неопределенности Гейзенберга имеет, кроме приведенного выше, еще и такое выражение: $\Delta E \times \Delta t \geq h$. Согласно этому, квантовые эффекты могут на время нарушать закон сохранения энергии. В течение короткого времени Δt энергия, взятая как бы «взаймы», может расходоваться на рождение короткоживущих частиц, исчезающих при возвращении «займа» энергии. Это и есть виртуальные частицы. Возникая из «ничего», они снова возвращаются в «ничто». Так что вакуум в физике оказывается не пустым, а представляет собой море рождающихся и тут же гаснущих всплесков.

4.14. Физический вакуум в квантовой теории поля

Квантовая теория поля является ядром всей современной физики, представляет собой общий подход ко всем известным типам взаимодействий. Одним из важнейших результатов ее является представление о вакууме, но уже не пустом, а насыщенным всевозможными флуктуациями всевозможных полей. Вакуум в квантовой теории поля определяется как наинизшее энергетическое состояние квантованного поля, энергия кото-

рого равна нулю только в среднем. Так что вакуум – это «Нечто» по имени «Ничто».

Релятивистская квантовая теория поля, которая началась работами Дирака, Паули, Гейзенберга в конце двадцатых годов нашего столетия, была продолжена в трудах Фейнмана, Томонаги, Швингера и других ученых, давая все более полное представление о физической неразложимости мира, о несведении его к отдельным элементам. Здесь принцип целостности находит свое содержание в рассмотрении взаимодействия микрообъектов с определенным состоянием физического вакуума. Именно в этом взаимодействии все элементарные частицы обнаруживают свои свойства. Вакуум рассматривается как объект физического мира, выражающий как раз момент его физической неразложимости.

Создание квантово-полевой исследовательской программы полностью изменило наши представления о мире, наш подход к структуре физических законов. В итоге создана новая квантово-механическая картина мира, выработан новый стиль мышления ученых, новый тип научной рациональности, называемый неклассическим, в котором есть место случайности, вероятности, целостности.

Концепции, лежащие в основе построения современной физической исследовательской программы – теории Суперобъединения (единой теории поля).

Основополагающей идеей построения современной физической исследовательской программы является концепция целостности, в рамках которой в качестве фундаментальной физической реальности рассматривается неделимая взаимосвязанная целостная Вселенная, а относительно независимо ведущие себя ее части как просто особые и случайные формы. Таким образом, именно Вселенная в целом становится предметом исследования современной теоретической физики. Здесь задачи физики элементарных проблем пересекаются с космологическими проблемами, и оба эти течения полноводной рекой вливаются в общую картину построения мира. Все качественное многообразие мира – различие типов взаимодействий, различие между частицами вещества и квантами полей, существование конкретных элементарных частиц с их характеристиками и свойствами – все это предстает в рамках этой программы как моменты в ходе эволюции Вселенной. Признание определяющей роли целого по отношению к его частям составляет существо диалектической методологии в познании и является содержательной стороной нового постнеклассического подхода к анализу сложных систем, именуемого **синергетикой**.

В рамках такого целостного подхода новое методологическое значение получает **физический вакуум**, предстающий как основной объект физической теории, как прародитель известного нам мира. Анализ со-

стояния дел в современной физике позволяет рассматривать его в качестве **исходной абстракции** в теории.

Исходя из представлений о суперсимметричном состоянии исходного вакуума нашей Вселенной, весь последующий процесс эволюции Вселенной рассматривается как сменяющие друг друга этапы, содержащие критические точки – моменты нарушения симметрии, приводящие в конечном счете к физическому многообразию мира.

Таким образом, **концепция целостности** содержит в себе **концепцию развития, самодвижения, самоорганизации**, выраженных через призму взаимоотношения категорий **симметрии и асимметрии**, ибо важнейшим признаком развития является асимметричность тех изменений, из которых процесс развития складывается. Это на повестку дня выдвигает вопрос об **историзме** физических объектов, проявляющих свою определенность в некоторые исторические моменты в ходе самодвижения целого, – в моменты спонтанного нарушения симметрии исходного вакуума. При этом вакуум играет роль макрообстановки, макроусловий, по отношению к которому элементарные частицы проявляют свои свойства – спины, массы, заряды и т.д.

ЛЕКЦИЯ 5

МЕСТО И РОЛЬ ХИМИИ В СОВРЕМЕННОЙ ЦИВИЛИЗАЦИИ

На протяжении длительного развития человечество не раз сталкивалось с большим числом проблем, от которых нередко зависело само его существование. Чтобы выжить, наш предок научился изготавливать и использовать простейшие орудия труда, чем компенсировал свои природные недостатки. В дальнейшем первобытный человек, оказавшись перед проблемой обеспечения пищей, освоил охоту, затем земледелие и скотоводство. Освоение все более сложных орудий и предметов труда вызвало энергетическую проблему, потребовало перехода от естественных источников энергии к более совершенным. Энергетическая проблема последовательно привела человека к освоению энергии пара, тепловой, электрической энергии, и, наконец, энергии атома.

Необходимость повышения производительности труда и эффективности производства, роста темпов добычи и переработки громадного объема минеральных ресурсов, наряду с необходимостью решения многих жизненно важных проблем, вызвали к жизни использование химической технологии, всеобщую химизацию, а затем компьютеризацию об-

публичного производства и быта. Успехи человека в решении больших и малых проблем выживания в значительной мере были достигнуты благодаря развитию химии, становлению различных химических технологий. Успехи многих отраслей человеческой деятельности, таких, как энергетика, металлургия, машиностроение, легкая и пищевая промышленность и других, во многом зависят от состояния и развития химии. Огромное значение химия имеет для успешной работы сельскохозяйственного производства, фармацевтической промышленности, обеспечения быта человека.

Химическая промышленность производит десятки тысяч наименований продуктов, многие из которых по технологическим и экономическим характеристикам успешно конкурируют с традиционными материалами, а часть – является уникальной по своим параметрам. Химия дает материалы с заранее заданными свойствами, в том числе и такими, которые не встречаются в природе. Подобные материалы позволяют проводить технологические процессы с большими скоростями, температурами, давлениями, в условиях агрессивных сред. Для промышленности химия поставляет такие продукты, как кислоты и щелочи, краски, синтетические волокна и т.п. Для сельского хозяйства химическая промышленность выпускает минеральные удобрения, средства защиты от вредителей, химические добавки и консерванты к кормам для животных. Для домашнего хозяйства и быта химия поставляет моющие средства, краски, аэрозоли и другие продукты.

Химия характерна не только тем, что обеспечивает производство многих необходимых продуктов, материалов, лекарств. Во многих отраслях промышленности широко используются также **химические методы** обработки: белиение, крашение, печатание в текстильной промышленности; обезжиривание, травление, цианирование в машиностроении; кислородное дутье в металлургии; консервация, синтезирование витаминов и аминокислот – в пищевой и фармацевтической промышленности и т.д. Внедрение химических методов ведет к интенсификации технологических процессов, увеличению выхода полезного вещества, снижению отходов, повышению качества.

Таким образом, химизация, как процесс внедрения химических методов в общественное производство и быт, позволила человеку решить многие технические, экономические и социальные проблемы. Однако масштабность, а нередко и неуправляемость этого процесса обернулась «второй стороной медали». Химия прямо или опосредованно затронула практически все компоненты окружающей среды: сушу, атмосферу, воду Мирового океана – внедрилась в природные круговороты веществ. В результате этого нарушилось сложившееся в течение миллионов лет **равновесие природных процессов** на планете, химизация стала заметно отражаться на здоровье самого человека. Получилась ситуация, которую ученые обоснованно именуют химической войной против населения

Земли. За последние 30–40 лет в этой войне пострадали сотни миллионов жителей планеты. Возникла в связи с этим самостоятельная ветвь экологической науки – **химическая экология**.

Основными источниками, загрязняющими окружающую среду, кроме собственно химической промышленности, являются металлургия, автомобильный транспорт, тепловые электростанции. Они дают большой объем газообразных отходов, загрязняют водоемы рек и озер сточными водами, используемыми в технологических целях. Газообразные отходы содержат оксиды углерода, серы, азота, соединения свинца, ртути, бензопирен, сероводород и другие вредные вещества. В связи со сжиганием топлива в больших объемах возникла проблема снижения концентрации кислорода и озона в атмосфере, получившая название «кислородного голодания».

К твердым отходам относятся отходы горнодобывающей промышленности, строительный и бытовой мусор. Сточные воды содержат многие неорганические соединения: ионы ртути, цинка, кадмия, меди, никеля и т.д. Пятая часть вод Мирового океана загрязнена нефтью и нефтепродуктами. Значительный ущерб водоемам вследствие вымывания удобрений из почвы наносят загрязнения, связанные с сельскохозяйственным производством. Вредные вещества из воздуха и воды попадают в почву, в которой накапливаются тяжелые металлы, радиоактивные элементы.

В организм человека вредные вещества попадают через воздух, воду и пищу. Таким образом, человечество, пройдя ряд этапов развития – от огня до термоядерной бомбы – в начале XXI века оказалось в условиях, когда в очередной раз встал вопрос о его выживании. Угроза экологической катастрофы требует решительного пересмотра отношений современной «химической» цивилизации и природы в сторону оптимизаций этих отношений. Задача заключается в том, чтобы через новые технологии гармонизировать отношения «общество – природа» таким образом, чтобы компенсаторных возможностей окружающей среды было достаточно для нейтрализации антропогенных воздействий на нее.

Новые технологии по своим параметрам должны приближаться к природным процессам, отличаться от промышленных своей безотходностью или малоотходностью. В настоящее время наметились следующие пути решения сложных экологических проблем: комплексная переработка сырья; пересмотр традиционных процессов и схем получения известных продуктов; внедрение бессточных и замкнутых схем водопотребления; очистка выбрасываемых газов; использование промышленных комплексов с замкнутой структурой материальных и энергетических потоков. Проблема выживания человека в настоящее время оказалась усложненной проблемами геополитического, социального и чисто технического характера. Решение последних затруднено ввиду потребительского характера сложившейся цивилизации и эгоцентризма индустриально развитых стран. Однако, опираясь на идеи В.И. Вернадского о перерас-

тании биосферы в ноосферу, можно говорить о неслучайности появления человека на Земле, о его предназначении в кризисной ситуации сыграть роль спасителя природы.

Экологические проблемы порождены не только экономикой и техникой, но и **нравственным состоянием человека**. Вопрос состоит не только в том, чтобы остановить процесс разрушения природы техническими средствами. Вопрос состоит в том, чтобы в корне изменить **потребительское отношение человека к окружающему миру**. Из сказанного вытекает, что место и роль химии в современной цивилизации должны рассматриваться системно, т.е. во всем многообразии отношений, существующих между обществом и природной средой в рамках критерия экологической безопасности. При этом неизбежно рассмотрение химии как активного элемента сложной системы «общество–природа», представляющего собой открытую систему со своей структурой и взаимодействием между веществом, энергией и информацией.

5.1. Фундаментальные основы современной химии

На определенном этапе эволюции Вселенной в ней реализуются условия, допускающие формирование атомов вещества. Определенный набор атомов способен образовать новую систему – молекулу. **Организация материи на атомно-молекулярном уровне приводит к появлению новых свойств материи – к возможности существования множества веществ с громадным разнообразием свойств.**

Наукой, исследующей закономерности, проявляющиеся на атомно-молекулярном уровне организации материи, является *химия*. Задача химии состоит в изучении строения молекул и процессов изменения этого строения в результате их взаимодействия.

Фундаментальными основами химии стали квантовая механика, атомная физика, термодинамика, статистическая физика, а также физическая кинетика. На основе физики построена теоретическая химия. Из этого не следует, что химия не существует как самостоятельная наука: **химия «выводится» из физики, но не сводится к ней.**

На химическом уровне мы имеем дело с очень большим числом частиц, участвующих в квантово-механических процессах обмена электронами (**химических реакциях**). Это обуславливает макроскопичность проявления законов квантовой физики в химических процессах. Базовое понятие химии – **валентность** – это макроскопическое, химическое отображение квантово-механических взаимодействий.

Эмпирическая химическая формула соединения показывает, какие элементы и в каком соотношении входят в состав химического соединения. Эмпирическая формула устанавливается опытным путем. На основе эмпирической формулы некоторого вещества может быть найде-

на его **молекулярная формула**. В химии выработаны правила определения молекулярной формулы. Молекулярные формулы позволяют отобразить химические превращения. Для этого используются *химические уравнения*, которые являются эффективным и простым способом описания химических процессов. Методика составления уравнений химических реакций с учетом характера конкретных веществ и взаимодействий хорошо разработана современной химией.

Результаты химического взаимодействия могут быть вычислены с помощью методов физики. Однако даже в простых случаях эти расчеты были бы чрезвычайно сложны. На основе методов, выработанных в химии, используя для описания вещества и его превращения язык химических формул и уравнений, химик решает эти проблемы намного проще и быстрее.

Благодаря тому, что химии удалось выработать свой собственный язык, свое феноменологическое описание свойств веществ и химических превращений, она стала великой наукой задолго до того, как квантовая механика вскрыла сущность химических явлений.

Язык химии разнообразен: он содержит возможности отображения особенностей химических реакций и различных свойств веществ. Например, **структурные формулы** показывают последовательность и пространственный порядок соединения атомов в молекулах.

Таким образом, **атомно-молекулярный уровень организации материи, чрезвычайно сложно описываемый на фундаментальном уровне, на уровне квантовой механики, потребовал выработки своего химического языка**. Сегодня физика, составляющая ядро теоретической химии, служит базой дальнейшего развития этой науки. **Развитие современной химии, ее основные концепции оказались тесно связанными не только с физикой, но и с другими естественными науками, особенно с биологией.**

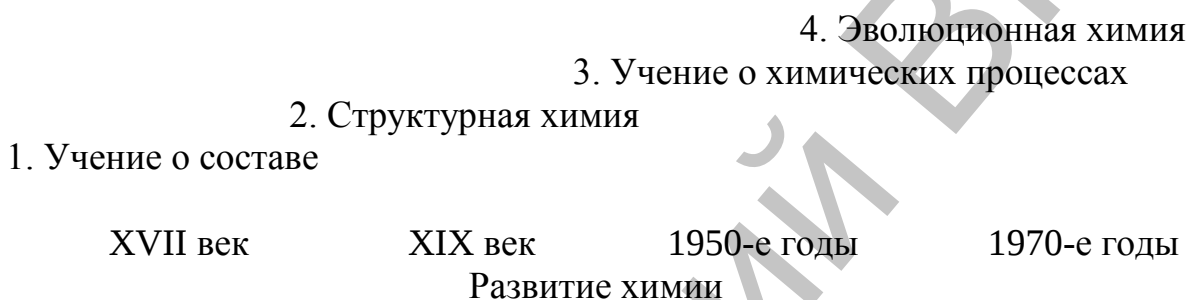
5.2. Особенность и двуединая задача современной химии

Как и другие составляющие естествознания, химия имеет многочисленные практические приложения. Однако еще Д.И. Менделеевым было обращено внимание на существенную особенность этой науки: **химия в значительной мере сама создает свой объект изучения**. Самые разнообразные исследования в ней направлены на раскрытие закономерностей химических превращений, которые реализованы искусственно, на получение и изучение веществ, большинство из которых в природе не встречается. Химия как наука теснейшим образом связана с химией как производством. Д.И. Менделеев рассматривал химические заводы как лаборатории больших размеров. Основная цель современной химии, вокруг которой строится вся исследовательская работа, заключается в получении веществ с заданными свойствами. Это и определяет содержание

двуединой центральной задачи химии: исследование генезиса (то есть происхождения) свойств веществ и разработка на этой основе методов получения веществ с заранее заданными свойствами.

Концептуальные уровни современной химии

По мере развития химии до ее современного уровня в ней сложились **четыре совокупности подходов к решению основной задачи. Развитие этих подходов обусловило формирование четырех концептуальных систем химических знаний.** Для их представления воспользуемся наглядной схемой:



Концептуальные подходы к решению основной проблемы химии, показанные на схеме, появлялись последовательно.

Первоначально свойства веществ связывались исключительно с их составом (в этом суть **учения о составе**). На этом уровне развития содержание химии исчерпывалось ее традиционным, менделеевским определением – как науки о химических элементах и их соединениях.

Далее учение о составе было дополнено концепцией **структурной химии**. Структурная концепция объединяет теоретические представления в химии, устанавливающие связь свойств веществ не только с составом, но и со структурой молекул. В рамках этого подхода возникло понятие **«реакционная способность»**, включающая представление о химической активности отдельных фрагментов молекулы – отдельных ее атомов (и даже отдельных химических связей) или целых атомных групп. Структурная концепция позволила превратить химию из преимущественно аналитической науки в науку синтетическую. Этот подход позволил в конечном итоге создать промышленные технологии синтеза многих органических веществ.

Затем было развито **учение о химических процессах**. В рамках этой концепции с помощью методов физической кинетики и термодинамики были выявлены факторы, влияющие на направленность и скорость протекания химических превращений и на их результат. Химия вскрыла механизмы управления реакциями и предложила способы изменения свойств получаемых веществ.

Последний этап концептуального развития химии связан с использованием в ней некоторых принципов, реализованных в химизме живой природы. В рамках эволюционной химии осуществляется поиск таких условий, при которых в процессе химических превращений идет самосовершенствование катализаторов реакций. По существу речь идет об изучении и применении *самоорганизации* химических систем, происходящих в клетках живых организмов.

Каждая новая концептуальная ступень в развитии химии, означает не отрицание подходов, использовавшихся ранее, а опору на них как на основание. Все показанные на схеме концептуальные системы используются не порознь, а во взаимосвязи. Последовательное дополнение химии названными концептуальными системами составляет логику развития этой науки.

Термин «концептуальная система», а не «концепция» использован в приведенных выше рассуждениях не случайно. Причина этого заключается в том, что на каждой ступени рассмотренной «лесенки» развития химии, в свою очередь, были использованы различные научные идеи для решения конкретных проблем. Примером тому служит выдающееся открытие в области химии, сделанное на пути решения одной из исходных проблем химии – проблемы химического элемента.

5.3. Понятия «химический элемент» и «химическое соединение» с точки зрения современности

Исходным в учении о составе является вопрос: «Что считать химическим элементом – элементарным, неразложимым «кирпичиком» вещества? Отправной точкой решения этой проблемы стало формулирование Д.И. Менделеевым знаменитого Периодического закона. В основу систематизации свойств химических элементов Менделеевым была положена идея зависимости свойств элемента от атомной массы. Он доказал, что признаком элемента является не экспериментально устанавливаемая неразложимость данного вещества (как считалось ранее), а место в периодической системе, определяемое атомной массой. Позднее, в связи с успехами квантовой теории, физика помогла составить представление об атоме элемента как о сложной квантово-механической системе. Место элемента получило новый смысл, оказавшись обусловленным зарядом ядра атома (Z). На этой основе были выяснены особенности строения электронных орбит всех элементов и раскрыт физический смысл Периодического закона. **Химический элемент – это вид атомов с одинаковым зарядом ядра, то есть совокупность изотопов.** Под это современное определение попадают как отдельные атомы, так и находящиеся в химической связи с другими атомами.

Со времен Д.И. Менделеева было известно 62 элемента. В 1930-е годы система элементов заканчивалась ураном ($Z = 92$). С начала 1940-х годов таблица Менделеева пополнялась принципиально новым путем – путем физического синтеза. До середины 50-х годов было синтезировано 9 элементов. Элемент под номером 101 был назван «менделеевий». В последующие годы синтез ядер новых элементов продолжался, но ядра с номером от 102 и далее оказались крайне неустойчивыми. Самый тяжелый из известных на сегодняшний день элементов (порядковый номер 112) был получен при слиянии ядра цинка с ядром свинца. Его время жизни измеряется тысячными долями секунды. Однако, по оценкам физиков, в ряду тяжелых ядер могут существовать «островки стабильности» элементов при $Z = 126$, 164 и даже 184.

В физически доступном слое Земли всего восемь химических элементов представлены в значительном количестве. Это кислород 47,0%, кремний 27,5%, алюминий 8,8%, железо 4,6%, кальций 3,6%, натрий 2,6%, калий 2,5% и магний 2,1%.

Практически все элементы проявляются в земных условиях в составе тех или иных химических систем – химических соединений. В настоящее время известно более восьми миллионов соединений. Из них абсолютное большинство (около 96%) – органических.

Какие из многокомпонентных тел следует отнести к химическому соединению, а что считать простыми смесями?

Проблема химического соединения традиционно решалась с позиций атомистической концепции. В начале XIX в. английский химик Дж. Дальтон обосновал **закон постоянства состава**, отражающий неизменное соотношение компонентов данного вещества. Долгое время не допускалось отклонения от этого закона. Однако уже современник Дальтона французский химик К. Бертолле указывал на возможность существования соединений переменного состава в форме растворов и расплавов. Впоследствии были найдены доказательства существования химических соединений переменного состава.

Суть проблемы химического соединения, как оказалось, состоит не столько в постоянстве или непостоянстве химического состава, сколько в физической природе сил, объединяющих атомы в молекулу. Эти силы символизируются химическими связями. В общем случае химсвязи обусловлены проявлением волновых свойств валентных электронов: перекрытием электронных облаков, обобществлением электронов. **В результате выяснения физической сущности химической связи понятие молекулы претерпело изменение.** Теперь в категорию молекулы вошли и такие квантово-механические системы, как монокристаллы, а также полимеры, образованные за счет водородных связей. Но это уже макроскопические молекулы (**макромолекулы**). Прежде к макромолекулам относили только гигантские органические молекулы (полимеры), имею-

щие молекулярную массу порядка 10⁶, построенные из многих повторяющихся частей – более простых органических систем (мономеров).

В соответствии с современной точкой зрения, **химическое соединение** – это вещество, атомы которого за счет химических связей объединены в молекулы, комплексы, макромолекулы, монокристаллы или иные квантово-механические системы. В настоящее время состав любого вещества в строго математическом смысле **переменен**. Ясно, что классификация некоторого конкретного вещества целиком зависит от точности методов определения состава.

Современное содержание понятия «химическое соединение» сопряжено с новыми направлениями в химии. Появилась, например, **химия твердого тела**. Отдельную область химических соединений непостоянного состава образовали так называемые поверхностные соединения, которыми стала заниматься **химия поверхности**.

Таким образом, проблема химического соединения, так же как и проблема химического элемента, решена в современной химии на основе представлений квантовой физики.

5.4. Учение о химических процессах

Способность к взаимодействию различных химических реагентов определяется не только их атомарно-молекулярной структурой, но и условиями протекания химических реакций. К ним относятся термодинамические факторы (температура, давление и др.) и кинетические факторы (все, что связано с переносом веществ, образованием их промежуточных форм). Их влияние на химические реакции раскрывается на концептуальном уровне химии, который обобщенно называют **учением о химических процессах**.

Учение о химических процессах является областью глубокого взаимопроникновения физики, химии и биологии. Действительно, в основе этого учения находятся химическая термодинамика и кинетика, которые в равной степени относятся и к химии, и к физике. А живая клетка, исследуемая биологической наукой, представляет собой в то же время микроскопический химический реактор, в котором происходят превращения, изучаемые химией, и многие из которых химия пытается реализовать в макроскопическом масштабе. Таким образом, **изучая условия протекания и закономерности химических процессов, человек вскрывает глубокую связь, существующую между физическими, химическими и биологическими явлениями и одновременно перенимает у живой природы опыт, необходимый ему для получения новых веществ и материалов.**

Большинство современных химических технологий реализуется с использованием катализаторов – веществ, которые увеличивают скорость реакции, не расходуясь в ней.

В современной химии получило развитие также направление, принципом которого является **энергетическая активация** реагента (то есть подача энергии извне) до состояния полного разрыва исходных связей. В данном случае речь идет о больших энергиях. Это так называемая *химия экстремальных состояний*, использующая высокие температуры, большие давления, излучение с большой величиной энергии кванта (ультрафиолетовое, рентгеновское, гамма-излучение). К этой области относятся *плазмохимия* (химия на основе плазменного состояния реагентов), а также технологии, в которых активация процесса достигается за счет направленных электронных или ионных пучков (*ионные технологии*).

Химия экстремальных состояний позволяет получать вещества и материалы, уникальные по своим свойствам: композитные материалы, высокотемпературные сплавы и металлические порошки, нитриды, силициды и карбиды тугоплавких металлов, разнообразные по своим свойствам покрытия. Примером могут служить сверхпрочные покрытия из нитрида титана, наносимые на металлообрабатывающий инструмент для многократного увеличения срока его эксплуатации. Интересно, что «золотой» блеск и высокая коррозионная стойкость пленок нитрида титана позволили с успехом применить технологию его нанесения при изготовлении кровли куполов церквей взамен традиционной и дорогой технологии золочения.

Эффективность технологий на основе химии экстремальных состояний очень высока. Характерным для них является энергосбережение при высокой производительности, высокая автоматизация и простота управления технологическими процессами, небольшие размеры технологических установок.

5.5. Эволюционная концепция в химии

Природа в процессе эволюции живых организмов создала своеобразные химические технологии необычайной эффективности. При изучении химизма живой природы биохимией и молекулярной биологией было установлено, что состав и структура биополимерных молекул представляют собой единый набор для всех живых существ, вполне доступный для исследования физическими и химическими методами. С другой стороны, было установлено, что в живых системах осуществляются такие типы химических превращений, какие никогда не обнаруживались в живом мире.

Важнейшее значение в современной химии придается проблеме поиска эффективных катализаторов для множества процессов химической технологии. Между тем, давно уже было установлено, что основой *химии живого* являются каталитические химические реакции, т.е. *био-*

катализ. Химизм живой природы являлся идеалом для исследователей. **«Подражание живой природе есть химизм будущего!»** Этот девиз, высказанный академиком А.Е. Арбузовым в 1930 г., является целеполагающей идеей развития **эволюционной концепции** в химии.

Интенсивные исследования последнего времени направлены на выяснение механизмов химических превращений, присущих живой материи. Химиков-органиков интересуют перспективы синтеза сложных веществ, аналогов органических соединений, образующихся в живых организмах; биологов – вещественная и функциональная основы жизнедеятельности; исследователи-медики пытаются выяснить биохимические границы между нормой и патологией в организме. Объединяет все эти работы концептуальное представление о ведущей роли ферментов, биорегуляторов в процессе жизнедеятельности. Эта идея, предложенная великим французским естествоиспытателем Луи Пастером в XIX в., остается основополагающей и сегодня.

Изучив принципы, заложенные эволюцией в химизм живой природы, можно использовать их для развития химической науки и технологии. Чрезвычайно плодотворным с этой точки зрения является исследование ферментов и раскрытие тонких механизмов их действия. **Ферменты – это белковые молекулы, синтезируемые живыми клетками. В каждой клетке имеются сотни различных ферментов. С их помощью осуществляются многочисленные химические реакции, которые благодаря каталитическому действию ферментов могут идти с большой скоростью при температурах, подходящих для данного организма, то есть в пределах примерно от 5 до 40°C. (Чтобы эти реакции протекали вне организма, потребовалась бы их активация за счет высокой температуры или иных факторов активации. Для живой клетки такие условия означали бы гибель.) Следовательно, ферменты можно определить как биологические катализаторы.** Биокатализаторы обладают высокой селективностью (избирательностью) – один фермент катализирует обычно только одну реакцию. По принципу биокатализаторов будут созданы искусственные катализаторы.

Биокатализ нельзя отделить от проблемы **биогенеза** (происхождения жизни), какой бы трудной она ни являлась. Задача изучения и освоения всего многообразия каталитических процессов в живой природе – это пролог эволюционной химии. Уже обозначены основные подходы к освоению каталитического опыта живой природы.

Проблемы моделирования биокатализаторов показали необходимость детального изучения **химической эволюции**, то есть установления закономерностей самопроизвольного (без участия человека) синтеза новых химических соединений, являющихся к тому же более высокоорганизованными продуктами по сравнению с исходными веществами. В 1960-х гг. было обнаружено явление самосовершенство-

вания катализаторов в ходе реакции (тогда как обычно катализаторы в процессе их работы дезактивировались, ухудшались и выбрасывались). Речь идет о проявлении самоорганизации в химическом процессе. Здесь понятие «самоорганизация» означает такое изменяющееся состояние химической системы, которому присущи все более высокие уровни сложности и упорядоченности. Проблема биологической самоорганизации (и биологической эволюции) оказывается самым непосредственным образом связана с проблемой химической самоорганизации (и химической эволюции). **Одна из задач химии, а именно самого новейшего ее направления – эволюционной химии, понять, как из неорганической материи возникает жизнь. Поэтому эволюционную химию можно назвать «предбиологией».**

5.6. Сущность химической эволюции

Картина хемогенеза отчетливо свидетельствует о своеобразном **химическом «естественном отборе»** веществ. Как уже отмечалось выше, на сегодняшний день известны 112 химических элементов, однако основу живых систем составляют только 6 из них, которые в связи с этим обстоятельством получили название **органогенов**. Это углерод (C), водород (H), кислород (O), азот (N), фосфор (P) и сера (S). Их общая весовая доля в живой материи составляет 97,4%. Еще 12 элементов (Na, K, Ca, Mg, Fe, Si, Al, Cl, Cu, Zn, Co, Mn) составляют примерно 1,6%. Остальные слабо представлены в живой материи, то есть **к участию в живой материи природа отобрала ограниченный набор элементов**. К настоящему моменту науке известно всего около 8000000 химических соединений. Из них подавляющее большинство (около 96%) – это органические соединения, основной «строительный материал» которых – перечисленные выше элементы. Из остальных химических элементов природа создала лишь около 300 000 неорганических соединений.

Резкая диспропорция между громадным множеством органических соединений и малым количеством составляющих их элементов, а также факт принадлежности этих же элементов к органогенам, нельзя объяснить на основе различной распространенности элементов. На Земле наиболее распространены кислород, кремний, алюминий, железо, тогда как углерод занимает лишь 16-е место. Совместная же весовая доля важнейших органогенов (C, N, P, S) в поверхностных слоях Земли всего около 0,24%. Следовательно, **геохимические условия не сыграли сколько-нибудь существенной роли в отборе химических элементов при формировании органических систем, а тем более биосистем.**

Тогда возникает вопрос: по каким признакам химическая эволюция отобрала малую часть элементов в число органогенов? С химической точки зрения видны признаки, по которым происходил этот «естествен-

ный отбор» элементов. Это, во-первых, *способность образовывать достаточно прочные, энергоемкие химические связи*. Во-вторых, *образуемые связи должны быть достаточно лабильными, т.е. изменчивыми, перестраиваемыми*.

Именно поэтому углерод был отобран эволюцией как органоген № 1. Он в полной мере отвечает перечисленным выше требованиям. Атом углерода образует почти все типы химических связей, какие знает химия, с самыми разными значениями энергии связи. Он образует углерод-углеродные связи, строя таким путем длинные и стабильные углеродные скелеты молекул в виде цепей и (или) колец. Углеродные атомы образуют связи с остальными элементами-органогенами (Y, N, O, P и S). Соединение с этими и другими элементами в различных комбинациях обеспечивает колоссальное разнообразие органических соединений, Оно проявляется в размерах, форме молекул и их химических свойствах.

Кислород и водород нельзя считать столь же лабильными, как углерод; их, скорее, следует рассматривать в качестве носителей крайних и односторонних свойств – окислительных и восстановительных. Лабильные атомы серы, фосфора и железа имеют большое значение в биохимии, в то время как стабильные – кремний, алюминий, натрий, составляющие несравненно большую часть земной коры, играют второстепенную роль.

Подобно тому, как из всех химических элементов только 6 органо-генов, да еще 10–15 других элементов отобраны природой в основу биосистем, так же и в предбиологической эволюции шел отбор и *химических соединений*. Из миллионов органических соединений в построении живого участвуют лишь несколько сотен; из 100 известных аминокислот в состав белка входит только 20.

Каким образом из минимума химических соединений образовался самый сложный высокоорганизованный комплекс – биосистема? Химикам важно это понять для того, чтобы научиться у природы создавать технологии синтеза сложных соединений из самого простого сырья. В связи с этой проблемой уже могут быть сделаны следующие предварительные выводы.

1. На ранних стадиях химической эволюции мира катализ отсутствует. Высокие температуры и радиация обеспечивают энергию, необходимую для активации любых химических взаимодействий.

2. Первые проявления катализа возникают при смягчении условия (температура менее 5000 К). Роль катализаторов возрастала по мере того, как физические условия становились все менее экстремальными. Но общее значение катализа вплоть до образования достаточно сложных органических молекул еще не могло быть высоким.

3. После достижения некоторого минимального набора неорганических и органических соединений роль катализа начала резко возрастать. Отбор активных соединений происходил в природе из тех продук-

тов, которые получались относительно большим числом химических путей и обладали широким каталитическим спектром.

4. В ходе дальнейшей эволюции отбирались те структуры, которые способствовали резкому повышению активности и селективности действия каталитических групп.

5. Следующим фрагментом эволюции, сшивающим химическую и биологическую линию эволюции, являются развитые полимерные структуры типа РНК и ДНК, выполняющие роль каталитических матриц, на которых осуществляется воспроизведение себе подобных структур.

Теория саморазвития элементарных *открытых* каталитических систем, выдвинутая в 1964 г. А.П. Руденко, по существу представляет собой единую теорию хемо- и биогенеза. Она решает в комплексе вопросы о движущих силах и механизме эволюционного процесса, то есть о законах химической эволюции, об отборе элементов и структур, о сложности химической организации и иерархии химических систем как следствия эволюции. Сущность этой теории состоит в том, что **химическая эволюция представляет собой саморазвитие каталитических систем, и следовательно, эволюционирующим веществом являются катализаторы.**

Эта теория является в настоящее время основанием эволюционной концепции в химии. Одно из важнейших следствий этой теории – **установление пределов химической эволюции и перехода от хомогенеза к биогенезу.**

Таким образом, эволюционная **химия совместно** с другими естественными науками, постепенно подступает к расшифровке механизма предбиологической эволюции и зарождения живого, а вместе с этим – и к созданию новейших технологий на принципах, позаимствованных у живой природы.

5.7. Превращение органических и неорганических соединений

Органические соединения. К настоящему времени выделено много новых природных соединений: алкалоидов и терпенов из растений, антибиотиков из микроорганизмов и грибов, пептидов и полинуклеотидов из организмов животных и человека. Основная задача физической органической химии – установление связи между физическими, прежде всего спектральными, химическими свойствами органических соединений и их молекулярной структурой. Не менее важная задача заключается в выяснении строения промежуточных продуктов и установлении влияния растворителя, катализатора, температуры и т.п. на механизм реакции.

Синтез новых органических веществ позволяет получить полезные и ценные материалы, отсутствующие в природе. Например, ежегодно в мире синтезируют тысячи килограммов аскорбиновой кислоты (витами-

на С). Несколько десятилетий назад стратегия синтеза основывалась на последовательном осуществлении уже известных химических реакций. С пониманием глубинных процессов механизма реакций появилась возможность реализации новых способов синтеза. В качестве примера можно назвать твердофазный синтез пептидов, который проводится на нерастворимом полимерном носителе с ковалентной связью. Пептиды образуются при последовательном добавлении аминокислоты. Такой способ применяется для получения важных гормонов и пептидов-биорегуляторов.

Современные достижения в органическом синтезе особенно наглядны в производстве лекарственных препаратов. Например, синтезированные простагландины из семейства жирных кислот, содержащие 20 углеродных атомов и пятичленный цикл, обладают свойствами гормонов и оказывают мощное и разнообразное воздействие на организм, начиная от регулирования кровотока и кончая стимуляцией родовой деятельности. В организме простагландины синтезируются из исходного вещества – полинеопредельных жирных кислот, содержащихся в пище млекопитающих. Те же кислоты служат исходным продуктом в синтезе другого семейства соединений – лейкотриенов – перспективного лекарственного препарата для лечения многих заболеваний, в том числе и астмы. Ближайшие задачи органического синтеза связаны с получением безвредных антибиотиков, лекарственных средств против гипертонии, язвенных болезней и т.п.

Неорганические соединения. В последние десятилетия подъем неорганической химии наблюдается на стыке смежных отраслей естествознания – химий металлоорганических и бионеорганических соединений, химии твердого тела, биогеохимии и др. Неорганические элементы и соединения, как показывают экспериментальные наблюдения последнего времени, играют важную роль в живых системах, которые нельзя считать чисто органическими. Они весьма чувствительны к ионам металлов почти всей периодической системы элементов Менделеева. Некоторые ионы принимают участие в таких жизненно важных процессах, как связывание и транспорт кислорода (железо в гемоглобине), поглощение и конверсия солнечной энергии (магний в хлорофилле, марганец в фотосистеме, железо в ферродоксине, медь во фталоцианине), обмен электрическими импульсами между клетками (кальций, калий в нервных клетках), мышечное сокращение (кальций), ферментативный катализ (кобальт в витамине B₁₂) и др.

Важнейший предмет изучения быстроразвивающейся неорганической химии биосистем – строение ближайшего и дальнего окружения атомов металлов и его изменение под воздействием кислотных агентов, давления кислорода и других факторов.

Быстро развивается еще одна отрасль – химия элементоорганических соединений. Для исследования сложнейших структур и связей таких соединений применяются новейшие методы спектроскопии и рентгеноструктурного анализа, позволившие открыть большое семейство соединений со сложной структурой. Пример подобных соединений – синтезированный ферроцен – вещество, атомы железа которого расположены между двумя плоскими циклопентадиенильными кольцами.

Химики-металлоорганики стремятся создать новые катализаторы для фиксации азота, т.е. для превращения молекулярного азота N_2 в аммиак NH_3 – исходный продукт для производства удобрений. Одно из важных достижений химиков-органиков – синтез соединений, способных избирательно действовать с теми молекулами, которые долгое время считались слишком инертными для химических превращений, но представляли и представляют практический интерес. Например, насыщенные углеводороды относительно инертны, не содержат двойных или тройных углерод-углеродных связей. Недавно синтезированы соединения родия и иридия, содержащие фосфины и другие соединения, которые способны расщеплять связи $C-H$ в метане и циклопропане. При сочетании такой важной реакции синтеза с другими видами превращений можно наладить массовое производство насыщенных углеводородов – ценнейшего промышленного сырья. Таким способом можно осуществить, прямое превращение метана в метанол – метиловый спирт – важнейшее сырье для производства многих химических веществ.

По мере роста числа необычных металлоорганических соединений размывается граница между органической и неорганической химией. Часто многие синтезированные соединения находят применение в органическом синтезе. Так, борогидриды – соединения бора и водорода в органическом синтезе выполняют роль селективных восстановителей. Другой пример – соединения кремния способны деформировать длинную молекулу реагента и синтезировать кортизон – эффективное лекарственное средство против артрита. Новые методы синтеза с применением соединений кремния позволили синтезировать несколько аналогов кортизона. Один из них – преднизолон – более эффективен, чем кортизон, и с меньшими побочными действиями, участием металлоорганических соединений осуществляются важные промежуточные стадии многих органических реакций. Данные соединения богаты электронами, поэтому в природе они играют роль посредника во многих процессах переноса электронов.

5.8. Синтез веществ

Селективный органический синтез. Важнейшая задача химика-синтетика – добиться селективности в органическом синтезе, т.е. научиться осуществлять строго определенное структурное изменение в молекуле, превращая ее в конечный продукт заданного строения. Для решения такой довольно трудной задачи нужно изучить реакционную способность реагентов для каждого типа связи – *хемоселективность*, создать при взаимодействии реагентов их правильную ориентацию – *региоселективность* и заданную периодическую пространственную конфигурацию – *стереоселективность*. Например, синтез адамантана $C_{10}H_{14}$ дает представление о том, как можно контролировать все данные факторы. $C_{10}H_{14}$ – уникальная молекула, представляющая собой фрагмент структуры алмаза, содержащей 10 углеродных атомов. Впервые адамантан удалось получить путем трудоемкого многостадийного синтеза с выходом только 2,4%. Благодаря последним экспериментальным исследованиям адамантан синтезируется в одну стадию и с выходом 75%. Выяснилось, что адамантадин–адамантан, в молекулу которого введена всего лишь одна аминогруппа, обладает антивирусным свойством, и его можно применять как средство против гриппа и против болезни Паркинсона.

Широкое распространение получила реакция циклоприсоединения с образованием пятичленных циклов, применяющихся для синтеза самых разных соединений – от новых электропроводящих материалов до лекарственных препаратов, например, антибиотиков и противоопухолевых средств. Так, замыкание цикла на радиевом катализаторе является ключевой стадией в синтезе тиенамицина, в котором пятичленный цикл содержит атом азота. Конечный продукт оказался эффективным, подобным пенициллину, средством против инфекционных болезней.

Фотохимический синтез. Фотохимический синтез основан на действии излучения. После поглощения энергии молекула переходит в возбужденное энергетическое состояние. Химические свойства молекулы существенно зависят от свойств поглощенного света, при котором константа диссоциации кислот изменяется на 5–10%, окислительные и восстановительные процессы кардинально изменяются и даже химически инертные вещества могут стать реакционноспособными.

В результате фотохимического синтеза получены многие биологически активные соединения, например, алкалоид атизин, несколько антибиотиков, провитамин D_3 и др. Активность фотохимического синтеза в значительной степени зависит от длины волны возбуждающего света и температуры. Так, при уменьшении длины волны всего лишь на 1% – с

302,5 до 300,0 нм – выход провитамина D₃ увеличивается вдвое, а при снижении температуры синтеза – вчетверо.

Биосинтез. Среди природных веществ есть регуляторы роста растений и насекомых, органические соединения, используемые насекомыми в качестве средств коммуникации, пестициды, антибиотики, витамины и многие целебные вещества. Природное соединение сначала необходимо обнаружить, затем выделить его химическим путем, потом определить его структуру и свойства и, наконец, произвести заданный синтез.

Часто химики стремятся получить только одну нужную форму из двух, являющихся зеркальным отражением друг друга. Каждый атом углерода, с которым связаны различные группы атомов, порождает пару симметричных зеркальных структур и называется *хиральным атомом* или *хиральным центром*. Характерный пример выделения только одной зеркальной формы – синтез антибиотиков. В природе встречается около 50 соединений подобного типа, среди них самое известное – монензин, продуцируемый штаммом бактерий. Антибиотики такого типа (монензин, лазалоцид, салиномицин) широко применяются для борьбы с инфекционными заболеваниями в бройлерном производстве. В США ежегодно продают примерно на 50 млн долларов монензина. Монензин содержит 26 атомов углерода, 17 хиральных центров – это означает возможность существования 2^{17} различных стереоизомеров. Поэтому для осуществления синтеза монензина необходимы высокостереоселективные реакции. Производство монензина и его структурных аналогов – крупное достижение современного биосинтеза.

При исследовании строения биополимеров – гигантских молекул белков (нуклеиновых кислот, синтезируемых живыми организмами), возникают те же проблемы, что и при изучении природных соединений с меньшей молекулярной массой. Белки выполняют различные биологические функции: участие в пищеварении, транспорт кислорода в крови, сокращение мышечных волокон, защита от вирусов и бактерий с помощью антител и т.п. Сложная пространственная форма белков во многом определяет их биологические функции. Так, молекула коллагена – белка, придающего прочность коже и костям, имеет форму стержня. Антитела представляют собой молекулы с выемками U-образной формы, которые заполняются молекулами чужеродных веществ и служат для запуска реакций, обеспечивающих их эффективное обезвреживание.

Белки – высокодинамические системы, которые при осуществлении биологических функций способны менять форму. Например, свет вызывает изменение формы родопсина – белка сетчатки глаза, что и является первичной стадией зрительного восприятия. Такое изменение происходит в течение менее одной миллиардной доли секунды. Подоб-

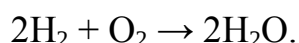
ные процессы в молекулах белков обнаруживаются с помощью импульсных лазеров.

Для белков характерны повторяющиеся структурные фрагменты и общность механизмов действия. Даже простейшие клетки содержат более 5000 различных видов белков. Последние имеют общие структурные особенности. Например, наблюдается сходство между ферментом тромбином, вызывающем свертывание крови, и пищеварительным ферментом – химотрипсином. Многие белки разных организмов похожи друг на друга. Так, гемоглобин мыши мало отличается от гемоглобина человека. В сложных организмах ферменты работают так же, как и в простых.

5.9. Современный катализ

Катализ – ускорение химической реакции в присутствии веществ – катализаторов, которые взаимодействуют с реагентами, но в реакции не расходуются и не входят в состав конечных продуктов. При *гомогенном катализе* исходные реагенты и катализатор находятся в одной фазе (газовой или жидкой), при *гетерогенном* – газообразные или жидкие реагенты взаимодействуют на поверхности твердого катализатора. Катализ обуславливает высокие скорости реакций при небольших температурах, предпочтительное образование определенных продуктов из ряда возможных. Каталитические процессы являются основой многих химико-технологических процессов, например, производства серной кислоты, некоторых полимеров, аммиака. Большинство процессов, происходящих в живых организмах, также являются каталитическими (*ферментативными*).

Хорошо известна реакция между кислородом и водородом, приводящая к образованию воды:



Смесь двух объемов газообразного водорода и одного объема кислорода, называемая гремучим газом, способна реагировать со взрывом и выделением большого количества тепла. Однако реакция протекает настолько медленно, что даже после месячной выдержки данной смеси вряд ли удастся обнаружить хоть какое-нибудь количество воды. Скорость реакции повышается при нагревании реакционной смеси или при воздействии на нее электромагнитного излучения. Аналогичное действие оказывает и введение катализатора. Катализатор помогает преодолеть энергетический барьер, препятствующий началу реакции. Катализ еще со времен шведского химика Берцелиуса (1779–1848) имеет исключительно важное значение для химических превращений.

Некоторые промышленные химические процессы проводятся в газовой форме при наличии твердых катализаторов, однако на практике

чаще всего осуществляются жидкофазные каталитические процессы. В последние десятилетия не менее 20% всей промышленной химической продукции производят каталитическим способом, причем 80% из них – с участием гетерогенного катализа.

К довольно эффективным катализаторам можно отнести ионообменные смолы, металлоорганические соединения, мембранные катализаторы. Каталитическим свойством обладают многие химические элементы периодической системы, но важнейшую роль играют металлы платиновой группы и редкоземельные металлы.

Новые катализаторы позволяют уменьшить в химических превращениях не только температуру, но и давление. Например, разработанный в нашей стране катализатор дал возможность синтезировать метанол при давлении 50 атм и температуре 260–290°C, в то время как раньше такой синтез проводился при давлении до 1000 атм и температуре 300–400°C. С участием катализатора скорость некоторых реакций увеличивается в 10 млрд раз.

Каталитические процессы можно классифицировать с учетом их физической и химической природы. В *гетерогенном катализе* химическая реакция совершается в поверхностных слоях на границе раздела твердого тела и газовой или жидкой смеси реагентов. *Гомогенный катализ* происходит либо в газовой смеси, либо в жидкости, где растворены как катализатор, так и реагенты. В *электрокатализе* реакция протекает на поверхности электрода в контакте с раствором и под действием электрического тока. При этом в отличие от гетерогенного катализа здесь есть возможность управлять процессом при изменении величины электрического тока. В *фотокатализе* химическая реакция может происходить на поверхности твердого тела или в жидком растворе и стимулирует ее энергия поглощенного излучения. *Ферментативному катализу* присущи свойства как гетерогенного, так и гомогенного катализа. Ферменты – это большие белковые структуры, способные удерживать молекулы реагента в ожидании реакции. Кроме того, фермент собирает подходящее химическое окружение, катализирующее нужную реакцию по прибытии партнера.

ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАЗОВАНИЯ ЗЕМНЫХ И ВНЕЗЕМНЫХ ВЕЩЕСТВ. ПРИРОДНЫЕ ЗАПАСЫ СЫРЬЯ И ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭНЕРГИИ

Геохимические процессы на Земле связаны с превращением сложных соединений и смесей, состоящих из кристаллических и аморфных фаз. Многие из них протекают при очень высоких давлениях и температурах. Современные технические средства эксперимента позволяют воспроизвести в лаборатории условия, близкие к условиям внутри Земли и даже земного ядра. Природные процессы – кристаллизация, частичное растворение, изменение структуры, минералов (метаморфизм), выветривание и т.п. приводят к образованию рудных отложений или к их рассеянию.

Большой интерес представляют метеориты: они дают необходимую информацию об эволюции небесных тел, находящихся на разных стадиях развития. При этом важную роль играет анализ изотопного состава многих металлов и газообразных веществ, найденных в метеоритах.

Химия уже внесла существенный вклад в исследование космического пространства. Без ракетного топлива и материалов, способных выдержать огромное давление, высокую температуру и интенсивное космическое излучение, без электрохимических источников энергии, без разнообразных химических средств для обеспечения питания космонавтов и устранения отходов сегодня смотрели бы на Луну из нашего прекрасного далека. Космос с давних пор стал объектом химических исследований. На стыке химии и астрофизики зародилась новая отрасль естествознания – *космохимия*, изучающая состав космических тел, законы распространенности элементов во Вселенной.

Первые результаты о химическом составе небесных тел были получены с помощью спектрального анализа. В химических лабораториях, кроме того, исследовался состав метеоритного вещества. Состав метеоритов оказался своеобразным, как если бы они происходили из «одного и того же рудника». До сих пор ни в одном метеорите не найден элемент, который не встречался бы на Земле. С помощью самых точных методов анализа в метеоритах обнаружены почти все известные на нашей планете элементы. Характерная особенность большинства метеоритов заключается в том, что они содержат много чистого железа и очень мало наиболее распространенного на Земле кварца. Вещества, которые указывали бы на существование жизни в космосе пока не найдены, хотя углерод обнаружен в виде крошечных алмазов, графита и аморфного угля. Относительно недавно появилось сообщение об обнаружении бактериоподобной структуры в метеорите с Марса, что является предметом дальнейшей дискуссии о существовании жизни на данной планете в далеком прошлом.

Наиболее часто встречающиеся каменные метеориты, как и большинство земных пород, состоят в основном из силиката магния. Железные метеориты содержат до 90% железа. Содержание никеля в них составляет 6–20%. Кроме того, метеориты содержат кобальт, медь, хром, фосфор, серу, платину, палладий, серебро, иридий, золото и другие элементы. Встречаются включения газов: водорода, диоксида и монооксида углерода.

Прямая геологическая разведка небесных тел началась 21 июля 1969 г., когда люди впервые ступили на поверхность Луны и отобрали пробы лунного грунта. Через год прилунилась первая автоматическая станция «Луна-16», возвратившаяся на Землю с образцами лунной породы. Немного позднее, в ноябре 1970 г. на Луну доставлена советская автоматическая станция «Луноход-1», которая, начав свое движение по Луне с северо-западного Моря дождей, обследовала за 321 сутки около 50 га лунной поверхности. Обследования проводились и днем, и ночью при температурах от -140 до +130 °С. Результаты анализа показали, что, за исключением несколько повышенного содержания тугоплавких соединений титана, циркония, хрома и железа, лунные породы по своему составу очень похожи на земные. Некоторые различия выявились в свойствах. Так, лунное железо ржавеет медленнее, чем земное. В верхнем слое лунного грунта обнаружен минерал, получивший название реголит, теплопроводность которого значительно меньше теплопроводности земных теплопроводных материалов.

Исследовались и другие космические объекты. Так, с помощью космического зонда, отправленного к Венере, в результате гамма-спектрального анализа установлено, что грунт Венеры по химическому составу соответствует граниту.

Материя, находящаяся в межзвездном пространстве, состоит из двух компонентов – межзвездного газа и межзвездной пыли. Наиболее распространены в космическом пространстве водород (70 масс %) и гелий (28 масс %). В газовых межзвездных облаках обнаружено более 20 химических компонентов. Наряду с простыми молекулами (CO, H₂, HCN, H₂O, NH₃) в 200 космических газовых скоплениях найдены и более сложные химические соединения – метанол, изоциановая кислота, формамид, формальдегид, метилацетилен и ацетальдегид. Относительно недавно обнаружены молекулы этилового спирта, муравьиной кислоты и других соединений.

Исследования космической химии носят преимущественно познавательный характер, но нельзя исключать, что в будущем они обретут практическую значимость. Тем не менее уже получены некоторые важные для практики результаты. Например, для химико-фармацевтической промышленности представляет практический интерес более интенсивное развитие бактериальных культур в невесомости, чем на Земле. Металлурги могут ожидать разработки сплавов с новыми свойствами. Весьма

перспективно выращивание в космосе бездефектных монокристаллов, особенно оксидов металлов. Следует ожидать, что в XXI в. появится новая отрасль науки – химия синтеза в космосе.

6.1. Природные запасы сырья и превращение энергии

Основная масса сырья для химической промышленности добывалась и добывается из недр земной коры. Доступная современным средствам массовой добычи толщина верхнего слоя земной коры составляет от 1 до 2 км, и в таком сравнительно тонком слое содержится не менее 20000 блн т железа, 40 блн т меди, 48 блн т цинка, 7,2 блн т свинца и т.п. Почти 98,6% поверхностного слоя земной коры составляет вещество, состоящее всего лишь из восьми химических элементов: кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, натрий, калий и магний. Среднее содержание химических элементов в земной коре хотя и абсолютно велико, но слишком мало для рентабельной повсеместной добычи ввиду их рассеянности. Рентабельны лишь месторождения, где сосредоточены существенные запасы тех или иных полезных ископаемых. Такие месторождения встречаются редко, и они неравномерно распределены по земному шару. Ни одна страна на планете не располагает всеми нужными видами сырья в достаточном количестве. В то же время на территории России находятся многие наиболее важные виды ценного природного сырья.

Многие промышленно развитые страны вынуждены ввозить сырье. Например, в США около 1/3 потребностей в марганце, хrome, кобальте, олове и 90% потребности в алюминиевом сырье удовлетворяются за счет импорта. Все большее количество свинца, цинка и вольфрама, железной руды и меди в этой стране также становится предметом импорта.

Запасы сырья, добываемого с помощью современных технических средств, во всем мире быстро исчерпываются. Ресурсы Земли хотя и очень велики, но ограничены, поэтому человеческое общество не сможет долго развиваться на основе традиционных методов добычи сырья. Химические элементы в природе, как бы интенсивно они не эксплуатировались, не уничтожаются, а переходят в другие соединения, малопригодные для экономического оборота.

Решающую роль в сбережении природных ресурсов должны сыграть не только новые способы добычи, но и новейшие химические технологии, которые позволят применять более доступное и дешевое сырье с необычным элементным составом. Можно привести не один пример, когда новые химические технологии спасали от кризиса промышленное производство. Так было с производством стекла. Содовая технология, предложенная в 1789 г., направила в новое русло производство стекла во Франции, для которого использовалось ранее калиевое сырье, вырабатываемое из древесины, что привело к почти полному истреблению лесных

массивов во Франции. Более 80% мировых сырьевых ресурсов и топлива потребляются в наше время только 1/3 частью населения Земли. Потребность в сырье очень быстро растет не только в развивающихся, но и в промышленно развитых странах. Такую возрастающую потребность могут удовлетворить:

- освоение новых месторождений и добыча сырья, содержащегося в морской воде;
- разработка бедных месторождений;
- утилизация отходов;
- замена дефицитного сырья.

Весьма перспективен для добычи морской шельф, находящийся на глубине до 200 м. Подводные континенты, общая площадь которых чрезвычайно велика, в ближайшем будущем станут источником многих видов сырья.

Металлы

В недрах Земли содержится достаточно большое количество металлов, но их доля в тех соединениях, из которых они могут быть извлечены для промышленных целей, весьма ограничена. При современных масштабах добычи, по предварительным оценкам, основные запасы таких металлов, как свинец, медь, золото, цинк, олово, серебро и уран, уже в ближайшие десятилетия могут быть исчерпаны. В то же время железо, марганец, хром, никель, молибден, кобальт и алюминий будут добываться в достаточном количестве даже в середине XXI в.

Самое необходимое, важное и широко потребляемое из всего металлического сырья – *железо* – четвертый по распространенности в земной коре элемент. Его общие запасы составляют около 12 блн т. Надежно разведанные и используемые мировые запасы составляют примерно 100 млрд т. Наибольшими запасами железных руд располагают Россия (примерно 40% всех), Австралия, Канада, США и Бразилия. В одной только Курской магнитной аномалии сосредоточено около 30 млрд т железных руд, т.е. почти 1/3 мировых запасов.

Медь – второй по практической значимости металл. Ежегодная потребность в нем – 50 млн т. Если учесть, что запасы меди в известных месторождениях составляют 210–250 млн т, а всего может быть добыто 1–2 млрд т, то можно предположить, что в ближайшем будущем запасы меди будут исчерпаны. Около 37% месторождений меди находится в Чили. Медь как электропроводящий материал может быть заменена легким металлом – алюминием, занимающим третье место по распространенности в земной коре. Хотя в целом запасы алюминия велики – около 8,8% массы земной коры, однако только 0,008% этой массы содержится в бокситах, мировые запасы которых оцениваются в 6 млрд т. Примерно 1/3 таких запасов сосредоточена в Австралии. При ежегодном производстве алюминия 15–30 млн т и темпах его роста до 9% запасов бокситов

хватит надолго. Тем не менее в настоящее время разрабатываются методы промышленного извлечения алюминия из повсеместно распространенных и практически неисчерпаемых пород: глины, алюмосиликатов вулканических пород, содержащих до 10% алюминия.

Запасы другого важнейшего легкого металла – *магния* – достаточно велики – около 2,1% массы земной коры. С учетом сегодняшних потребностей запасов магния хватит на долгое время.

В обыденной жизни относительно редко встречаются такие металлы, как *титан*, *неодим*, *литий*, *рубидий*, *европий*, *тантал* и др., но в природе они не так уж редки. Например, природные запасы рубидия примерно в 45 раз больше, чем свинца. Слово «редкий» часто означает, что тот или иной металл добывается в относительно небольших количествах, так как известны очень небольшие пригодные для рентабельной разработки его месторождения. Названные металлы – перспективные материалы для новой техники.

Титан – коррозионностойкий материал. Иногда его считают достойным соперником алюминия и стали. Применение титана в химической промышленности за последние десятилетия резко возросло. *Тантал* – необходимый компонент особо прочных кислото- и термостойких сплавов. *Платина*, *палладий* и *родий* широко применяются в качестве катализаторов. Существенная часть родия и палладия извлекается из радиоактивных отходов. Таким же способом можно получить теллур-99 – весьма ценный материал для производства сверхпроводников и предотвращения коррозии металлов и сплавов. Например, при весьма незначительной концентрации (до 0,1 мг/л) теллура железные изделия не ржавеют ни в водных, ни в солевых растворах, даже при повышенной температуре.

Решение сырьевой проблемы для многих важных металлов можно связать с освоением более бедных месторождений. При этом можно достичь неплохой производительности, о чем свидетельствует переработка оловянной руды: добываемую руду, содержащую около 0,3% олова, путем обогащения превращают в концентрат с 40%-ным его содержанием, из которого и получают металл. В большинстве случаев разработка бедных месторождений сопряжена с большими затратами электроэнергии. Она может быть рентабельной при внедрении новых технологий.

Предполагается, что для добычи сырья некоторых металлов уже в ближайшем будущем существенно возрастет объем работ под водой. На глубине меньше 130 м находятся обогащенные морские отложения, содержащие благородные и тяжелые металлы: олово, золото, платину, железо, вольфрам, хром и др. Например, железные и марганцевые тихоокеанские конкреции содержат в среднем около 25% марганца и железа, а никель, медь, кобальт и титан в концентрациях составляют 1,5–3,5%. Общие запасы данных конкреций – более 1500 млрд т при ежегодном пополнении в 10 млн т.

В морских водах Земли растворены: около 4,5 млрд т урана; примерно по 3 млрд т марганца, ванадия и никеля, 6 млрд т золота (около 1 т на каждого жителя планеты!). Однако концентрация их сравнительно мала. Тем не менее, если в будущем промышленное опреснение морской воды будет производиться в больших масштабах, то отходы солей, обогащенные в 3–4 раза, могут стать сырьем, вполне пригодным для извлечения содержащихся в нем металлов.

6.2. Неметаллическое сырье

Если металлы представляют практический интерес преимущественно в элементном состоянии, то неметаллы – *сера, фосфор, азот, кислород, хлор* и др. ценны в образуемых ими соединениях. Несмотря на возрастающий спрос на различные химические продукты, огромные запасы неметаллического сырья вполне достаточны для обеспечения химической промышленности в течение относительно длительного периода. Кроме элементной *серы* и серной руды – пирита (FeS_2), широко применяемого для производства серы, многие содержащие серу минералы встречаются в больших количествах и во многих местах земной поверхности. К рентабельной можно отнести добычу и переработку гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), ангидрита (CaSO_4) и кизерита ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). В перспективе баланс серы будет сохранен в результате переработки отходящих газов сернистых производств, количество серы в которых существенно превышает потребности промышленности.

Доступные для разработки современными средствами *фосфорные* месторождения содержат около 60 млрд т фосфорного сырья P_2O_5 . Около 2/3 промышленной фосфорной продукции приходится на страны бывшего СССР и США.

Один из важнейших видов неметаллического сырья – *азот*. Он входит в состав белков, широко применяется для производства удобрений и других промышленных продуктов. Хотя в земной коре доля азота сравнительно мала (около 0,03%) и его расходы относительно велики, проблема истощения вряд ли возникнет, поскольку окружающая нас атмосфера содержит около 78% азота.

Не менее важным химическим сырьем является *кислород*. Многие химические реакции – процессы окисления – протекают при прямом или косвенном участии этого элемента. Кислород – самый распространенный элемент. Его доля в земной коре составляет приблизительно 47%. Однако значительная часть кислорода связана в виде различного рода оксидов, в том числе и продуктов сгорания. Атмосферный кислород составляет лишь около 0,013% общего количества, или 1180 блн т. Этого достаточно для полного вращения в оксид углерода органической массы углерода, которая примерно в 1650 раз превосходит ныне существующую.

Запасы кислорода полно обновляются благодаря процессам жизнедеятельности растений. Например, 1 га леса поставляет около 60 т кислорода в год. Кислород пополняется и при ультрафиолетовом расщеплении паров воды в атмосфере.

С увеличением объема производства соляной кислоты и винилхлорида потребность в следующем неметаллическом сырье – *хлоре* – постоянно возрастает. Запасы хлорного сырья вполне достаточны. Огромное количество хлора имеется в соляных залежах и в морской воде, 1 т которой содержит 30 кг соли.

Все большее практическое значение для развития общества приобретают искусственные строительные материалы: гипс, цемент, бетон и др. Необходимое для таких материалов сырье – песок, гравий, щебень, глина, галька, известняк, доломит – имеется в сравнительно больших количествах повсеместно. Проблема заключается не в количестве сырья, а в его территориальном расположении. Например, в недавнем прошлом в бывшей ГДР около 15000 вагонов со строительным гравием отправлялись ежегодно из южных в северные районы, где расположен основной потребитель строительных материалов; при этом транспортные расходы влекли за собой существенное повышение цены материалов. С учетом распределения природных ресурсов и потребления некоторых материалов можно утверждать: чаще всего применяются те материалы, запасы которых ограничены. Распространенность химических элементов в земной коре и сравнительно большое содержание в ней кремния (около 27,5%) подсказывают, что основным строительным материалом будущего станут силикаты.

Для производства большинства химических продуктов требуется вода. Она служит растворителем, теплоносителем и исходным сырьем для получения кислорода и водорода. Химическая промышленность при 25%-ом общем потреблении воды промышленными предприятиями занимает второе место после энергетики.

Каковы же водные ресурсы нашей планеты? Океаны, моря, реки, озера и лед покрывают около 75% поверхности Земли. Если все количество воды, по некоторым оценкам составляющее 1386 млн м^3 , равномерно распределить по поверхности земного шара, то толщина слоя воды окажется равной примерно 2700 м. На долю пресной воды в такой водяной массе приходится всего 2,5%. Расходуется лишь небольшая часть пресной воды, совершающей непрерывный круговорот в природе. В то же время водные ресурсы неравномерно распределены, и часть их находится в непригодном для непосредственного потребления состоянии из-за большого содержания минеральных солей (что определяется природными условиями) и высокой степени загрязнения. Поэтому водоснабжение населения сопряжено с проблемами транспортировки, очистки и сохранения чистоты природных вод.

Углерод

Углерод по распространенности в природе занимает тринадцатое место. На его долю приходится 0,087% массы земной коры, или 20000 блн т, из которых около 99,5% содержится в карбонатных породах (карбонатах кальция и магния), 0,47% составляет диоксид углерода в атмосфере и в воде, 0,02% приходится на уголь, нефть и газ и 0,01% – на биосферу.

Рациональное использование запасов углерода возможно при выполнении следующих условий:

- химические технологии должны обеспечить синтез разнообразных необходимых соединений из любого имеющегося углеродного сырья;
- для химической промышленности следует применять огромные запасы повсеместно встречающихся карбонатов;
- для энергетики нецелесообразно расходовать углерод, связанный в органические ископаемые соединения.

В действительности и энергетика, и химическая промышленность интенсивно потребляют горючие ископаемые – в основном уголь, нефть и газ, причем получение углеводородов из нефти и газа экономически гораздо более выгодно, чем из угля. Производительность труда в нефтехимии примерно в 12–16 раз выше, чем в химии карбонатов.

Переработка нефти включает операцию обессоливания и последующее разделение нефти на фракции при различных температурах кипения. Возрастающая потребность в топливе приводит к необходимости переработки нефтяных фракций, для чего применяется термический крекинг. Он представляет собой разложение нефтепродуктов при высокой температуре (выше 400°C), при которой получается низкокипящий углеводород – бензин. Перспективен каталитический метод гидрокрекинга (под действием водорода происходит гидрофикация, и тем самым отпадает необходимость в дополнительной операции очистки). На современных установках ежегодно вырабатывается более 700 тыс т нефтепродуктов. Для повышения детонационной стойкости моторное топливо подвергается каталитической обработке при температуре 500°C и давлении 20–40 атм. Нефтехимический синтез базируется на пиролизе парафинов при температуре 800–870 °C.

В результате переработки нефти получается более двух десятков основных соединений. Наиболее важные из них – олефины, диолефины (этилен, пропилен, бутадиен, изопрен), ароматические соединения (бензол, толуол, ксилол) и газовая смесь оксида углерода с водородом. На основе данных соединений синтезируются тысячи промежуточных и конечных продуктов. В настоящее время около 90% всех органических соединений производится из нефти и природного газа.

О темпах развития нефтехимии можно судить по росту производства этилена – сырья для получения пластмасс, лаков и красок. За 20 лет (1960–1979 гг.) объем этилена увеличился более чем в 10 раз (с 3,4 до 50 млн т). Только для производства различных нефтепродуктов без учета топлива в 1975 г. было израсходовано около 100 млн т нефти.

Вплоть до XIX в. нефть использовалась преимущественно как колесная мазь и в лечебных целях. В 1860 г. мировая потребность в ней составляла около 70 тыс т. К концу XIX в. она возросла до 21 млн т и через 75 лет – до 2730 млн т. Разведанные запасы нефти на конец 1974 г. оценивались в 97 млрд т. К началу 90-х годов XX в. они достигли примерно 600 млрд т. По некоторым оценкам, к 2000 г. разведанные запасы приблизились к 800–1000 млрд т. Предполагается, что при нынешних темпах потребления запасов нефти хватит до 2050 г.

Быстрыми темпами растет потребление природного газа. Он используется для производства электроэнергии и бытовых нужд, а также как сырье для промышленного производства ацетилена, формальдегида, метанола, синильной кислоты, водорода и т.п. Общие ресурсы природного газа оцениваются в 120000 млрд м³, из них на территории России обнаружено около 80000 млрд м³. При потреблении 1500 млрд м³ в год природного газа, как полагают некоторые ученые, хватит приблизительно на 80 лет. По другим оценкам, истощение природного газа ощущится гораздо раньше. На смену нефти и природному газу придет уголь, и лидирующее место займет химия угля. В последние десятилетия разрабатываются эффективные методы переработки угля. В частности, предложен способ эффективного производства моторного топлива из угля, объединяющий энергетические и химические установки. Запасы угля огромны, но ограничены. Чего же следует ожидать после истощения богатых ресурсов природного газа, нефти и угля? Вероятно, большее внимание будет уделяться химии карбонатов. Химические превращения карбонатов станут энергетически приемлемыми. Уже наметились пути уменьшения затрат энергии при их переработке. На стадии разработки находится каталитический метод превращения углекислого газа CO₂ воздуха в простые органические соединения без высоких температур и давления. Не следует забывать о 2 блн т углерода, накопленного в биосфере. Растительный мир Земли можно рассматривать как непрерывно работающие химические фабрики, потребляющие энергию Солнца. При разумном хозяйствовании их продукции может хватить на продолжительный период. В этой связи фотосинтез как важнейший природный процесс должен стать объектом пристального внимания все большей массы населения нашей планеты.

6.3. Вторичное сырье

Полезные сырьевые запасы Земли при современных темпах их потребления быстро истощаются, одновременно накапливается огромное количество отходов промышленных предприятий, городов, населенных пунктов. Одна из главных задач современных промышленных и хозяйственных предприятий включить отходы в промышленный цикл, что, естественно, будет способствовать сохранению природных ресурсов.

Среди многообразия вторичного сырья металлы занимают первое место по потреблению. За счет них покрывается существенная доля нужд промышленности. Для разных целей используется чуть больше половины растительной массы – древесины. Ветки, пни, листья деревьев остаются в лесу, а опилки, стружка чаще всего составляют отходы деревообрабатывающей промышленности. В производстве целлюлозы лишь 1/4 общей биомассы деревьев переходит в конечный продукт, при этом теряется большое количество весьма ценных ароматических соединений. В данной связи одна из важнейших задач потребителей древесины – более эффективная переработка биомасс. Древесина служит сырьем не только для бумажной промышленности, но и для производства строительных и столярных пиломатериалов, белковой массы, активированного угля, множества медикаментов и т.п. Но все-таки относительно большая масса древесины идет на производство бумаги и картона. Отработана технология переработки использованной бумаги и картона, и их утилизация особенно важна: 50 тыс т макулатуры экономят 120 тыс м древесины и тем самым сберегают 500 га леса. К сожалению, таким ценным вторичным сырьевым материалом часто пренебрегают.

Весомый сырьевой потенциал представляют зола и шлаки, остающиеся после сжигания угля. Лишь незначительное количество отходов находит применение, в то время как на их ликвидацию расходуются большие средства. Определенную часть золы, например, можно было бы использовать в качестве наполнителя цемента. Так, 1,3 т золы бурого угля, извлеченной из дымовых газов, заменяет 1 т цемента. Кроме того, такая зола содержит 5–30% окиси железа, около 30% извести и заметное количество коксованного остаточного угля. Железная руда, известь и кокс – главные сырьевые компоненты для металлургии. Следовательно, большое практическое значение имеет извлечение железа и силикатных строительных материалов из зольного и шлакового вторичного сырья.

Из нефтяных отходов в хозяйственный цикл возвращается 25–35%, хотя уровень повторного их применения может быть гораздо выше.

В настоящее время выпускаются большие объемы пластмассовой продукции. Однако не все виды пластмасс поддаются утилизации. Если полистирол, поливинилхлорид и другие пластмассы успешно возвращаются в промышленность (из них изготавливают различного рода покры-

тия), то полиуретан и различные искусственные волокна гораздо труднее поддаются переработке.

Сбор и переработка вторичного сырья, конечно, требуют вполне определенных капиталовложений, но следует помнить, что применение некоторых видов вторичного сырья обходится все же дешевле, чем переработка первичного сырья, т.е. сырья, накопленного в течение длительного времени в недрах Земли. Утилизация вторичного сырья, т.е. обеспечение новой жизни старым вещам, предметам и изделиям, – вовсе не признак бедности, а свидетельство, прежде всего, разумного ведения хозяйства в государственном масштабе.

6.4. Химические процессы и энергетика

Развитие экономики, благосостояние народа непосредственно зависят от количества производимой и потребляемой энергии. Еще в недавнем прошлом во многих странах основным источником энергии был уголь, однако с течением времени добыча нефти возрастала, и к середине XX в. потребление нефти и угля сравнялось. Трехкратное увеличение населения в XX в. сопровождалось приблизительно десятикратным увеличением потребления всех видов энергии.

Значительная доля энергии, производимой во всем мире, является продуктом химического процесса – сжигания нефти, природного газа и угля. В превращении световой и тепловой энергии в электрическую химические процессы также неизбежны. Химические технологии лежат в основе создания высококачественных теплоносителей и термостойких материалов для современных энергетических установок. Все это означает, что прогресс в энергетике зависит от усилий не только энергетиков, но и химиков.

К одной из первых энергетических установок относится паровая машина, созданная английским изобретателем Джеймсом Уаттом (1736–1819 гг.). Тепловая энергия в ней превращалась в механическую работу. С паровой машиной долгое время конкурировало водяное колесо. Позднее, к середине IX в., были изобретены гальванические элементы – первый источник электрического тока. В поисках более эффективных источников тока для телеграфной связи немецкий электротехник Вернер Сименс (1816–1892 гг.) в 1866 г. изобрел динамо-машину – первый генератор тока, с которого и началась новая эпоха исследований электромагнитных явлений и многочисленных применений электрического тока. Электроэнергия в те времена производилась в небольших количествах и была слишком дорогой. Для сравнения можно отметить, что алюминий и магний, полученные электрохимическим путем в середине прошлого века, стоили дороже золота и платины. С модернизацией генератора электрического тока стала вырабатываться более дешевая энергия, что послужило мощным импульсом для развития химической промышленности.

При превращении электрической энергии в тепловую была достигнута температура примерно до 3500°C , что не удавалось сделать ранее никакими другими способами. Это позволило реализовать методы восстановления металлов и получить таким образом многие из них в чистом виде, а также синтезировать не существующие в природных условиях соединения металлов с углеродом – *карбиды*. Применение электроэнергии на химических заводах позволило в крупных промышленных масштабах осуществлять электрохимическое разложение вещества. Так постепенно открывались новые пути развития разных отраслей химической промышленности, производящей многообразные синтетические неорганические вещества. В настоящее время химическая промышленность – одна из самых энергоемких отраслей индустрии.

Например, для производства 1 т карбида кальция или хлора требуется не менее 3,5 тыс кВт электроэнергии. Расход электроэнергии на производство алюминия и магния составляет 14–18 кВт на 1 т. В общих затратах на производство многих видов промышленной продукции на долю электроэнергии приходится 18–25%. Для карбида кальция затраты на энергию составляют почти половину его себестоимости, для поливинилхлорида и полиэтилена 35–50%, для ацетальдегида – даже 45–70%. С каждой тонной азотного удобрения в землю «закапываются» почти 14000 кВт энергии.

Быстрое развитие химической промышленности и материального производства в целом требует не только роста выработки электроэнергии, но все более рационального ее использования.

6.5. Природные энергоресурсы

Основную массу природных энергоресурсов, интенсивно потребляемых для производства тепла и электроэнергии, составляют горючие источники: нефть, уголь, природный газ, горючие сланцы, смоляные пески, торф и биомасса. При их химическом превращении – сгорании – выделяется тепловая энергия, которая используется непосредственно для обогрева, например жилых домов и служебных помещений, и производства электроэнергии.

Нефть. В последние десятилетия потребление нефти в мире постоянно увеличивалось. Потребность в нефтепродуктах продолжает возрастать. За период с 1968 по 1978 гг. нефти было добыто столько же, сколько за предшествующие 110 лет. Значительная ее доля расходуется на производство топлива для различных энергоустановок, в том числе и для транспорта. Превращение исходного природного продукта – сырой нефти – включает ее добычу, переработку и сжигание. В процессе добычи сырая нефть извлекается из разведанного месторождения.

Добыча нефти осуществляется в три этапа. На первом этапе извлекается 10–30% нефти при естественном давлении из природного резервуара, заполненного сложными образованиями из пористых пород. На втором этапе добычи при закачке воды, газа или пара нефть выталкивается на поверхность, что позволяет получить до 35% разведанных запасов. Извлечение остальной части сырой нефти на третьем этапе требует новых технологических приемов. Наиболее перспективные из них связаны с применением поверхностно-активных веществ и полимерных растворителей для извлечения нефтяных фракций из водной среды. Например, а третьем этапе добычи можно извлечь более 50 млрд т нефти, содержащейся в разведанных месторождениях только одной страны – США.

Добытая сырая нефть чаще всего представляет собой маслянистую жидкость, состоящую преимущественно из сложной смеси углеводородов-алканов с линейной структурой и, в основном, с одинарными связями. Кроме алканов нефть содержит разветвленные и циклические углеводороды, а также соединения с одной двойной связью, т.е. алкены, и соединения с бензольными кольцами, относящиеся к ароматическому ряду. Сырая нефть включает компоненты, молекулярная масса которых находится в пределах от значений для природных газов: 14 (метан CH_4), 30 (этан C_2H_6), 44 (пропан C_3H_8) и 58 (бутан C_4H_{10}) – до значения для парафинового воска $\text{C}_{30}\text{H}_{62}$, равного 422. Процесс переработки нефти начинается с перегонки, при которой различные компоненты нефти разделяются в соответствии с их температурой кипения. Вначале извлекаются наиболее летучие углеводороды, один из них октан C_8H_{18} . По октановому эквиваленту оценивается качество моторного топлива. В процессе переработки удаляются неорганические примеси, включая серу, и в результате каталитического крекинга производится расщепление больших молекул и образуется соединение с более низкой температурой кипения. Для перестройки молекул и формирования их структур с оптимальными характеристиками, в том числе и для повышения октанового числа топлива, применяется каталитический реформинг. Каталитический процесс, таким образом, играет существенную роль при переработке нефти.

Лучшие катализаторы для переработки нефти – дорогостоящие и малораспространенные металлы: платина, палладий, родий и иридий. Например, с помощью катализатора – платины – алканы, приводящие к несинхронному воспламенению топлива в цилиндрах двигателя и вызывающие детонацию, превращаются в углеводороды с лучшими горючими характеристиками и с большим октановым числом. При наличии платинового катализатора и водорода низкооктановый алкан с неразветвленной цепью преобразуется в соединение бензола или циклического алкана с более высоким октановым числом.

Относительно недавно освоены новые каталитические процессы для переработки нефти, которые основаны на применении цеолитовых

молекулярных сит (алюмосиликатов), платино-рениевого/платино-иридиевого и платина/палладий/родиевого катализаторов. В настоящее время возрастает, и особенно в будущем будет возрастать, в переработке доля добываемой нефти низкого качества, т.е. нефти с относительно большой концентрацией серы, с более высокомолекулярными компонентами и с различного рода примесями, например, ванадия, никеля и других элементов, затрудняющих процесс катализа. В этой связи технологический цикл переработки нефти необходимо постоянно совершенствовать, чтобы производить высокооктановое топливо, продукты сгорания которого не загрязняли бы окружающую среду.

В последние десятилетия при детальном исследовании процесса горения топлива были выявлены азотнокислые и серосодержащие продукты сгорания, приводящие к кислотным осадкам, а также хлоросодержащие и другие соединения, загрязняющие атмосферу. Как выяснилось, горение – сложный химический процесс, зависящий от многих факторов. Повышение эффективности горения – один из лучших способов сбережения природных энергоресурсов и сохранения окружающей среды.

Уголь. Мировые запасы доступного для разработки угля в 20–40 раз превосходят нефтяные ресурсы. Например, в США угля в 50–100 раз больше, чем нефти. Уголь – наиболее распространенное в природе минеральное топливо, роль которого в ближайшие десятилетия будет расти по мере истощения нефтяных и газовых месторождений. В данной связи будет расти и практическая значимость фундаментальных и прикладных исследований, направленных на разработку эффективных и экологически чистых способов превращения весьма ценного угольного сырья. Экономическая широкомасштабная переработка угля в эффективное топливо позволила бы сохранить для получения из нее многих ценнейших соединений, необходимых химической промышленности. Нефть как источник многих химических продуктов слишком дорога, и использовать ее в качестве топлива нерационально. С развитием химической технологии уголь станет одним из важнейших источников сырьевых продуктов, в том числе и тех, которые уже в настоящее время получают из нефти.

Уголь – твердое горючее, полезное ископаемое растительного происхождения содержит, кроме углерода и водорода, серу и азот, а также некоторое количество минералов и влаги. Соотношение водород : углерод в угле примерно равно 1, что вдвое меньше, чем в бензине, поэтому как топливо менее эффективен. При химическом превращении угля вначале удаляются из него сера и азот, затем отделяются неорганические примеси и, наконец уголь превращается в синтез-газ, представляющий собой смесь монооксида углерода и водорода.

Применение синтез-газа весьма перспективно, но его производство пока экономически невыгодно. Переработка угля может достигать крупных масштабов. Например, во время Второй мировой войны в Германии,

лишенной доступа к источникам нефти, в результате переработки угля было получено 585 т углеводородного топлива. Синтез-газ превращался в моторное топливо с помощью кобальтового катализатора.

Биомасса. Биомасса – один из потенциальных источников энергии. Из нее в результате жизнедеятельности анаэробных бактерий, называемой анаэробным дыханием, ежегодно в атмосферу выделяется 500–800 млн т метана, что эквивалентно 0,6–1,0 млн т высококачественной нефти. Однако практическое применение анаэробных процессов для производства метана как источника и энергии из биомассы, включающей различные растительные отходы (древесные отходы, побочные сельскохозяйственные продукты, пищевые отходы и т.п.), сдерживается относительно небольшой их скоростью и высокой чувствительностью к кислотности среды. Применение биомассы как источника углеводородного топлива или химического сырья особенно важно, если учесть, что в составе атмосферы наблюдается повышение концентрации углекислого газа, приводящего к парниковому эффекту. Сжигание биомассы не приводит к нарушению баланса углекислого газа в атмосфере: весь углерод биомассы, превращающийся при ее сгорании в углекислый газ, извлекается из воздуха в процессе роста биомассы. Увеличение содержания углекислого газа в атмосфере за последние десятилетия обусловливается сжиганием чрезвычайно большого количества минерального топлива. Возможно, в скором будущем в результате специальных операций генной инженерии удастся выращивать растения, пополняющие продовольственные ресурсы и биомассу. Такие растения будут интенсивно расти при повышенном потреблении углекислого газа из атмосферы, что, естественно, будет удерживать увеличение углекислого газа в атмосфере.

Лесные массивы. Лесные массивы – не только источник громадных природных энергоресурсов, но и один из основных поставщиков кислорода, необходимого для обеспечения жизнедеятельности множества живых организмов. Лесная древесина – превосходный строительный материал и органическое сырье для производства многих ценных продуктов. Однако, к сожалению, лесные массивы часто истребляются пожарами и беспощадно вырубаются. Например, в Бразилии ежегодно вырубается около 15 тыс км² тропического леса. Во многих странах древесина – один из основных источников тепловой энергии.

Россия – единственная в мире лесопромышленная страна, где занятые под леса площади не уменьшаются, а растут. Причина в том, что за последние годы вырубка леса сократилась у нас почти в пять раз: отдавать древесину даром мы больше не хотим, а покупать ее по мировым ценам прежние потребители не хотят. Речь идет о санкционированной вырубке леса. Несанкционированная вырубка леса особенно в последнее десятилетие из-за экономического кризиса в России существенно возросла. Россия теперь не отгружает бесплатно крепежный лес шахтам

Донбасса, шпалы железным дорогам Средней Азии и ценные породы дерева мебельным фабрикам Польши и Венгрии. И если такая тенденция сохранится, то площадь российских лесов, составляющая пока чуть больше 1/5 лесного покрытия планеты, может вырасти к 2010 г. на 1/3. Вполне возможно, что со временем это принесет России колоссальные доходы.

Леса сегодня, как это не удивительно, в огромных количествах переводятся на дрова, причем даже в наиболее цивилизованных странах. Это происходит и в относительно холодной Финляндии, лидирующей в использовании древесины на топливо, и в теплой Франции, где сжигается почти четверть заготавливаемой в стране древесины (французы очень любят сидеть у камина!). Но особенно много древесины идет на дрова в бедных странах Азии и Африки, где в сельских районах нередко нет ни газа, ни электричества и дерево – единственный источник тепла для отопления жилища и приготовления пищи. В Бангладеш, например, на топливо используется почти вся добываемая древесина, в результате в ближайшем будущем этой стране грозит настоящая экологическая и энергетическая катастрофа. Весьма тяжелая ситуация складывается и в Индии, где на дрова переводят более 90% добываемой древесины. Ведь там дрова идут не только на приготовление пищи и на отопление, но и на огромные древесные костры (к тому же, как правило, из ценных пород дерева), в которых по традиции кремируют умерших.

В России, несмотря на суровый климат и отнюдь не повсеместный комфорт, на дрова переводится не более 21% всей древесины, поскольку цены на нее растут, особенно на лесоматериалы, и еще больше – на те породы дерева, которые идут на производство мебели.

Однако главная и постоянно увеличивающаяся ценность лесов – это их способность поглощать углекислоту и выделять кислород. Промышленные выбросы углекислоты от заводов, электростанций и автомобилей уже давно не компенсируются фотосинтезом растительности. Накапливаясь в атмосфере, вредные газы не только становятся причинами кислотных осадков и ускоренной коррозии металлов, но и способны вызвать на нашей планете глобальное изменение климата. Грозящее ей потепление чревато заметным поднятием уже в следующем столетии уровня Мирового океана, а следовательно, затоплением миллионов квадратных километров земли и многих десятков городов.

Избежать этой опасности можно разными способами, к примеру, оснащать производства системами, поглощающими углекислоту и вредные газы. Это, однако, очень дорого, тогда как леса очищают воздух бесплатно. Пока бесплатно.

Подсчитано, что один га леса поглощает такое количество вредных газов, на техническую очистку от которого надо затратить около 3 тыс долл. В ООН уже выдвигалась идея о необходимости введения налога на углекислоту с тем, чтобы тратить эти средства на сохранение лесов. Вме-

сте с тем большинство стран предпочло использовать очистительные способности чужих лесов задаром.

Представляет практический интерес весьма оригинальный способ получения электроэнергии при сжигании древесины специально выращенной ивы. В штате Нью-Йорк (США) организована экспериментальная ферма, на которой выращивают гибридную иву, специально выведенную для того, чтобы служить топливом для электростанций. «Энергетическая» ива не похожа ни на одну из естественных разновидностей. Это плотный куст с гибкими ветками, длина которых за год увеличивается почти на три с половиной метра. Хотя кусты рассаживают с промежутками в полтора метра, пройти в лес невозможно, настолько плотно переплетаются их ветви. Большая скорость роста – основная особенность гибрида. За год такой лес произведет в 5–10 раз больше древесины, чем любой природный лес. Сбирать урожай прутьев можно каждые три года на протяжении 20 лет. Для сжигания ветки рубят на куски длиной пять сантиметров. Хотя такое топливо обходится не дешевле угля (с учетом того, что на ТЭЦ приходится заменять угольные топки новыми, специально сконструированными), зато газ от ивовых дров гораздо менее токсичен. Он содержит намного меньше оксидов серы и азота. В Западной Европе такие леса уже занимают около 20 тыс га. В США 80 млн га брошенной фермерами земли, на которой возможно развернуть энергетическое лесоводство.

6.6. Источники электрической и тепловой энергии

В последние десятилетия в связи с активным стремлением решить проблему сохранения окружающей среды возрастает интерес к источникам энергии, образующейся без участия процесса горения. К таким источникам относятся и геотермальные источники, ветер, солнце, ядерное топливо.

Гидроисточники. В гидроисточниках потенциальная энергия воды превращается в электроэнергию. Электроэнергия вырабатывается на гидроэлектростанциях, где с помощью плотины поднимается уровень речной воды, и на приливных электростанциях, использующих энергию приливов и отливов на берегах морей и океанов.

После Второй мировой войны строительству гидроэлектростанций уделялось большое внимание, что явилось существенным вкладом в энергоресурсы. Строились мощные гидроэлектростанции, в том числе и на равнинных реках. Однако по прошествии непродолжительного времени выяснилось, что гидроэлектростанции на равнинных реках в связи с затоплением больших площадей плодородных земель приводят к нарушению экологического баланса, на восстановление которого требуются гигантские финансовые ресурсы. Гидроэнергетику можно считать перспективной только в том случае, когда используется естественный пере-

пад уровней воды, например в реках, строительство гидроэлектростанций на которых существенно не влияет на природную среду. Приливные электростанции наносят меньший ущерб окружающей среде, чем гидроэлектростанции на равнинных реках, но до сих пор доля вырабатываемой ими электроэнергии остается сравнительно небольшой.

Весьма необычная гидроэлектростанция – ледниковая ГЭС – уже несколько лет успешно работает в Гренландии. Турбина ледниковой ГЭС приводится в движение водой, поступающей по тоннелю из водохранилища у подножья большого ледника. Летом ледник подтаивает, талая вода по трещинам собирается и стекает в водохранилище. Зимой ледник нарастает за счет снега, а запасов воды, накопившихся летом, хватает на всю зиму.

Геотермальные источники. Оценочные расчеты показывают, что запасы тепла в десятикилометровом слое земной коры превышают тепловую энергию, запасенную во всех горючих источниках нашей планеты, приблизительно в 5000 раз. Действительно, геотермальные источники обладают гигантским запасом энергии, доля которой в энергетическом мировом балансе, к сожалению, до сих пор остается незначительной. Геотермальные месторождения известны в Исландии, Гренландии, Новой Зеландии, Индонезии, Японии, США, Чили, Сальвадоре, России и в других странах. Тепло подземных вод широко используется в Италии, где с начала века работают геотермальные станции. Наиболее крупные геотермальные месторождения – в Тоскане и в районе Неаполя, где скважины выводят пароводяную смесь с температурой 200–245°C.

В Исландии, стране вулканов и гейзеров, около 7 тыс горячих источников общей мощностью более 1 млн ккал/с. Рейкьявик (столица Исландии), расположенный вблизи Северного полярного круга, полностью теплофицирован за счет термальных вод. Воды горячих источников здесь используются не только для отопления, но и для городских теплиц и оранжерей, в которых выращивают цветы, овощи и даже цитрусовые.

По приблизительным оценкам, запасы термальных вод с температурой от 50 до 250°C в нашей стране составляют не менее 20 млн м³ в сутки. Этот огромный резерв экологически чистой тепловой энергии может заменить до 150 млн. т органического топлива. Особенно богаты горячими источниками Камчатка и Курильские острова.

Ветер. Было время, когда вода и ветер служили едва ли не единственным источником энергии. Еще в начале нынешнего века, в 1910 г., в России насчитывалось примерно 1 млн ветряных мельниц и приблизительно столько же водяных. Сегодня всю эту энергетику называют нетрадиционной.

Каждый источник энергии должен работать там, где дает наибольшую отдачу и приносит максимальную выгоду. На севере у нас располагаются огромные труднодоступные территории. Вырабатывать здесь энергию очень сложно, и цена ее более высокая, чем в центре страны.

Вот здесь и могут найти применение ветроустановки. Скорость ветра на побережье морей и океанов составляет в среднем за год более 6 м/с. При работе ветроустановки мощностью в 1 МВт в течение шести месяцев потребитель может получить около 2,5 млн. кВт энергии, что вполне достаточно для обеспечения теплом и светом поселка в 150 жилых домов.

Современная ветроустановка мощностью в 1 МВт состоит из ветроколеса диаметром 48 м, установленного на стальной конической башне высотой 40 м, на которой смонтированы агрегат для передачи мощности от ветроколеса к генератору, система управления и тормозной механизм. Ветроустановка полностью автоматизирована: сама «ловит ветер» и проверяет перед запуском состояние всех узлов и агрегатов. При скорости ветра 3,5–4 м/с развивается мощность 40–50 кВт, а при скорости 13,5 м/с – 1000 кВт. Срок службы установки 20–25 лет, и стоит она примерно 1 млн долл. К 1998 г. в России насчитывалось около 150 крупных и примерно 100 легких ветроустановок, в то время как за рубежом их общее число составило более 130 тыс. Сегодня почти все развитые страны строят ветроустановки. Лидирует среди них маленькая страна Дания. Около двух десятилетий назад именно она дала толчок развитию современной ветроэнергетики. В этой стране работают более 4 тыс самых эффективных установок с лучшими показателями в мире. Датчане построили заводы по производству ветроустановок в Индии, Китае и США. Ветроустановки производятся и в России. По своим техническим характеристикам они не уступают зарубежным аналогам. Ветроустановки порождают вибрации и шум, неблагоприятно влияющие на живые организмы, поэтому их строят обычно вдали от населенных пунктов. Металлические лопасти могут создавать помехи для радио- и телепередач, но все же в целом ветроэнергетику принято считать экологически безопасной.

Многие страны активно развивают ветроэнергетику. Например, Германия по выработке ветроэнергии в последние годы приблизилась к США, а по числу фирм, производящих ветроустановки, догнала Данию. Немецкие ветроустановки наполняют рынок Бразилии, Мексики, Китая и других стран.

Солнце. Солнце обладает колоссальным запасом энергии. Мощность его излучения составляет $2,86 \times 10^{33}$ кВт. Земля получает лишь небольшую долю солнечной энергии, равную 2×10^{-7} , и такого количества вполне достаточно для обеспечения многообразия форм жизни на Земле. За трое суток Земля получает от Солнца такое количество энергии, которое можно было бы подать при сжигании всех природных запасов угля, газа, нефти и древесины. Несмотря на то, что потенциал солнечной энергии чрезвычайно велик, разработанные к настоящему времени гелиоустановки вырабатывают сравнительно небольшую долю энергии. В качестве преобразователей солнечной энергии в электрическую применяются полупроводниковые фотоэлементы из кремниевых пластин. Эф-

эффективность их преобразования составляет около 15%, а в перспективе она может достигнуть 30–40%. Однако все же сравнительно медленное развитие гелиоэнергетики определяет другой фактор – сумма капиталовложений на 1 кВт электроэнергии, вырабатываемой гелиоустановкой, примерно в 1000 раз больше, чем на гидроэлектростанции. Предполагается, что овладение процессом фотосинтеза сделает доступным широкое применение солнечной энергии. В лабораторных условиях вне растительной клетки уже осуществлена первая фаза данного процесса – произведено фотохимическое разложение воды на элементы. Образующийся водород – превосходный энергоноситель: из известных нерадиоактивных веществ он обладает самой высокой плотностью энергии – 33 кВт/кг (плотность энергии углерода равна всего 9,1 кВт/кг).

В процессе фотосинтеза в зеленых растениях из энергетически бедных соединений – углекислого газа и воды образуется более сложный по структуре и богатый энергией крахмал, из которого синтезируются жиры, белки, целлюлоза и другие органические компоненты. Как известно из периодической печати, совсем недавно нечто подобное смогли сделать японские ученые. Смесь, состоящую из размолотого магнетита и угольного порошка, они подвергли облучению концентрированным солнечным светом и нагрели ее до 1200°C. В результате химической реакции образовались водород и угарный газ. Из данных газов можно синтезировать, например, метиловый спирт, который может служить превосходным горючим для автомобилей. Кпд такого процесса достигает 47,6%, тогда как КПД фотосинтеза – 1–2%.

Ядерное топливо. Ядерное топливо – чрезвычайно энергоемкий источник энергии. Например, 1 кг урана-235 при расщеплении выделяет 24 млн кВт энергии, что соответствует теплотворной способности 3 тыс. т каменного угля, т.е. 1 кг урана дает почти в 3 млн раз больше энергии, чем 1 кг каменного угля, или в 7 млн раз больше, чем 1 кг бурого угля.

В отличие от углеродосодержащих носителей энергии, которые применяются и как сырье для химической промышленности, уран представляет практический интерес преимущественно для производства электрической и тепловой энергии. Однако, несмотря на это, при возрастающем спросе на атомную энергию запасы урана-235 через некоторое время будут исчерпаны. Вместе с тем огромные возможности для развития атомной энергетики открываются с созданием реакторов-размножителей (бридеров), в которых выработка энергии сопровождается производством вторичного горючего – плутония, что позволит кардинально решить проблему обеспечения ядерным топливом. Как показывают оценки, 1 т гранита содержит примерно 3 г урана-235 и 12 г тория-232 (именно они используются в качестве сырья в бридерах). При потреблении 5×10^8 МВт энергии (на два порядка выше, чем сейчас) запаса урана и тория в граните хватит на 10^9 лет. Первый опытно-

промышленный реактор на быстрых нейтронах мощностью до 350 МВт построен в г. Шевченко на берегу Каспийского моря. Он используется для производства электроэнергии и опреснения морской воды, обеспечивая водой город и прилегающий район нефтедобычи с населением около 150 тыс человек.

Колоссальным источником энергии может стать термоядерный синтез – образование из легких ядер более тяжелых. При термоядерном синтезе энергии выделяется на один нуклон значительно больше, чем в реакции деления тяжелых ядер. Например, если при делении ядра урана-238 выделяется энергия 0,84 МэВ на один нуклон, то при термоядерном синтезе дейтерия и трития – примерно 3,5 МэВ. Термоядерные реакции дают наибольший выход энергии на единицу массы «горючего», чем любые другие превращения. Так, количество дейтерия в стакане простой воды эквивалентно примерно 60 л бензина. Поэтому перспектива осуществления управляемого термоядерного синтеза выглядит весьма заманчиво. Трудность реализации этой идеи на практике заключается в том, что такой синтез возможен при очень высокой температуре – 10^7 – 10^8 К. В данном случае синтезируемое вещество находится в плазменном состоянии, и возникает техническая проблема удержания горячей плазмы в ограниченном объеме. Предполагается, что термоядерный синтез – основной источник энергии Солнца и звезд.

Впервые искусственная термоядерная реакция осуществлена в СССР в 1953 г., а затем через полгода – в США в виде взрыва водородной (термоядерной) бомбы, представляющего неуправляемую реакцию синтеза. Взрывчатое вещество в водородной бомбе – это смесь дейтерия и трития. Запалом в ней служит обычная атомная бомба, при взрыве которой возникает сверхвысокая температура, необходимая для синтеза легких ядер.

Над решением проблемы управляемого термоядерного синтеза работают ученые многих стран в течение нескольких последних десятилетий. Один из путей решения данной проблемы – удержание горячей плазмы в ограниченном объеме сильными магнитными полями, для чего создаются сложнейшие в техническом исполнении термоядерные реакторы. Один из первых подобных реакторов – Токамак-10 был собран в 1975 г. в Институте атомной энергии им. И.В. Курчатова.

Управляемый термоядерный синтез открывает человечеству доступ к неисчерпаемой «кладовой» ядерной энергии, запасенной в легких элементах. Извлечение энергии возможно из дейтерия, содержащегося в обычной воде. Расчеты показывают, что количество этого элемента в океанской воде составляет примерно 4×10^{13} т, чему соответствует энергетический запас 10^{17} МВт-год, а такие энергетические ресурсы можно считать неограниченными. Остается только надеяться, что проблема управляемого термоядерного синтеза в недалеком будущем будет успешно решена.

6.7. Эффективность энергосистем

В настоящее время во многих странах значительная часть тепловой и электрической энергии получается от сжигания углеродосодержащих горючих ископаемых – нефти, природного газа и угля, поэтому повышение эффективности такого производства энергии и увеличение КПД различного рода энергетических установок имеет очень большое значение. Если, к примеру, КПД паровых машин составляло всего 2–5%, то для большинства современных электростанций КПД превышает 30%. Это означает, что из каждой тонны топлива примерно 700 кг тратится на бесполезное нагревание воды, воздуха, деталей установки.

В последние десятилетия за счет оптимизации процессов и совершенствования технологического оборудования КПД энергетических установок удалось повысить примерно до 40%, что приближается к пределу в 44%, определяемому законами термодинамики. Следовательно, нужно искать новые способы производства энергии. Одним из перспективных способов превращения тепловой энергии в электрическую считается магнетогидродинамический (МГД) метод. В МГД-генераторе энергия электропроводящей среды (обычно низкотемпературной плазмы), движущейся в магнитном поле, непосредственно преобразуется в электрическую энергию. В таких генераторах ожидается получить КПД до 65%, однако реально данный показатель не превышает 40%, что и сдерживает их широкое промышленное применение.

Представляет интерес превращение химической энергии в механическую, которое реализуется при мышечной деятельности живых организмов. Это удалось испытать в лабораторных условиях: синтезирована пластмассовая пленка, которая под влиянием щелочей растягивается вдвое и увеличивается в объеме в 8 раз, а под действием соляной кислоты сокращается. В результате такой деформации пленки можно совершить полезную работу, например в виде поднятия груза. Для возбуждения сжатия и расширения в лабораторных моделях механизмов уже применялись белковые волокна в сочетании с растворами солей различных концентраций.

Прямое превращение химической энергии в электромагнитную происходит в сравнительно недавно созданных химических лазерах, в которых возбужденное состояние атомов достигается за счет энергии химических реакций, преобразующейся в энергию электромагнитного излучения. Производство электроэнергии сопровождается большими потерями. Существенные потери происходят и при передаче электроэнергии, особенно на большие расстояния. В последние десятилетия интенсивно ведутся работы по синтезу электропроводящих материалов проводников для передачи электроэнергии с минимальными потерями. Уже синтезированы высокотемпературные сверхпроводящие материалы, что

является крупнейшим достижением естествознания. Вместе с тем для передачи электроэнергии наиболее практичны проводники, сверхпроводящее свойство которых проявлялось бы не при низких, а при обычных температурах. С большими потерями связано использование электроэнергии. Например, энергетический КПД для процесса синтеза аммиака составляет 25–42%, хотя потребление энергии для такого процесса за последние 50–60 лет уменьшилось более чем на 50%. Энергетический КПД для обычных способов получения винилхлорида равен 12%, а для его синтеза из NO – всего лишь 5–6,5%. В большинстве случаев на высокотемпературных процессах теряется до 60–70% энергии.

Потери энергии в химической промышленности во многих случаях обуславливаются объяснимыми объективными факторами, связанными с уровнем развития не только химии, но и естествознания в целом. Однако есть и субъективные причины. Одна из них заключается в том, что очень часто химики занимаются разработкой методов превращения веществ с высоким выходом конечной продукции, не придавая должного внимания разработке энергетически эффективных технологических процессов. В результате получается, что для многих технологических процессов энергетический КПД сравнительно небольшой, а выход конечной продукции достаточно высок. Повышение энергетического КПД процессов и аппаратов – одна из важнейших задач химической промышленности. Возможны разные пути ее решения: улучшение условий химических реакций; уменьшение числа стадий технологического процесса; проведение реакций при обычных температурах и давлении окружающей среды; приближение химических процессов к биологическим и, наконец, разработка новых технологических приемов. Сохранение энергетических ресурсов – неотъемлемая задача всех отраслей материального производства.

6.8. Радиоактивные изотопы

Изотопы – разновидности химических элементов, у которых ядра атомов отличаются числом нейтронов, но содержат одинаковое число протонов и поэтому занимают одно и то же место в периодической системе элементов. Различают устойчивые (стабильные) и радиоактивные изотопы. Термин «изотопы» впервые предложил в 1910 г. Фредерик Содди (1877–1956), известный английский радиохимик, лауреат Нобелевской премии 1921 г., экспериментально доказавший образование радия из урана.

Применение радиоактивных изотопов. Радиоактивные изотопы широко применяются не только в атомной энергетике, но и в разнообразной приборной технике, медицине и т.п. В промышленно развитых странах выпускается множество приборов и аппаратов, содержащих радиоактивные изотопы. Все они служат для определения плотности, однородности, гигроскопичности и других характеристик материалов.

С помощью радиоактивных изотопов можно проследить за перемещением химических соединений при физических, технологических, биологических или химических процессах. Для этого используются меченые атомы (радиоактивные индикаторы). В исследуемое вещество вводят радиоактивные изотопы определенных элементов, тем самым метят его и затем наблюдают за движением меченых атомов. Данный способ позволяет исследовать механизмы реакций при превращениях веществ в сложных условиях, например в доменной печи или в аммиачном реакторе, а также изучать процессы обмена веществ в живых организмах. Например, введение изотопа азота-15 позволяет исследовать процесс биологического связывания азота воздуха растениями семейства бобовых (гороха, клевера, вики и др.). Изотоп кислорода-18 помогает выяснить механизм дыхания живых организмов.

Радиоактивный метод анализа вещества дает возможность определить содержание в нем различных металлов от кальция до цинка в чрезвычайно малых концентрациях – до 10^{-10} (для этого требуется всего лишь 10^{-12} г вещества).

Радиоактивные препараты оказались полезными и в медицинской практике. С их помощью осуществляется лечение многих заболеваний, в том числе и злокачественных опухолей.

Изотопы плутония-238, кюрия-224 и др. могут применяться для производства батарей небольшой мощности – от киловатта до милливатта, используемых, например, в приборах для стабилизации ритма сердца. При этом для бесперебойной работы на протяжении по крайней мере 10 лет достаточно всего 150–200 мг плутония (оксидортутные батареи служат до 4 лет).

В результате радиационно-химических реакций из кислорода образуется озон, из газообразных парафинов – водород и сложные соединения низкомолекулярных олефинов. Облучение полиэтилена, поливинилхлорида и других полимеров приводит к повышению их термостойкости и прочности. Можно привести множество других примеров практического применения изотопов и радиоактивного излучения. Вместе с тем отношение людей к радиации, особенно в последние десятилетия, резко изменилось. За примерно столетнюю историю радиоактивные источники прошли долгий путь от эликсира жизни до символа зла.

6.9. Плазмохимические процессы

Плазмохимические процессы протекают в слабоионизированной, или низкотемпературной, плазме при температуре от 1000 до 10000°С. Такие процессы характеризуются возбужденным состоянием ионизированных и неионизированных частиц, столкновения которых приводят к очень высокой скорости химических реакций.

В плазмохимических процессах скорость перераспределения химических связей между реагирующими частицами очень высока: длительность элементарных актов химических превращений составляет около 10^{-13} с при почти полном отсутствии обратимости реакции. Такая скорость в обычных заводских реакторах из-за обратимости снижается в тысячи и миллионы раз, поэтому плазмохимические процессы высокопроизводительны.

Производительность метанового плазмохимического реактора – плазмотрона крохотных размеров (длиной 65 см и диаметром 15 см) – составляет 75 т ацетилена в сутки. По производительности такой плазмотрон не уступает огромному заводу. В данном реакторе при температуре 3000–3500°C за одну десятитысячную долю секунды около 80% метана превращается в ацетилен. Степень использования энергии достигает 90–95%, а энергозатраты составляют не более 3 кВт·ч на 1 кг ацетилена. В то же время в паровом реакторе пиролиза метана энергозатраты вдвое больше.

В последнее время разработан эффективный способ связывания атмосферного азота посредством плазмохимического синтеза оксида азота, который гораздо экономичнее традиционного аммиачного способа. Создана плазмохимическая технология производства мелкодисперсных порошков – основного сырья для бурно развивающейся порошковой металлургии. Разработаны плазмохимические методы синтеза карбидов, нитридов, карбонитридов таких металлов, как титан, цирконий, ванадий, ниобий и молибден, при сравнительно небольших энергозатратах – 1–2 кВт·ч на 1 кг готовой продукции. Плазмохимические способы промышленного производства многих видов химической продукции отличаются высокой производительностью при сравнительно небольших затратах энергии.

В 70-х годах XX в. созданы плазмохимические сталеплавильные печи, производящие высококачественный металл. Именно таким печам принадлежит будущее в электрометаллургии. Ионно-плазменная обработка рабочей поверхности инструментов позволяет увеличить их износостойкость в несколько раз. В результате подобной обработки можно сформировать, например, пористый рельеф на ровной поверхности. Ионно-плазменное напыление в вакууме широко применяется для формирования элементов микронных размеров современных интегральных схем микроэлектроники.

Методом плазменного напыления можно нанести пористое покрытие со сложной микроструктурой, которая способствует срастанию эндопротеза с костной тканью. Такие покрытия обладают большой удельной поверхностью. С их помощью можно увеличить эффективность катализатора для дожигания выхлопных газов автомобиля. Пористые покрытия, нанесенные на поверхность теплообменников, увеличивают ко-

эffiциент теплоотдачи, а пористые керамические покрытия служат надежной защитой от теплопотерь.

Плазмохимия позволяет синтезировать такие ранее неизвестные материалы, как металлобетон, в котором в качестве связующих материалов используются сталь, чугун, алюминий. Металлобетон образуется при сплавлении частиц горной породы с металлом и по прочности превосходит обычный бетон: на сжатие – в 10 раз и на растяжение – в 100 раз.

ЛЕКЦИЯ 7

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ ОРГАНИЗАЦИИ МАТЕРИИ

7.1. Важнейшие открытия второй половины XIX века, которые легли в основу современной биологии

Современная биология основывается на тех достижениях, которые были сделаны в этой науке во второй половине XIX в.: создание Ч. Дарвином эволюционного учения, основополагающие работы К. Бернара в области физиологии, основополагающие исследования Л. Пастера, Р. Коха и И.И. Мечникова в области микробиологии и иммунологии, работы И.М. Сеченова и И.И. Павлова в области высшей нервной деятельности и, наконец, блестящие работы Г. Менделя, хотя и не получившие известности до начала XX в., но уже выполненные их выдающимся автором. XX век является продолжением не менее интенсивного прогресса в биологии. В 1900 г. голландским ученым-биологом Х. де Фризом (1848–1935), немецким ученым-ботаником К.Э. Корренсом (1864–1933) и австрийским ученым Э. Чермак-Зейзенеггом (1871–1962) независимо друг от друга и почти одновременно вторично были открыты и стали всеобщим достоянием законы наследственности, установленные Менделем.

Развитие генетики после этого происходило быстро. Был принят принцип дискретности в явлениях наследственности, открытый еще Менделем; опыты по изучению закономерностей наследования потомками свойств и признаков родителей были значительно расширены. Было принято понятие «ген», введенное известным датским биологом Вильгельмом Иогансоном (1857–1927) в 1909 г. и означающее единицу наследственного материала, ответственного за передачу по наследству определенного признака.

Утвердилось понятие хромосомы как структурного ядра клетки, содержащего дезоксирибонуклеиновую кислоту (ДНК) – высокомолекулярное соединение, носитель наследственных признаков.

Дальнейшие исследования показали, что ген является определенной частью ДНК и действительно носителем только определенных наследуемых свойств, в то время как ДНК – носитель всей наследственной информации организма.

Развитию генетики способствовали в большой мере исследования известного американского биолога, одного из основоположников этой науки, Томаса Ханта Моргана (1866–1945). Он сформулировал хромосомную теорию наследственности. Большинство растительных и животных организмов являются диплоидными, т.е. их клетки (за исключением половых) имеют наборы парных хромосом, однотипных хромосом от женского и мужского организмов. Хромосомная теория наследственности сделала более понятными явления расщепления в наследовании признаков.

Важным событием в развитии генетики стало открытие мутаций – возникающих внезапно изменений в наследственной системе организмов и потому могущих привести к устойчивому изменению свойств гибридов, передаваемых и далее по наследству. Своим возникновением мутации обязаны либо случайным в развитии организма событиям (их обычно называют естественными или спонтанными мутациями), либо искусственно вызываемым воздействиям (такие мутации часто именуют индуцированными). Все виды живых организмов (как растительных, так и животных) способны мутировать, т.е. давать мутации. Это явление – внезапное возникновение новых, передающихся по наследству свойств – известно в биологии давно. Однако систематическое изучение мутаций было начато голландским ученым Хуго де Фризом, установившим и сам термин «мутации». Было обнаружено, что индуцированные мутации могут возникать в результате радиоактивного облучения организмов, а также могут быть вызваны воздействием некоторых химических веществ.

Следует отметить первооткрывателей всего того, что связано с мутациями. Советский ученый-микробиолог Георгий Адамович Надсон (1867–1940) вместе со своими коллегами и учениками установил в 1925 г. воздействие радиоизлучения на наследственную изменчивость у грибов. Известный американский генетик, Герман Джозеф Меллер (1890–1967), работавший в течение 1933–1937 гг. в СССР, обнаружил в 1927 г. в опытах с дрозофилами сильное мутагенное действие рентгеновских лучей. В дальнейшем было установлено, что не только рентгеновское, но и любое ионизированное облучение вызывает мутации.

Достижения генетики (и биологии в целом) за прошедшее после выхода в свет книги Ч. Дарвина «Происхождение видов» время так значительны, что было бы удивительно, если бы все это никак не повлияло на дарвиновскую теорию эволюции. Два фактора: изменчивость и на-

следственность, которым Дарвин придавал большое значение, получили более глубокое толкование.

Итак, дальнейшее развитие биологии и входящей в нее составной частью генетики, во-первых, еще более укрепило дарвиновскую теорию эволюции живого мира и, во-вторых, дало более глубокое толкование (соответствующее достигнутым успехам в биологии) понятиям изменчивости и наследственности, а следовательно, всему процессу эволюции живого мира. Более того, можно сказать, что успехи биологии выдвинули эту науку в ряды лидеров естествознания, причем наиболее поразительные ее достижения связаны с изучением процессов, происходящих на молекулярном уровне.

Прогресс в области изучения макромолекул до второй половины нашего века был сравнительно медленным, но благодаря технике физических методов анализа, скорость его резко возросла.

У. Астбери ввел в науку термин «молекулярная биология» и провел основополагающие исследования белков и ДНК. Хотя в 40-е годы почти повсеместно господствовало мнение, что гены представляют собой особый тип белковых молекул, в 1944 году О. Эвери, К. Маклеод и М. Маккарти показали, что генетические функции в клетке выполняет не белок, а ДНК. Установление генетической роли нуклеиновых кислот имело решающее значение для дальнейшего развития молекулярной биологии, причем было показано, что эта роль принадлежит не только ДНК, но и РНК (рибонуклеиновой кислоте).

Расшифровку молекулы ДНК произвели в 1953 г. Ф. Крик (Англия) и Д. Уотсон (США). Уотсону и Крику удалось построить модель молекулы ДНК, напоминающую двойную спираль.

Наряду с изучением нуклеиновых кислот и процессом синтеза белка в молекулярной биологии большое значение с самого начала имели исследования структуры и свойств самих белков. Параллельно с расшифровкой аминокислотного состава белков проводились исследования их пространственной структуры. Среди важнейших достижений этого направления следует назвать теорию спирали, разработанную в 1951 г. Э. Полингом и Р. Кори. Согласно этой теории, полипептидная цепь белка не является плоской, а свернута в спираль, характеристики которой были также определены.

Несмотря на молодость молекулярной биологии, успехи, достигнутые ею в этой области, ошеломляющие. За сравнительно короткий срок были установлены природа гена и основные принципы его организации, воспроизведения и функционирования. Полностью расшифрован генетический код, выявлены и исследованы механизмы и главные пути образования белка в клетке. Полностью определена первичная структура многих транспортных РНК. Установлены основные принципы организации

разных субклеточных частиц, многих вирусов и разгаданы пути их биогенеза в клетке.

Другое направление молекулярной генетики – исследование мутации генов. Современный уровень знаний позволяет не только понять эти тонкие процессы, но и использовать их в своих целях. Разрабатываются методы генной инженерии, позволяющие внедрить в клетку желаемую генетическую информацию. В 70-е годы появились методы выделения в чистом виде фрагментов ДНК с помощью электрофореза.

В 1981 г. процесс выделения генов и получения из них различных цепей был автоматизирован. Генная инженерия в сочетании с микроэлектроникой предвещают возможности управлять живой материей почти так же, как неживой.

В последнее время в средствах массовой информации активно обсуждаются опыты по клонированию и связанные с этим нравственные, правовые и религиозные проблемы. Еще в 1943 г. журнал «Сайенс» сообщил об успешном оплодотворении яйцеклетки в «пробирке». Далее события развивались следующим образом.

1973 г. – профессор Л. Шетлз из Колумбийского университета в Нью-Йорке заявил, что он готов произвести на свет первого «бэби из пробирки», после чего последовали категорические запреты Ватикана и пресвитерианской церкви США.

1978 г. – рождение в Англии Луизы Браун, первого ребенка «из пробирки».

1997 г. – 27 февраля «Нейчур» поместил на своей обложке – на фоне микрофотографии яйцеклетки – знаменитую овечку Долли, родившуюся в институте Рослин в Эдинбурге.

1997 г. – в самом конце декабря журнал «Сайенс» сообщил о рождении шести овец, полученных по рослинскому методу. Три из них, в том числе и овечка Долли, несли человеческий ген «фактора IX», или кровоостанавливающего белка, который необходим людям, страдающим гемофилией, то есть несвертываемостью крови.

1998 г. – чикагский физик Сиди объявляет о создании лаборатории по клонированию людей: он утверждает, что отбоя от клиентов у него не будет.

1998 г., начало марта – французские ученые объявили о рождении клонированной телочки.

Все это открывает уникальные перспективы для человечества.

Клонирование органов и тканей – это задача номер один в области трансплантологии, травматологии и других областях медицины и биологии. При пересадке клонированного органа не надо думать о подавлении реакции отторжения и возможных последствиях в виде рака, развившегося на фоне иммунодефицита. Клонированные органы станут спасением для людей, попавших в автомобильные аварии или какие-нибудь иные ка-

тастрофы, или для людей, которым нужна радикальная помощь из-за заболеваний пожилого возраста (изношенное сердце, больная печень и т.д.).

Самый наглядный эффект клонирования – дать возможность бездетным людям иметь своих собственных детей. Миллионы семейных пар во всем мире страдают, будучи обреченными оставаться без потомков.

Описание генома человека ученым удалось получить значительно раньше планировавшихся сроков (2005–2010 гг.). Уже в канун нового, XXI в. были достигнуты сенсационные результаты в деле реализации указанного проекта. Оказалось, что в геноме человека – от 30 до 40 тысяч генов (вместо предполагавшихся ранее 80–100 тыс). Это ненамного больше, чем у червяка (19 тыс генов) или мухи-дрозофилы (13,5 тыс).

Расшифровка генома человека дала огромную, качественно новую научную информацию для фармацевтической промышленности. Вместе с тем оказалось, что использовать это научное богатство фармацевтической индустрии сегодня не по силам. Нужны новые технологии, которые появятся, как предполагается, в ближайшие 10–15 лет. Именно тогда станут реальностью лекарства, поступающие непосредственно к больному органу, минуя все побочные эффекты. Выйдет на качественно новый уровень трансплантология, получит развитие клеточная и генная терапия, радикально изменится медицинская диагностика и т.д.

7.2. Многогранность живого

Предбиологические структуры, представляющие собой гигантские органические макромолекулы, являются пределом химической эволюции вещества. Следующий и принципиально иной уровень сложности в организации материи по сравнению с атомарно-молекулярным уровнем – это *живая материя*, живая природа. Жизнь во всех ее формах является объектом *биологии*, поэтому, имея в виду все живое, можно говорить о *биологическом уровне организации материи*.

Живая природа (коротко – жизнь) – это такая форма организации материи на уровне макромира, которая резко отличается от других форм сразу многими признаками. Каждый из этих признаков может служить для разграничения живой и неживой природы, а соответственно – основой для определения, что есть жизнь. Существенными оказываются все эти признаки. Ни одним из них нельзя пренебречь.

Прежде всего **любой живой объект является системой – совокупностью взаимодействующих элементов, которая обладает свойствами, отсутствующими у элементов, образующих этот объект.** Для последующего анализа живого воспользуемся определением жизни, которое дал академик М.В. Волькенштейн: **«Жизнь есть форма существования макроскопических гетерогенных открытых сильнонерав-**

новесных систем, способных к самоорганизации и самовоспроизведению». Рассмотрим отдельные положения этой формулировки.

Микроскопичность живого означает, что любой живой организм, начиная с бактерии, или же его самостоятельно функционирующая подсистема должны содержать большое число атомов. Иначе упорядоченность, необходимая для жизни, разрушилась бы флуктуациями.

Гетерогенность означает, что организм образован из множества различных веществ.

Открытость живой системы проявляется в непрерывном обмене энергией и веществом с окружающей средой. Самоорганизация возможна лишь в открытых *сильнонеравновесных* системах.

Помимо отмеченных ключевых особенностей живых систем следует указать на другие важные свойства живых организмов.

Сходство химического состава всех живых организмов. Элементный состав живого определяется главным образом шестью элементами: кислород, углерод, водород, азот, сера, фосфор. Кроме того, живые системы содержат совокупность сложных биополимеров, которые для неживых систем не характерны (белки, нуклеиновые кислоты, ферменты и др.).

Живые системы существуют **конечное** время. *Свойство самовоспроизведения* сохраняет биологические виды. Конечность живых систем создает условия их сменяемости и совершенствования.

Свойство всего живого – *раздражимость* – проявляется в виде реакции живой системы на информацию, воздействие извне.

Живая система обладает *дискретностью* – состоит из отдельных (дискретных) элементов, взаимодействующих между собой. Каждый из них также является живой системой. Наряду с дискретностью живой системе присуще свойство *цельности* – все ее элементы функционируют только благодаря функционированию всей системы в целом.

7.3. Триединство концептуальных уровней познания в современной биологии

Биологию можно определить как науку о живом, о строении живой материи и процессах с ее участием, формах и развитии живого, распространении живых организмов и их природных сообществ, взаимосвязях живой и неживой природы.

Одна из особенностей биологии связана с тремя концептуальными уровнями биологического знания. Сосуществуют одновременно три «образа» биологии: *описательно-натуралистическая* (иное название – *традиционная*) биология, *физико-химическая* биология и *эволюционная* биология.

Традиционная биология имеет самую долгую историю. Ее метод – тщательное наблюдение и описание явлений природы, а главная задача –

их классифицирование. Эту задачу выполняет биологическая **систематика**. В рамках систематики биологические объекты объединяют в группы (**таксоны**). Группировка возможна по различным принципам. **Искусственная классификация** проводится на основе легко обнаруживаемых признаков (так, возможна классификация по месту обитания). **Естественная классификация** использует более содержательные критерии, например, эволюционные связи биологических объектов, в основе которых лежит общее историческое происхождение. **Объектом изучения традиционной биологии была и остается живая природа в ее естественном состоянии и нерасчлененной целостности.**

Физико-химическая биология сформировалась благодаря экспериментальным тенденциям, существовавшим в науке издавна (поэтому иногда это направление именуют еще и *экспериментальной биологией*). В настоящее время **методами экспериментальной биологии исследуется молекулярный уровень живого, а также структура и функции живых систем на всех остальных уровнях организации.** В арсенале современной экспериментальной биологии метод изотопных индикаторов, методы рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии, ультразвуковое зондирование, высокочувствительные методы электромагнитных измерений и др. Развитие физико-химического направления биологии объективно способствовало тесному взаимодействию естественных наук, формированию целостной современной естественнонаучной картины мира. Следует отметить также большое прикладное значение физико-химической биологии как основы многих новейших направлений медицины.

Эволюционная биология. С того времени, как в биологии было в полной мере осознано неотъемлемое и наиболее характерное свойство живого – его способность развиваться и совершенствоваться, *концепция эволюции* получила в ней самостоятельное значение и обусловила формирование отдельного направления – эволюционной биологии. Ее истоки лежат в традиционной биологии. Ч. Дарвин создал теорию естественного отбора, будучи типичным натуралистом. Учение Дарвина – плод пристальных наблюдений над живой природой в самых разных формах ее проявления. Достижения в области традиционной и физико-химической биологии ничего не изменили в логике теории естественного отбора, однако привели к гигантскому обогащению ее предметного содержания. Это в конечном итоге и привело к формированию эволюционной биологии. **Современная эволюционная биология имеет задачей последовательное развитие представлений об увеличении многообразия и сложности живого, включая раскрытие деталей механизма эволюции и научное решение проблемы происхождения жизни.**

Многообразные знания о живой природе плохо поддаются формализации и формулированию на их основе постулатов и обобщений, кото-

рые могли бы послужить базой для всеохватывающего теоретического знания о живом. На сегодняшний день *теоретическая биология* только формируется. Главная проблема будущей теоретической биологии – создание *единой теории живого*.

7.4. Структурные уровни организации живых систем

Жизни как природному явлению присуща своя иерархия уровней организации, определенная упорядоченность, соподчиненность этих уровней. Открытие клетки как элемента живых структур и представление о системности, цельности этих структур стали основой последующего построения иерархии живого.

Концепция структурных уровней живого включает представление об иерархической соподчиненности структурных уровней, системности и органической целостности живых организмов. В соответствии с этой концепцией структурные уровни различаются не только сложностью, но и закономерностями функционирования. Вследствие иерархической соподчиненности каждый из уровней организации живой материи должен изучаться с учетом характера ниже и вышестоящего уровней в их функциональном взаимодействии.

Рассмотрим отдельные уровни организации живой материи, начав с низшей ступени, на которой смыкаются биология и химия.

Молекулярно-генетический уровень. Это тот уровень организации материи, на котором совершается скачок от атомно-молекулярного уровня неживой материи к макромолекулам живого.

Белки – органические соединения, входящие в состав всех живых организмов. Белки являются биополимерными макромолекулами, так как состоят из большого числа повторяющихся и сходных по структуре низкомолекулярных соединений (мономеров). Перестановки и различные сочетания мономеров в длинных полимерных цепях обеспечивают построение множества вариантов молекул белка и придают ему разнообразные свойства. В состав белка входит 20 аминокислот-мономеров.

Характерным физическим свойством аминокислот, содержащихся в живых системах, является то, что все они способны поворачивать влево плоскость поляризации светового луча. В свою очередь, это означает, что **свойством живой материи является ее молекулярная асимметричность**, подобная асимметрии левой и правой рук. Опираясь на такую аналогию, это **свойство живого называли молекулярной хиральностью** (от греч. *cher* – рука).

Первоначально казалось, что фундаментальную основу жизни составляют именно белковые молекулы. Но с химической точки зрения ни сам белок, ни его составные части не представляют ничего уникального. Дальнейшие исследования, направленные на изучение механизмов вос-

производства и наследственности, позволили выявить то специфическое, что отличает на молекулярном уровне живое от неживого. Наиболее важным было выделение веществ из ядра клетки, обладающих свойствами кислот и названных *нуклеиновыми* (то есть ядерными) *кислотами*. Один тип этих кислот получил широко используемое сокращенное название **РНК** (рибонуклеиновые кислоты), другой – **ДНК** (дезоксирибонуклеиновые кислоты). Удалось доказать, что **ДНК обладает способностью сохранять и передавать наследственную информацию организмов**. В 1953 г. была расшифрована структура ДНК. Оказалось, что молекула ДНК состоит из двух мономерных цепей, идущих в противоположных направлениях и закрученных одна вокруг другой наподобие пары электрических проводов. ДНК, находящиеся в клетке, разделены на участки – *хромосомы*. Мономеры нуклеиновых кислот несут информацию, по которой строятся аминокислоты и белковые молекулы организма. **Участок молекулы ДНК, содержащий информацию об одном из набора белков организма, называют геном**. Гены расположены в хромосомах.

Изучение строения и функции молекул нуклеиновых кислот стало возможным лишь при использовании физических методов и представлений. Молекулярная биология, изучающая биологические объекты и процессы на молекулярном уровне, – один из наиболее ярких примеров современной тенденции к интеграции научного знания.

Клеточный уровень. Любой живой организм состоит из клеток. В простейшем случае – из единственной клетки (бактерии, амебы). **Клетка является мельчайшей элементарной живой системой и является первоосновой строения, жизнедеятельности и размножения всех организмов**. Клетки всех организмов сходны по строению и составу веществ. Всеми сложными многоступенчатыми процессами в клетке управляет особая структура, как правило, находящаяся в ее ядре и состоящая из длинных цепей молекул нуклеиновых кислот.

Клетки обладают разнообразием форм, размеров, функций. Существуют клетки, не содержащие ядра – **прокариоты** (безъядерные клетки). Исторически они являются предшественниками клеток с развитой структурой, то есть клеток, имеющих ядро – **эукариотов**.

«На общедоступном языке мы можем назвать ядро **администратором клетки**. Две главные черты роднят его с администраторами: оно стремится плодить себе подобных и успешно отражает все наши попытки узнать, чем же именно ядро занимается. Только попытавшись обойтись без него, мы узнаем, что оно действительно работает». (Д. Мэйзи. Строение и функции биологических структур.)

Следует отметить, что к миру живого относятся также и **вирусы** – мельчайшие бесклеточные организмы размером примерно в 50 раз меньше бактерий. Они находятся на границе между живой и неживой

материей. Не имея клеточной структуры, они способны ее воспроизводить, внедряясь в среду чужих клеток.

Тканевый уровень. Совокупность клеток с одинаковым уровнем организации образует живую ткань. Из тканей состоят различные органы живых организмов.

Организменный уровень. Система совместно функционирующих органов образует организм. В отличие от предыдущих уровней на организменном уровне проявляется большое разнообразие живых систем. Организменный уровень именуют также онтогенетическим.

Популяционно-видовой уровень образован совокупностью видов и популяций живых систем. **Популяция** – это совокупность организмов одного вида, обладающих единым *генофондом* (совокупностью генов). Она является *надорганизменной* живой системой, так же, как и *вид*, состоящий обычно из нескольких популяций. **На этом уровне реализуется биологический эволюционный процесс.**

Биоценотический уровень образован *биоценозами* – исторически сложившимися устойчивыми сообществами популяций, связанных друг с другом и окружающей средой обменом веществ.

Биосферный уровень организации живого: совокупность биоценозов образует биосферу Земли.

Отдельные структурные уровни живого являются объектами изучения для отдельных биологических наук, то есть условными разграничителями биологического знания. Так, молекулярный уровень изучается молекулярной биологией, генетикой; клеточный уровень служит объектом для цитологии, микробиологии; анатомия и физиология изучают жизнь на тканевом и организменном уровнях; зоология и ботаника имеют дело с организменным и популяционно-видовым уровнями; экология охватывает биоценотический и биосферный уровни.

7.5. Развитие современной концепции биохимического единства всего живого

Пока в биологии не существовало методов физико-химического исследования и сколько-нибудь ясных теоретических концепций, сущность живого сводили к наличию некоей «таинственной силы», благодаря которой развивается и воспроизводится все живое. Такой подход к пониманию живого называют *витализмом*. Витализм уводил исследователей по ложному пути и не способствовал постижению принципов функционирования живых организмов. Эти принципы были раскрыты на пути детального изучения процессов обмена веществом, энергией и информацией в живых системах разного уровня организации, начиная от клетки и заканчивая биосферой.

Углубление современных знаний о происхождении жизни проводит к появлению различных теорий предбиологической эволюции. Существует несколько точек зрения на саму природу образования жизни на Земле.

Первая заключается в следующем: жизнь *возникла* на Земле из неживых (минеральных) форм.

Следовательно:

а) жизнь представляет собой направленный вектор эволюции от неживого к живому;

б) грань живого и неживого весьма резка, а сама жизнь крайне неустойчива и может в любой момент вернуться в область неживого;

в) живое из неживого – событие почти невероятное! Особенно если учесть, что на близко расположенных планетах признаки жизни не обнаружены.

Вторая посылка: жизнь *получила развитие* на Земле. Это означает, что:

а) жизнь является порождением Космоса, а Земля предоставила лишь необходимые условия для ее развития (в космическом пространстве на орбите между Марсом и Юпитером находится пояс астероидов, из которого к нам на Землю попадают некоторые разновидности метеоритов (хондриты), содержащие весьма высокие (до нескольких процентов!) концентрации углерода неорганического происхождения, из которого возможен синтез первоосновы жизни – аминокислот;

б) преджизненная основа – весьма устойчивое образование, раз она может преодолевать громадные расстояния в Космосе;

в) сущность принципа Пастера-Реди (живое только от живого);

г) жизнь – не такое уж редкое событие во Вселенной. По гипотезе английского астрофизика Джеймса Джинса (1877–1946) предполагается, что жизнь – это плесень, возникающая на поверхности небесных тел. Это парадоксальное утверждение было наиболее естественным объяснением возникновения жизни.

Анализируя **феномен живого вещества**, можно заключить, что **он препятствует вырождению материи во Вселенной, так как часть ее бесструктурного состояния переходит в структурное, понижая энтропию системы. Фотосинтез – прекрасная иллюстрация этому.**

Переход от неживого к живому осуществился после того, как на базе предшествующих предбиологических структур возникли и развились зачатки двух основополагающих жизненных систем: **системы обмена веществ (метаболизма) и системы воспроизводства** живой клетки. Пока невозможно сказать, как конкретно происходило это развитие. В современной природе мы наблюдаем конечный результат того качественного скачка, который привел в образованию живой клетки, и последовавшего за этим процесса биологической эволюции.

Изучение указанных систем дало важнейший попутный результат: **сформировалась фундаментальная для всего естествознания идея единства состава и механизмов функционирования живой природы независимо от уровня организации составляющих ее структур.** Эта идея, зародившаяся еще в 19 веке, обрела вид законченной *концепции биохимического единства живого* в 1920-х гг., благодаря трудам голландских микробиологов А. Клейвера и Г. Донкера. К настоящему времени эта концепция обоснована результатами всесторонних исследований, которые исчерпывающе демонстрируют единство всего живого по самым фундаментальным свойствам: схожесть химического состава, свойство хиральности живого, универсальная роль аденозинтрифосфата (АТФ) в качестве аккумулятора и переносчика биологически запасенной энергии; универсальность генетического кода и др.

7.6. За счет чего функционирует энергетика живого?

Все функции живых систем, требующие расходования энергии, должны обеспечиваться ею от некоторых внешних источников. Ими являются органические вещества с запасенной в них химической энергией. Часть организмов синтезирует эти вещества внутри себя из неорганических веществ. Например, из углекислого газа и воды под действием солнечного света (такой процесс называется **фотосинтезом**) или в процессе окисления (*хемосинтез* в некоторых бактериях). Эти организмы называют **автотрофами**. Большинство автотрофов – это зеленые растения, осуществляющие фотосинтез. Другая часть организмов (например, все животные и человек), называемых **гетеротрофами**, приспособилась к потреблению энергии из готовых органических веществ, синтезированных автотрофами.

Питательные органические вещества, поглощаемые гетеротрофами, обладают большей упорядоченностью (меньшей энтропией), чем выделяемые продукты обмена. Организмы гетеротрофов переносят упорядоченность (негэнтропию) из внешней среды в самих себя. Для автотрофов эта же цель достигается путем выполнения внутренней работы за счет энергии электромагнитного излучения солнца.

Таким образом, **назначение метаболизма, то есть обмена веществ живой системы с внешней средой, состоит в поддержании определенного уровня организации этой системы и ее частей.** Эта цель достигается за счет отбора извне веществ и энергии, которые обеспечивают химический синтез необходимых организму соединений, а также вывод из живой системы всего, что не может быть ею использовано. **Метаболизм необходим для противодействия увеличению энтропии, обусловленному необратимыми процессами в живой системе.**

Между двумя типами организмов – авто- и гетеротрофами – существует пищевая (*трофическая*) связь. **Живые системы образуют пищевые цепочки:** энергия, накопленная при фотосинтезе растениями, передается через травоядных к хищникам; заключительным звеном пищевой цепочки являются микробы, перерабатывающие вещество отмерших организмов в неорганические вещества. В последующем эти молекулы вновь могут участвовать в образовании живых систем. В итоге в биосфере сформировался **глобальный круговорот веществ**, который обусловлен так называемыми *биогеохимическими циклами*. Основными являются циклы обращения в биосфере воды, а также элементов, из которых состоят живые системы.

Первоисточником энергетического потока, проходящего сквозь все пищевые цепочки в биосфере, служит энергия солнечного электромагнитного излучения, попадающая на поверхность Земли в видимом диапазоне (свет). Финалом преобразований в пищевых цепочках является освобождение энергии в виде тепла при переработке микробами органических остатков. Вся высвободившаяся в процессе жизнедеятельности в биосфере энергия возвращается поверхностью Земли в мировое пространство главным образом в виде электромагнитного излучения инфракрасного диапазона.

В глобальном энергетическом балансе принципиально важно, что **энтропия поступающего на Землю коротковолнового излучения меньше, чем энтропия длинноволнового излучения, переизлучаемого нашей планетой**. За счет этой отрицательной разности энтропии на поверхности Земли возможно образование и поддержание упорядоченных структур (как это происходит и во многих других природных системах). Вся биосфера Земли представляет собой высокоорганизованную систему, упорядоченность в которой поддерживается за счет отрицательного энтропийного баланса.

7.7. Особенности термодинамики, самоорганизации и информационного обмена в живых системах

Живая система, как и любая иная природная система, подчиняется законам термодинамики. Элементы живого организма (да и всех живых систем вообще) постоянно разрушаются и строятся вновь. Этот процесс носит название *биологического обновления*. Для его обеспечения требуется непрерывающийся приток извне вещества и энергии, а также вывод во внешнюю среду части продуктов биохимических процессов, включая тепло. Таким образом, **любые функционирующие организмы обязательно являются неизолрованными, открытыми термодинамическими системами**. Благодаря потокам вещества и энергии, проходящим через эти системы, они являются также *неравновесными*.

Если условия существования системы неизменны, то указанные потоки постоянны. В этом случае неравновесное состояние **стационарно**, то есть оно не изменяется со временем (это называют также **динамическим равновесием**).

Подобно тому, как в термодинамике равновесных систем особым состоянием является равновесное состояние, в **термодинамике неравновесных систем особую роль играют стационарные состояния**. Для живых систем, которые всегда неравновесны, но поддерживаются в стационарном состоянии, это означает следующее:

1) в течение времени жизни системы ее элементы постоянно подвергаются распаду, обусловленному увеличением энтропии;

2) для компенсации возникающей в результате распада неупорядоченности в системе совершается работа в форме процессов синтеза элементов взамен распавшихся; эта работа обуславливает отрицательную добавку энтропии. Такие процессы создают упорядоченность.

Термодинамика помогает с принципиальной точки зрения осмыслить факт наличия высокой организации в живых системах. Но механизм поддержания такой упорядоченности можно раскрыть, лишь привлекая представления **теории управления и кибернетики** (науки об управлении и передаче информации в машинах, живых организмах и социальных структурах).

В живой системе реализуется механизм **самоуправления и самоорганизации** на основе непрерывного обмена информацией с внешней средой. Это обеспечивает выработку самим организмом реакций, направленных на максимальное его приспособление к изменяющимся условиям. **Самоорганизация – это процесс создания, поддержания и совершенствования сложной системы без управляющего вмешательства извне**. Самоорганизация и самоуправление в живой системе невозможны без информационных связей между ее элементами.

Самоуправление в живых системах и цели, которые оно преследует, имеют многоуровневый характер, а между уровнями существует подчиненность (иерархия). Цель первого порядка – обеспечить существование системы. Она достигается поддержанием неравновесного стационарного состояния. После достижения этой цели живая система осуществляет **поддержание постоянства параметров внутренней среды – гомеостаз** (цель второго порядка). Гомеостаз является необходимым условием высокого качества функционирования системы. Цель третьего порядка – достижение оптимальных в данных условиях показателей существования живой системы, в частности максимальной энергетической эффективности и надежности ее функционирования.

Важнейшим информационным аспектом в функционировании живых систем является наличие в них так называемых **обратных связей**.

Принцип обратных связей является одним из основных принципов самоуправления и самоорганизации.

Положительные обратные связи осуществляют такой тип регулирования, который уводит состояние живой системы от первоначального, и играют роль «усилителей» процессов жизнедеятельности. Такого рода связь существует между неограниченными пищевыми ресурсами для некоторого вида животных и их численностью. Наличие одной лишь такой связи привело бы к постоянному росту численности данного вида. **Отрицательные обратные связи**, наоборот, служат для поддержания стабильной ситуации в живой системе. Они обеспечивают, например, оптимальную численность популяций в биоценозе, стабильную температуру организма и т.д.

Информационные связи в организме осуществляются по нескольким каналам. **Гормональная связь** носит химический характер. **Гормон** – химическое вещество, выполняющее роль внутреннего стимулятора определенных процессов в организме; с кровотоком поступает во все сферы организма, но действует избирательно на отдельные органы. **Нервные связи** обеспечивают передачу по нервным волокнам информационных импульсов, подключающих необходимые органы к переработке и восприятию информации. **Генетическая связь** обеспечивает передачу наследственной информации на популяционно-видовом уровне и осуществляется посредством генов.

7.8. Роль генетического материала в воспроизводстве и эволюции живых организмов

Генный механизм передачи наследственной информации изучается **генетикой**. Успехи генетики обусловили раскрытие механизма воспроизводства и эволюции жизни на молекулярном уровне. Истоком генетики считают открытие Г. Менделем в 1865 г. корпускулярной природы наследственности. В 1909 г. В. Иогансен ввел основополагающие термины генетики (ген, генотип и др.) и придал модели Менделя четкую форму. В то время понятие «ген» не связывалось с каким-то материальным объектом клетки; ген обозначал просто единицу наследственного отличия. Отождествление гена с частью хромосом было сделано позже американским биологом Т. Морганом. Развитие молекулярной генетики раскрыло химическую природу генов как части молекулы ДНК с особым набором мономеров-нуклеотидов, последовательность которых образует генетический код. **Расшифровка структуры генетического кода показала его триплетность, однозначность и универсальность**. Триплетность кода означает, что каждая из 20 аминокислот зашифрована последовательно – кодоном – из трех нуклеотидов. Универсальность означает,

что код един для всех живых организмов планеты, то есть одни и те же кодоны кодируют одни и те же 20 аминокислот всех живых организмов.

Важнейшей составляющей процесса развития любого организма является воспроизводство в клетках по определенному шаблону веществ и структур, необходимых для последующего деления клетки. Воспроизводство живых систем и сохранение видовых признаков обеспечивается системой воспроизведения организма. Она в закодированном виде содержит полную информацию для построения белка из запасенного клеткой органического материала. **Свои функции система воспроизведения осуществляет посредством ДНК и РНК.** Первая хранит генетическую информацию, заложенную вдоль собственной цепи. Вторая способна ее считывать, переносить в среду, содержащую необходимые для синтеза белка исходные материалы, и строить из них белковые молекулы.

Процесс воспроизводства состоит из трех стадий: репликации, транскрипции, трансляции. *Репликация* – это удвоение молекулы ДНК, необходимое для последующего деления клетки. *Транскрипция* представляет собой перенос кода ДНК путем образования одноцепочечной информационной молекулы РНК на одной из двух нитей ДНК. Информационная молекула РНК – это копия части ДНК, группы рядом лежащих генов, несущих информацию о структуре белков, необходимых для выполнения одной функции. Далее происходит *трансляция* – синтез белка на основе генетического кода информационной РНК.

Таким образом, **главное в механизме самовоспроизведения клеток – свойство ДНК самокопироваться и строго равноценное деление репродуцированных хромосом.** После этого клетка может делиться на две совершенно идентичные. Так как каждая клетка многоклеточного организма происходит от одной из зародышевой как результат последовательных делений, то все клетки имеют одинаковый набор генов.

В настоящее время перед наукой открылась возможность не только изучать генетический механизм, но и влиять на саму наследственность на молекулярном уровне. Эту возможность реализует новое направление молекулярной биологии – *генная инженерия*, разрабатывающая методики целенаправленного манипулирования информационными макромолекулами живых систем.

Первым с помощью генной инженерии был получен инсулин, затем интерферон, потом гормон роста. Позже, благодаря вмешательству в конструкцию ДНК, были изменены качества десятков пород животных и сортов растений, многие из которых внедрены в сельскохозяйственное производство. Например, уже используются сорта генетически модифицированного картофеля, устойчивые против бича картофельных плантаций – колорадского жука. Необходимо отметить, что пока не ясны возможные отдаленные последствия употребления в пищу сельхозпродуктов, полученных с использованием генной инженерии.

Есть и другие направления практического использования генетики. Так, оказалось, что с помощью генетической экспертизы можно с чрезвычайно высокой точностью устанавливать родство конкретных людей, выполнять идентификацию останков погибших людей. Эти возможности находят широкое применение в повседневной юридической практике.

Сразу же после своего возникновения геновая инженерия стала не только одним из самых перспективных направлений прикладной биологии, но также источником совершенно новых и глубоких этических, моральных и юридических проблем.

Одним из ярких примеров такого рода проблем является вопрос о морально-этической оценке опытов по так называемому *клонированию* (созданию точной генетической копии) живых организмов. В связи с намеченными в США на перспективу исследованиями клонирования человека этот вопрос перерос в конце 1997 – начале 1998 г. в острую правовую проблему, носящую к тому же международный характер. В январе 1998 г. в Париже 19 европейских государств подписали протокол соглашения о запрете на клонирование человека. В перечне участников соглашения по разным причинам не оказалось ряда стран с высокоразвитой генетикой. В том числе – Великобритании (здесь впервые было практически осуществлено клонирование животного, и эта страна не хотела бы утратить свои приоритетные позиции в данном направлении естествознания), а также США, Германии, России.

ЛЕКЦИЯ 8

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЭВОЛЮЦИЯ

8.1. Какие научные факты обосновывают эволюционность живого?

Для живой природы постоянное развитие – характерная черта, которая, впрочем, долго не замечалась человеком. На протяжении многих веков общепринятым было восприятие всего многообразия живого как результата единовременного акта творения Природы в ее окончательном, неизменном виде. Это примитивное представление, оформленное религиозными догматами, имело своей объективной основой ограниченные возможности непосредственного человеческого восприятия мира и скудность строгих научных данных. Распространение идеи о непрерывном развитии, эволюции, происходящей в природе, становление эволюционной парадигмы в биологии началось в конце XVIII в. Выдающийся вклад

в формирование эволюционного мышления биологов принадлежит Ж.Б. Ламарку. Проблемы, поставленные Ламарком, были решены Ч. Дарвиным. В своем знаменитом труде «Происхождение видов путем естественного отбора» (1859 г.) он изложил разработанную им эволюционную теорию.

Эволюционность живой природы подтверждается биологией и родственными ей науками. Главными свидетельствами являются данные палеонтологии, систематики, информация о распространенности видов на Земле сейчас и в ранние периоды, морфологическое и биохимическое сходство живых организмов, данные эмбриологии и многие другие. Кратко рассмотрим некоторые из них.

Палеонтология занимается изучением и систематизацией любых сохранившихся в геологических породах следов древней жизни, остатков погибших в далекие эпохи организмов. Объектами палеонтологии являются, например, фрагменты тел древних животных, найденные в вечной мерзлоте в Сибири; отпечатки древних растений в каменноугольных образцах; насекомые, замурованные в янтаре и многие другие органические остатки. Хронологически систематизированная совокупность данных палеонтологии называется **палеонтологической летописью**. В самых древних горных породах, содержащих ископаемые остатки, встречаются следы организмов очень немногих типов, и все они имеют простое строение; более поздние породы содержат следы большего разнообразия живого мира и организмов со все более сложным строением. Очевиден вывод об эволюции живой природы.

Этот вывод подтверждается и **сравнительной эмбриологией**. При изучении эмбрионов (зародышей) у разных групп позвоночных было открыто явление **рекапитуляции**: при своем развитии эмбрион в определенной мере повторяет эволюционную историю той группы организмов, к которой он относится.

Естественная классификация биологических объектов, основанная на структурном сходстве между организмами, также убедительно иллюстрирует наличие эволюционного процесса и его последствия.

Наконец, **селекция** (искусственное выведение сортов растений, пород животных), представляет собой модель эволюции в условиях, созданных человеком. Это искусственно направляемая эволюция.

Итак, обширная научная информация однозначно подтверждает факт эволюции живого. В процессе исторического развития Земли возрастали разнообразие и сложность биологических объектов.

8.2. Исторически сформированные концепции происхождения жизни

Эволюция жизни предполагает ее истоки, начало. Проблема происхождения жизни является одной из важнейших не только в биологии, но и во всем естествознании и имеет большое мировоззренческое значение, на основе которых решалась данная проблема.

Концепция сверхъестественного (божественного) происхождения живого – креационизм – основана на вере и поэтому не относится к области науки. Не вдаваясь в подробности, заметим лишь, что в познавательном плане она принципиально бесплодна.

Концепция многократного самопроизвольного зарождения жизни из неживого вещества появилась в древности; ее придерживался еще Аристотель.

В XVII в. биолог Ф. Реди противопоставил ей принцип: живое возникает только из живого (так называемый **принцип Реди** или **концепция биогенеза**). Уже в XIX в. Л. Пастер окончательно опроверг концепцию самопроизвольного зарождения, показав, что эффект неоднократного появления жизни там, где она не существовала, связан с бактериями. Методика избавления от бактерий получила название **пастеризация** (по имени своего разработчика).

Концепция стационарного состояния предполагает, что Земля и жизнь на ней существовали всегда, причем в неизменном виде. Эта концепция носит абсолютно умозрительный характер и не согласуется с перечисленными выше свидетельствами эволюционности живого.

Концепция панспермии связывает появление жизни на Земле с ее занесением из космического пространства. Теоретическая возможность панспермии подтверждается обнаружением следов органических соединений в метеоритном и кометном веществе. В 1975 г. предшественники аминокислот найдены в лунном грунте. Эта концепция разделялась многими учеными, и интерес к ней периодически возрастает. Но нужно отметить, что на основе этих взглядов во второй половине XX в. возникло множество разнообразных псевдонаучных гипотез и совсем уж примитивных фантазий на тему космических пришельцев – «сеятелей жизни».

Общепринятой в естествознании в настоящее время можно считать концепцию биохимической эволюции. Согласно современному варианту концепции, жизнь зародилась на Земле естественным путем в результате химических, а затем – биохимических процессов. Причем, это явилось не маловероятной случайностью, а достаточно вероятным результатом самоорганизации.

Научная постановка проблемы происхождения жизни принадлежит Ф. Энгельсу, считавшему, что жизнь возникла не внезапно, а сформировалась в ходе эволюции материи. Современные представления о жизни

восходят к гипотезам Опарина и Холдейна. А.И. Опарин в России и Дж. Холдейн в Англии в 1920-е гг. утверждали, что данные химии и геохимии, полученные к тому времени, достаточны для того, чтобы представить естественный процесс развития систем, имеющих признаки живого. В концепции биохимической эволюции важную роль играет эволюция самой планеты Земля.

8.3. Особенности условий на ранней Земле

Образовавшись из протоплазменного облака примерно 4,6 млрд лет назад, Земля была космическим объектом с температурой в несколько тысяч градусов. По мере остывания планеты образовалась земная кора, нестабильная из-за высокой вулканической активности и глобальных подвижек. **Согласно гипотезе Опарина, атмосферу ранней Земли составляли, в основном, тяжелые газы (аммиак, двуокись углерода, метан, пары воды).** Отсутствие в атмосфере кислорода было, вероятно, необходимым условием возникновения предбиологических образований, так как органические вещества гораздо легче синтезируются в восстановительной среде, чем в окислительной. Вода оставалась в газообразном состоянии до тех пор, пока изменение совокупности параметров «температура-давление» не привело к ее конденсации.

По современным представлениям появление жизни тесно связано с возникновением земных океанов. Первые осадочные породы, свидетельствующие о появлении крупных водоемов, датируются временем 3,8 млрд лет назад. **Опарин полагал, что сложные органические вещества могли синтезироваться из более простых при активационном воздействии мощного солнечного коротковолнового излучения, существовавшего в тот период без фильтрующего слоя современной атмосферы.** Для построения любого сложного органического соединения, необходимого для живой материи, достаточно небольшого набора мономеров.

Разнообразие находящихся в древнем океане простых соединений, громадная площадь поверхности, высокие температуры и интенсивные потоки активирующего излучения, атмосферные электрические разряды, а также большая длительность процессов химической эволюции позволяют предположить, что в водной среде синтезировались, а в поверхностном водном слое и первичном грунте постепенно накопились органические вещества. Они стали тем «первичным питательным бульоном», в котором могли сформироваться системы органических веществ, необходимых для последующего возникновения предбиологических структур — белки и нуклеиновые кислоты. В лаборатории Опарина моделировались условия, напоминающие описанные, и в этих условиях выполнялись эксперименты по синтезу органических веществ. В результате были синтезированы не только аминокислоты, но и другие сложные соединения.

Подобного рода эксперименты с успехом были проведены и во многих других исследовательских центрах.

Возраст древнейших организмов, следы которых обнаружены в геологических отложениях, оценен в 3,2–3,5 млрд лет. Это минерализовавшиеся микроорганизмы, похожие на простейшие бактерии и микроводоросли. Эти организмы стоят на гораздо более высоком уровне организации, чем самые сложные из известных органических соединений. Но нет сомнений, что это не самые древние формы простейших организмов. Истоки жизни уходят в первый миллиард лет существования Земли, не оставивший следов в ее геологической летописи. Центральным вопросом концепции биохимической эволюции является вопрос о характере предбиологической системы, появившейся в результате химической эволюции в тот «темный» миллиард лет земной истории. Этот вопрос решается приверженцами данной концепции на основе двух разных подходов.

Первый подход реализован в гипотезах, построенных на идее *голобиоза*, то есть первичности структуры типа клеточной, наделенной способностью к элементарному обмену веществ. Такого подхода придерживался и Опарин. Реконструируя возможный ход биохимической эволюции, Опарин опирался на установленную экспериментально возможность образования коллоидных гелей (студнеобразных смесей), образующихся при смешении белков и других высокомолекулярных соединений. Этот процесс был назван *коацервацией*. Согласно гипотезе Опарина образование поверхностно обособленных гелевых структур (*коацерватов*) и было тем центральным событием, которое предшествовало началу биогенеза, то есть подлинной биологической эволюции на уровне первичной клеточной структуры.

Альтернативный подход к данной проблеме использован в группе гипотез, утверждающих первичность возникновения в результате химической эволюции молекулярной системы со свойствами генетического кода. Это идея *генобиоза*, получившая наибольшее признание на современном этапе развития концепции биохимической эволюции. В рамках этого подхода возник вопрос о первичности одной из двух типов информационных молекул ДНК и РНК, и установлена первичность РНК.

Скачок эволюции «аминокислоты – живая клетка» до сих пор остается непознанным. Весь этот скачок с помощью ряда гипотез разбивается на цепочку шагов, но каждый шаг – во многом загадка, а вся схема – комплексная гипотеза.

Первоначально допускалась возможность случайной «сборки»: в результате многократных актов взаимодействия простых органических веществ случайно образовалась молекула, способная нести и передавать генетическую информацию. Однако подсчеты показали, что вероятность подобного процесса имеет порядок $1/102000$, и за время, отведенное геологической историей для синтеза простейших организмов, осуществить

его случайным перебором практически невозможно. Поэтому гипотеза случайного соединения не пользуется признанием. Английский астрофизик Фред Хойл высказался по этому поводу столь красочно, что его слова вошли в фольклор: эта идея «столь же нелепа и неправдоподобна, как утверждение, что ураган, пронесшийся над мусорной свалкой, может привести к сборке «Боинга-747».

Современная точка зрения на биохимическую эволюцию базируется на идеях о самоорганизации в открытых сильнонеравновесных системах.

Итак, при рассмотрении проблемы возникновения жизни естественным путем, то есть в рамках концепции биохимической эволюции, можно выделить три основных этапа предположительного сценария перехода от живого к неживому:

1) этап синтеза исходных органических соединений из неорганических веществ в условиях первичной атмосферы и состояния поверхности ранней Земли;

2) этап синтеза биополимеров из накопившихся органических соединений;

3) самоорганизация сложных органических соединений, возникновение на их основе и эволюционное совершенствование процессов обмена веществом и воспроизводства органических структур, завершающееся образованием простейшей клетки. Не все пока ясно с первыми двумя этапами, а в отношении третьего этапа некоторое прояснение наметилось лишь в самые последние годы.

В связи с данной концепцией возникает естественный *вопрос об исключительности условий биохимической эволюции на планете Земля* и соответственно об уникальности известной нам формы жизни. Постулируя, что в условиях, сходных с теми, которые имелись на молодой Земле, развитие живого вполне вероятно, можно прийти к естественному выводу о том, что в каких-то местах громадной Вселенной должны встречаться формы жизни, сходные с земными. На этой принципиальной позиции стоят многие ученые. Тем самым подхватывается мысль Джордано Бруно о множественности обитаемых миров. Исходя из данных астрономии, можно однозначно заключить, что в ближайших к нам звездных системах условий для образования цивилизаций не существует. Но не исключается существование примитивных форм жизни. Так, группа американских ученых считает, что ею обнаружены свидетельства примитивной одноклеточной жизни, существовавшей на Марсе в далеком прошлом. Ввиду скудности подобного материала сейчас нельзя сделать однозначных выводов по данной проблеме. Возможно, что в этом помогут будущие марсианские экспедиции.

8.4. Принципы биологической эволюции

Под биологической эволюцией понимают процесс исторического развития живого мира от древнейших форм жизни до современных и будущих форм. **Сущность процесса эволюции проявляется в непрерывном приспособлении биологических видов к разнообразным условиям окружающей среды и в появлении все более сложно устроенных организмов.** Можно коротко сказать, что **биологическая эволюция направлена от простых биологических форм к сложным.**

Решающий вклад в становление эволюционной концепции в биологии сделан Ч. Дарвином. Из множества явлений живой природы он сумел выделить **три принципиальных фактора эволюционного развития живого, объединяемых краткой формулой: изменчивость, наследственность, естественный отбор.** Эти принципы базируются на следующих выводах из наблюдений над миром живого.

1. В любой популяции всегда наблюдается изменчивость составляющих ее особей. В природе невозможно обнаружить два тождественных организма. **Изменчивость является неотъемлемым свойством живого и проявляется постоянно.**

2. Некоторые из этих изменений наследуются потомством.

3. Обычно рождается значительно большее число организмов, чем доживает до размножения. Причем, выживают и дают большее потомство чаще те особи, которые обладают более благоприятным для **борьбы за существование** сочетанием индивидуальных унаследованных качеств. Таким образом, **природа осуществляет отбор признаков, способствующих приспособлению вида к изменяющимся условиям существования.**

Естественный отбор, являющийся результатом борьбы за существование, – основной фактор эволюции, направляющий эволюционные изменения. Эти изменения становятся заметными после смены многих поколений.

В ходе развития биологии классическое дарвинистское эволюционное учение было значительно дополнено и уточнено. Ключевые положения этого учения получили обоснование с молекулярно-генетической точки зрения. В результате возникла современная **синтетическая теория эволюции** (часто используется сокращение СТЭ).

Важное понятие эволюционного учения «борьба за существование» ввел Т. Мальтус, опубликовавший в 1788 г. «Трактат о народонаселении». В нем показана перспектива ничем не сдерживаемого увеличения населения при ограниченности ресурсов. Он показал экспоненциальный характер роста численности населения при свободной реализации репродуктивного потенциала человека. И Мальтус, и Дарвин считали борьбу за существование результатом несоответствия между быстрым ростом популяций и ограниченностью ресурсов.

Современная молекулярная биология установила, что изменчивость проявляется на генетическом, молекулярном уровне в виде так называемых *мутаций* и происходит непредсказуемо под воздействием внутренних и внешних случайных факторов (генная инженерия привнесла в изменчивость плановое начало.) Мутационный процесс обуславливает разнообразие особей в популяции. Случайный по своей природе, он не может задавать направление эволюции. Фактором, определяющим направленность эволюции, служит естественный отбор. Без естественного отбора случайные мутации постепенно приводили бы к размытию совокупности признаков вида (*фенотипа*).

Эволюция – единый процесс. Но в СТЭ различают два ее уровня: *микроэволюцию* (на популяционно-видовом уровне) и *макроэволюцию* (на надвидовом уровне). Микроэволюция происходит за относительно недолгое время на ограниченных территориях. Она протекает в популяциях и завершается видообразованием. В макроэволюции же проявляются самые общие закономерности и направление исторического развития как всей совокупности живого, так и отдельных надвидовых групп. В СТЭ признано, что **элементарной единицей эволюции является популяция**, а не вид (как считалось в классическом эволюционном учении). Микроэволюционные изменения доступны непосредственному наблюдению.

Образование видов происходит двумя путями. Первый – разделение исходного вида на два и более новых. Второй – *гибридизация*, то есть объединение двух разных наборов генов (*генотипов*) и образование гибрида. Процессы первичного обмена генетической информацией протекают внутри популяций, поэтому в пределах популяции протекают и процессы микроэволюции. Важными факторами микроэволюции являются популяционные волны и изоляция.

Популяционные волны (или *волны жизни*) представляют собой колебания численности особей в популяциях под воздействием множества меняющихся условий (климатических условий, урожайности кормов и т.д.). В периоды сильного уменьшения численности популяции резко изменяется концентрация редко встречающихся мутаций и генотипов, что повышает их роль в отборе и эволюции.

Изоляция проявляется в резком ограничении скрещивания особей разных популяций. Эволюционная суть изоляции состоит в разрыве единого генофонда вида на нескольких изолированных. Она усиливает генетические различия изолированных популяций, является обязательным условием эволюционного процесса.

К макроэволюционным закономерностям относятся следующие.

Прогрессивная направленность эволюции в целом, которая проявляется в появлении организмов со все более высоким уровнем организации и большей способностью приспосабливаться. В ходе эволюции образовались организмы разного уровня сложности – от простейших одно-

клеточных до млекопитающих. Все эти уровни (не путать с видами!) представлены в живом мире и продолжают эволюционировать. Высший уровень сложности связан с появлением и эволюцией мыслящего живого существа – человека.

Неравномерность темпов эволюционного процесса определяется сложным сочетанием внутренних факторов и изменяющихся условий окружающей среды. Крупное, качественно новое изменение в строении и функциях (фенотипе) является мощным стимулятором эволюции, рождающим новые формы отбора. Такие изменения могут дать подавляющее преимущество в борьбе за существование и быстро привести к появлению новой группы организмов. Затем темпы эволюции этой группы могут и не оставаться столь же высокими.

Неверно было бы думать, что все ранее существовавшие виды живого (а теперь это ископаемые формы) должны вместе составлять некую единую последовательность, протянувшуюся от прошлого к настоящему. Многие виды в процессе эволюции исчезают (представляя собой тупиковые ветви эволюционного дерева). Исчезнувшие виды впоследствии никогда не восстанавливаются в прежней форме. В этом существо **принципа необратимости эволюции**. С молекулярно-генетической точки зрения это объясняется невозможностью повторения состава генофонда исчезнувшего вида. Вот почему **важно максимальное сохранение существующих на Земле видов**. Невыполнение этой задачи означает постепенную и уже невозможную утрату генофонда видов, возникших в ходе длительного эволюционного развития.

Эволюцию живой системы можно рассматривать как самоорганизацию в ней. Самоорганизующаяся система нелинейна: размножение само по себе обеспечило бы нелинейный рост численности. Ограниченный ресурс питания дает конкуренцию, приводящую к естественному отбору – обратной связи между мутацией и ее целесообразностью. Отбор вместе с механизмом наследственности – репликацией (схема «все или ничего») – обуславливает возникновение новых эффективных форм, то есть эволюционное совершенствование.

Эволюционная концепция в биологии успешно прошла испытание временем, воплотилась в теорию эволюции и является фундаментом всех биологических наук.

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

9.1. Сущность современной эволюционной теории происхождения человека от животного предка

Одной из самых фундаментальных нерешенных проблем современного научного познания является постижение генезиса человека. Поскольку человек, представляя собой часть живой природы (биосферы), является **космопланетарным** феноменом, постольку традиционный подход к проблеме человека в ключе рассуждений о взаимосвязи биологического и социального, подход к проблеме человека, понимаемого как «биосоциальный синтез», явно неадекватен современному состоянию дел в науке. Более перспективным является подход, рассматривающий человека как продукт длительной биологической эволюции, воспроизводящей в информационном аспекте развитие нашей Вселенной после Большого взрыва, как вместе с социокультурной эволюцией, с которыми связана его психическая эволюция.

Уже известно, что одним из процессов, придавших биосфере неповторимый облик, является **эволюция видов, сопровождающаяся гибелью одних, выживанием вторых и появлением новых** (например, вымерли динозавры, сохранились кораллы, появились млекопитающие). **В ходе эволюции остаются те организмы, которые своей жизнедеятельностью увеличивают свободную химическую энергию в биосфере**, то есть эволюция идет в определенном направлении.

В.И. Вернадский подчеркивает значимость высказывания американского геолога Д. Дана о том, что «в ходе геологического времени наблюдается (скачками) усовершенствование – рост – центральной нервной системы (мозга), начиная от ракообразных и моллюсков (головоногих) и кончая человеком. Раз достигнутый уровень мозга (центральной нервной системы) в достигнутой эволюции идет уже не вспять, а только вперед». В таком ракурсе появление человека есть закономерный результат развития биосферы, функционирования ее космопланетарных механизмов. В свете последнего положения и следует рассматривать проблему происхождения человека, относящуюся к числу важнейших вопросов мировоззрения и науки.

Согласно современным научным данным, наиболее адекватной действительности является **эволюционная теория происхождения человека от животного предка – гоминид**. Эволюцию мозга гоминид (в плейстоцене) следует считать весьма особым процессом, по крайней

мере, по двум причинам. Во-первых, в связи с ее темпами: это был один из наиболее бурно протекающих процессов макроэволюции в истории позвоночных, если не в истории животного мира вообще. Во-вторых, в связи с его феноменальным последствием этот процесс привел к возникновению уникального в животном мире биосферы явления, каковым является человеческая психика.

Так, речь идет о следующих связанных между собой свойствах психики:

1) оперирование образами и понятиями, содержание которых свободно от ограничений пространства и времени и может относиться к *воображаемому*, никогда и нигде не существовавшему событиям;

2) познавательная способность, основанная на проникновении в структуру мира и построении модели мира;

3) способность как соблюдения существующих *моральных норм* поведения, так и разрушения и саморазрушения;

4) самопознание и рефлексия, проявляющиеся в способности созерцать собственное существование и осознавать смерть.

Особенности эволюции мозга гоминид. Различия между мозгом человека и современных человекообразных обезьян.

Как известно, в человеческом мозгу уже давно установлен отдел коры больших полушарий, управляющий понятийной стороной речи (повреждение которого вызывает нарушения в семантической или грамматической структуре высказывания). Однако мозг человека в сравнении с мозгом, например, шимпанзе не содержит ни одного нового типа клеток, тканей или органов, к тому же отдельные его части имеют аналогичные пропорции. Различие состоит, в основном, в меньшей у человека плотности упаковки нейронов в коре, в большем числе дендритов (следовательно, более плотной сети межнейронных связей), в большем числе нейронов коры с короткими аксонами и большем количестве (на единицу объема коры) нейроглиальных клеток. Наконец, соотношение абсолютного числа нейронов коры человеческого мозга шимпанзе равно 1,4 : 1,0. В сумме известные до сих пор структурные и физиологические различия между мозгом человека и мозгом шимпанзе кажутся тривиальными, поэтому возникает проблема объяснения генезиса принципиальных различий в сфере психики и поведения между этими двумя видами.

В науке выдвинут ряд гипотез, которые пытаются разрешить эту проблему:

1) человек возник благодаря тому, что его древнейшие предки в большей степени были падальщиками, чем охотниками;

2) человек стал человеком, благодаря жизни в воде;

3) мутации в клетках мозга гоминид вызваны жесткими излучениями вспышки Сверхновой звезды;

4) мутация мозга произошла в силу инверсий геомагнитного поля Земли;

5) появление мутанта среди гоминид есть результат теплового стресса.

Рассмотрим эти гипотезы в изложенном порядке.

1. В научной литературе имеются данные о том, что употребление в пищу мяса крупных животных способствовало формированию физических и природных условий, которые привели к появлению характерных особенностей, отличающих человека от обезьян.

Американские ученые Р. Блюменшайн и Дж. Кавалло считают, что теория «человек-охотник» основана на «более предрассудках, чем на ископаемых находках и экологических аспектах добывания пищи». Они выдвинули гипотезу, согласно которой подбирание падали, вероятно, было более распространенным способом добывания пищи, нежели охота миллион лет назад (на рубеже плиоцена и плейстоцена): «Охота на очень мелких животных, возможно, была древнейшей стратегией гоминидов, а с появлением метательного оружия *Homo sapiens* стал намного более искусным охотником, чем любой другой примат. Тем не менее **такой способ добывания пищи, как подбирание падали, оказал более заметное влияние на эволюцию человека, чем до этого было принято думать**».

И хотя эта гипотеза не получила широкого резонанса в сообществе ученых, ее неправомерно сбрасывать со счетов, когда дело касается такой сложной проблемы, как генезис человека.

2. Согласно гипотезе шведского исследователя Я. Линдблада, южноамериканские индейцы, живущие в тропическом лесу, являются самыми древними людьми на Земле, причем **предшественником человека была «безволосая обезьяна», или «икспитек», ведущая водный образ жизни**. Именно редуцированная волосатость, прямохождение, длинные волосы на голове (исключение составляют негроидные формы), присущие только человеку эмоциональность и сексуальность обусловлены особенностями образа жизни водных гоминид (меньшую часть суток они проводили на берегу).

«Как всегда, когда новый образ жизни повышает процент выживания, — пишет Я. Линдблад, — мутационные изменения наследственных структур влекут за собой приспособление к водной среде. Здесь это выражается в уменьшении волосатости тела и развитии слоя подкожного жира. Однако на голове волосы длинные — важный фактор для выживания детенышей. По той же причине у женщин большие груди с хорошей теплоизоляцией. У детенышей первые годы жизни особенно мощный слой подкожного жира, ноги икспитека длиннее рук, большие пальцы ног не противопоставляются и направлены вперед. Осанка при ходьбе более прямая — возможно, такая же, как у нас. Другими словами, у икспитека вполне человеческий вид, во всяком случае, на расстоянии».

Дальнейшее развитие черепа и мозга привело к появлению человека современного типа.

3. В рамках сформировавшегося в последнее время такого направления научных исследований, как «космический катастрофизм», выдвинута гипотеза о **возникновении современного человека** (и человеческой цивилизации) **в связи со вспышкой близкой Сверхновой звезды**. Зафиксировано то весьма удивительное обстоятельство, что вспышка близкой Сверхновой звезды по времени (один раз в 100 млн лет) приблизительно соответствует возрасту древнейших останков человека разумного (порядка 35–60 тыс лет назад). К тому же ряд антропологов считает, что появление современного человека обусловлено мутацией. А импульс гамма- и рентгеновского излучения от вспышки близкой Сверхновой звезды мог вызвать необратимые изменения в клетках мозга некоторых животных, в том числе гоминид или рост самого мозга, что привело к формированию разумных мутантов вида человека разумного. Во всяком случае, именно со вспышкой Сверхновой звезды связано: 1) образование Солнечной системы; 2) происхождение жизни и 3) возможно, происхождение современного типа человека с его цивилизацией.

4. Данная гипотеза исходит из того, что **современный человек – мутант, возникший вследствие инверсии земного магнитного поля**. Установлено, что земное магнитное поле, которое в основном задерживает космические излучения, по неизвестным до сих пор причинам иногда ослабевает; тогда и происходит перемена магнитных полюсов, то есть **геомагнитная инверсия**. Во время таких инверсий степень космических излучений на нашей планете резко возрастает. Исследуя историю Земли, ученые пришли к выводу, что в течение последних 3 млн лет магнитные полюса Земли четырежды менялись местами.

Некоторые обнаруженные останки первобытных людей относятся к эпохе **четвертой геомагнитной инверсии**. Такое необычное стечение обстоятельств приводит к мысли о возможном влиянии космических излучений на появление человека. Эту гипотезу усиливает следующий факт: *человек появился в то время и в тех местах, в которых сила радиоактивного излучения оказалась наиболее благоприятной для изменения человекообразных обезьян*. Именно такие условия возникли около 3 млн лет назад в Южной и Восточной Африке – в период отделения человека от животных.

По мнению геологов, в этом регионе в силу сильных землетрясений обнажились залежи радиоактивных руд. Это, в свою очередь, вызвало мутацию у определенного вида обезьян, который был наиболее предрасположен к изменению генетических черт. Вполне возможно, что в те времена длительное воздействие радиоактивного излучения настолько глубоко изменило *австралопитека*, что он стал совершать действия, необходимые для его безопасности и обеспечения пищей. В соответствии с

этой гипотезой **питекантроп** появился около 600 тыс лет назад, когда наступило второе изменение геомагнитных полюсов. При третьей инверсии магнитных полюсов Земли (около 250 тыс лет назад) мы имеем дело с **неандертальцем**, возникновение же потомка людей современного типа – **кроманьонца** – приходится на четвертую геомагнитную инверсию.

Такой подход вполне правомерен, ибо известна роль геомагнитного поля в жизнедеятельности организмов, в том числе и человека (следует отметить тот примечательный факт, что магнитное поле определенной конфигурации и напряженности становится непроницаемым для радиоактивного излучения).

5. Оригинальная и интересная гипотеза о росте массы мозга у гоминид в силу **адаптации к экстремальному тепловому стрессу**. Ее содержание сводится к следующим положениям.

А. Вполне вероятно, что наиболее ранняя форма охоты у гоминид – это охота индивидуальным способом, «состязание на выносливость», применяемым до сих пор, например, бушменами. Такая охота требует многочасовых марш-бросков в тропической саванне и должна вызывать сильный тепловой стресс, который угрожает расстройством деятельности нейронов коры, весьма чувствительных к росту температуры. В итоге наступает временное нарушение пространственной ориентации и памяти. Человек обладает характерной и не встречающейся у других приматов адаптацией, предохраняющей тело от перегрева и облегчающей потерю тепла через выделение и испарение (отсутствие волосяного покрова, исключительно богатая система потовых желез). Однако такого рода адаптации, вероятно, было недостаточно для устранения угрозы перегрева крови в сосудах мозга в условиях «состязания на выносливость».

Б. У быстро бегающих млекопитающих тропической зоны имеются специальные приспособления для поддержания постоянной температуры в сосудах мозга, например, сети сосудов у газели Томпсона, благодаря которым температура после 7-минутного бега со скоростью 40 км/час возрастает только на 1 градус, тогда как температура крови в периферических сосудах поднимается на 5 градусов. Поэтому адаптация гоминид к этому стрессу была иной, основывалась именно на создании дополнительных нейронов коры и увеличению числа связей между ними.

В. Подобного рода естественный отбор рассчитан на создание мозга не столько «разумного», сколько устойчивого к периодическим, экстремальным сильным тепловым стрессам. Возникший таким образом мозг, имеющий избыток нейронов и связей, приобрел усиленный интеллектуальный потенциал, однако последний является только побочным эффектом устойчивости к тепловому стрессу (в последнее время внимание генетиков, физиологов, биохимиков привлечено к синтезу в клетках многих организмов так называемых стрессовых белков, особый интерес представляют белки теплового шока).

Г. Эти новые потенции мозга были потом использованы для целей, к которым он первоначально вовсе не был предназначен, то есть к «*абстрактному мышлению*», *символической коммуникации* и пр., а также одновременно к *совершенствованию техники охоты*. Последнее сделало охоту занятием менее тяжелым физически и тем самым сначала уменьшило, а затем и окончательно устранило действие отбора для адаптации к перегреву. С этого момента дальнейшая эволюция мозга гоминид происходила уже путем отбора на «разумность».

Д. Если бы гоминиды не стали использовать полученного в результате тепловой адаптации избытка нейронов коры мозга весьма рано «человеческим способом», то мозг стал бы преобразователем информации с еще большими возможностями. Это значит, что действие отбора на устойчивость к «перегреву» более длительное время привело бы к еще большим потенциям разума современного человека. В целом эта гипотеза весьма плодотворна в выяснении происхождения человека, ибо она связана с процессами терморегуляции живого вещества биосферы.

Пятая гипотеза исходит из того, что человек как новый вид возник благодаря основному отличию гоминид от других млекопитающих высоким уровнем удельного метаболизма и следующего из этого вероятного эколого-демографического следствия. К этому следует добавить то обстоятельство, что у человека и его предков имелись средства *коллективного* производительного потребления (*коллективные орудия*), отсутствующие у остальных животных. А это означает появление этносов, выстроенных на основе архаичных кровно-родственных общественных структур.

В целом следует отметить, что проблема происхождения человека весьма сложна и до сих пор не решена.

9.2. Роль естественного отбора и социальных факторов в эволюции человека как комплексном процессе антропосоциогенеза

Эволюция древних человекообразных обезьян была целиком обусловлена естественным отбором и осуществлялась путем биологического изменения целого комплекса телесных особенностей и в первую очередь мозга. Этот путь привел в конце концов к появлению первобытных людей, морфофизиологическое строение которых обусловило их способность изготавливать орудия труда. Благодаря этому **появилась возможность приспосабливаться к изменениям внешней среды не путем изменения строения тела, а посредством создания новых орудий труда и искусственной среды обитания, защищавшей людей от неблагоприятных условий естественной среды.**

Вначале, когда орудия труда и средства выживания человека были еще очень примитивны, естественный отбор продолжал действовать и

вызывал существенное изменение строения тела древних людей, порождая новые их виды. Ко времени появления **кроманьонцев – ископаемых людей современного вида** – решающую роль стали играть не факторы биологической эволюции (наследственность, изменчивость и естественный отбор), а факторы социального развития (труд, речь, организация совместной жизни людей в стаде, потом и в собственно человеческом обществе и т.п.). В результате *биологическая эволюция человека по существу прекратилась*. Вот почему современные люди так мало отличаются от ископаемых кроманьонцев.

Генетическое наследование морфофизиологических особенностей, врожденных инстинктов и рефлекторного механизма деятельности у человека было *дополнено социальной передачей опыта предшествующих поколений* новым поколениям в процессе их обучения с помощью *членораздельной речи*. На первых шагах исторического развития людей, когда их речь была несовершенной, трудовые и другие навыки передавались больше показом, но ко времени появления кроманьонцев словесная передача опыта превратилась уже в устойчивую и важную форму обучения и воспитания молодежи. Со времен кроманьонцев природные факторы жизни людей все больше дополнялись *культурой* – созданным ими самими миром орудий труда, жилищ, одежды, форм поведения, обычаев и т.п.

Созданные кроманьонцами каменные, костяные и роговые орудия труда значительно превосходили приспособления неандертальцев. Кроманьонцы изготавливали составные орудия, не только обкалывали, но и обтачивали каменные орудия. У них появилось *искусство*. На стенах их пещер обнаружены рисунки животных и охотничьих сцен, вместе с орудиями труда найдены вырезанные кроманьонцами из кости фигурки животных и людей.

Современные исследования, в том числе и культурологические, в полной мере подтвердили решающую роль надбиологических факторов в формировании современного человека – *Homo sapiens*.

В социальной, культурной эволюции предков человека и самого *Homo sapiens* обычно выделяют следующие периоды. *Палеолит* – древний каменный век продолжительностью от 2–3 млн лет назад до 10 тысячелетия до н.э. За это время человеческий род продвинулся от вида *Homo habilis* («человек умелый») до кроманьонцев, т.е. до *Homo sapiens* («человек разумный»). Становящийся, формирующийся человек пользовался постепенно совершенствовавшимися каменными, деревянными, костяными орудиями, занимался охотой и собирательством. *Неолит* – новый каменный век (8–3 тысячелетия до н.э.). В эту эпоху осуществился переход от присваивающего хозяйства (собирательства, охоты) к производящему (скотоводству, земледелию). Люди научились шлифовать и

сверлить орудия из камня, делать глиняную посуду, овладели навыками прядения и ткачества. *Бронзовый век* – исторический период, сменивший неолит (4–1 тысячелетие до н.э.). Характеризуется производством и использованием бронзы (сплавов меди с оловом, алюминием, бериллием, свинцом и другими металлами), бронзовых предметов и оружия. Это время распространения кочевого скотоводства и поливного земледелия, письменности, рабовладельческих цивилизаций и государств.

9.3. Как современная наука определяет природу и сущность человека?

В современной науке обосновано достаточно убедительно положение о том, что природа человека носит *космобиопсихо-социокультурный характер*, что сознание человека отнюдь не является *tabula rasa* («чистой доской»). На основе анализа многолетних исследований по клиническому применению ЛСД как эмпирического основания холистского подхода к психике человека установлена принципиальная недопустимость ее редукции к «это», разуму и чувствам. Психика человека подобна пирамиде, причем доступна исследованию только вершина, а «основание» теряется в глубинах Космоса. Такого рода методологическая установка в социобиологии, исследуя социальное поведение человека как проявление его природы, принимает во внимание биологическую, генетическую сторону индивида. Вместе с тем следует различать понятия «природа» и «сущность» человека, последнее понятие является частью первого и придает ему незавершенный характер. В идеале каждый человеческий индивид представляет собой конкретную самоценность, которая в своих творческих возможностях бесконечна, ибо его сущность заключается в потенциальной способности стать собственно человеком. Каждый человек – это динамичная микровселенная, представляющая собой неисчерпаемый континуум чистых возможностей. Однако его сущность открыта, незавершена, динамична, поэтому конкретно-исторические условия существования общества, противоречивость социального, научно-технического прогресса ограничивают возможности самореализации индивида. Нравственное отношение к человеку предполагает видение в каждом конкретном человеке «образа бога» (ведь бог, согласно Л. Фейербаху, есть проекция человека на бесконечность), т.е. потенциально бесконечного совершенства, что служит основой гуманистической составляющей культуры как противовеса крайнему техницизму и сциентизму.

9.4. Что свидетельствует о сложности и многомерности внутреннего мира человека?

Внутренний мир или внутренний космос человека имеет весьма сложную природу, он многомерен и по размерности того же порядка, что и размерность космоса со всеми протекающими в нем процессами. Ведь природа человека по своему характеру является космобиопсихосоциальной и представляет собой совокупность предельных возможностей и ограничений, вытекающих из различного рода социальных, культурных и прочих средств.

«Психокосмос», или внутренний мир как исчерпывающий образ всех сфер человеческого сознания в их зависимости, по выражению психолога Р. фон Экартсберга, есть своего рода светящаяся сфера, в которой человек видит себя и мир. Поэтому на протяжении всей истории человечества человеческим «психокосмосом» занимались шаманизм, магия, религия, искусство, философия, психология и сейчас идут многочисленные обсуждения природы сознания, о которой не так уж много известно.

О сложности и многомерности внутреннего мира человека свидетельствует то, что он включает в себя *правополушарное и левополушарное сознание, воображение и грезы, мечтания и память, медитацию и творческое мышление, сферы собственно сознания и бессознательного, интуицию и другие познавательные процессы, не говоря уже о ценностях и психологических установках.*

Бурное развитие науки поставило на повестку дня проблемы связи человеческой психики с глубинами космоса, т.е. «микрокосма» с «макрокосмом». И сразу появилось несколько концепций, идей и гипотез, объясняющих эту связь:

- концепция человека как единства материального образования (биомашины) и неограниченного поля сознания, т.е. концепция *корпускулярно-волновой природы человека*;
- концепция человека как «молекулы», содержащей в себе максимум информации о Вселенной;
- гипотезы о галактическом разуме, об определенных аналогиях характеристик физического вакуума и человеческого сознания и их возможных связях; о голографической природе Вселенной и сознания.

Представляет интерес вычленение рационального смысла *гипотез о «жизни после смерти», о существовании в одном теле множества «душ» или личностей, а также выявление связи между субъективным, человеческим временем и объективным временем иерархически организованной Вселенной.*

Не менее увлекательными являются интерпретации целого ряда *психофизических феноменов* – экстрасенсорное восприятие, телепатия, ясновидение или дальновидение – восприятие прошлых событий, недос-

тупных обычному воспоминанию, предсказание будущих событий и т.д. В этом плане представляется плодотворной идея коммуникации людей при помощи биосферы, связанной с космосом, что дает возможность научного объяснения целого ряда явлений внутреннего космоса человека.

9.5. Какие факторы определяют природу человеческого сознания?

У человека неистребима тяга к познанию Вселенной, что является преобразованным благодаря социуму и культуре исследовательским рефлексом его обезьяноподобных предков. Обычно наблюдающий чистое звездное небо человек испытывает чувство удивления, восторга и тревоги, ведь хочется узнать, что там, за весьма ярко или чуть заметно сверкающими в ночи звездными мирами, – неведомые нам существа или мертвые просторы чужих миров, господствует там хаос или гармония?

Не менее, а, может быть, более удивительным является внутренний мир человека, его психокосмос, сфера чувств, эмоций, желаний, мыслей, инстинктов, грез и мечтаний, сновидений, фантазий, интуиции, сверхсознания и подсознания и пр.

В связи с бурным развитием информационных, компьютерных, виртуальных, генных технологий сейчас необычайно усилился интерес к выяснению природы сознания в ее полноте. В современном поле исследований сознание определяется как способность человека оперировать образами окружающего мира, которая ориентирует его поведение; субъективная, внутренняя жизнь индивида.

Само сознание является наиболее таинственной «вещью» в мире на данный момент, потому что до сих пор нет ответа на следующие вопросы: «Почему оно существует? Что оно делает? Как оно могло возникнуть на основе биохимических процессов мозга?»

Существует бесчисленное число точек зрения относительно природы сознания – от позиций тех, кто утверждает, что источник сознания человека находится вне его тела (им является высшее «Я»), до теорий, в соответствии с которыми сознание может быть объяснено стандартными методами нейрофизиологии и психологии.

В этом плане примечательна модель внутреннего космоса (психики, сознания в широком смысле этого слова) человека, созданная зарубежным ученым Р. Ассаджоли, который использует представления высоты и глубины, чтобы четко сформулировать спектр возможностей для самотрансформации индивида. Нелишне отметить, что его модель довольно эффективно используется социальными психологами для создания оптимальной морально-психологической атмосферы в коллективе. В этой модели представлены следующие регионы и слои.

1. Низшее бессознательное, содержащее в себе: а) элементарные психические акты, которые управляют функционированием тела, а также разумная координация телесных функций; б) фундаментальные драйвы (влечения) и примитивные побуждения; в) множество комплексов, насыщенных интенсивными эмоциями; г) грезы, сновидения и воображения низшего сорта; д) низшие, неконтролируемые парapsихологические процессы; е) различные патологические явления – фобии, компульсивные побуждения и параноические мании.

2. Среднее бессознательное – совокупность определенных психологических элементов, близкая нашему бодрствующему сознанию и легко им воспроизводимая. В этом внутреннем регионе происходит ассимиляция накопленного опыта, протекают различного рода ментальные и имажинативные процессы, созревают идеи, стремящиеся прорваться в сферу собственно сознания.

3. Высшее бессознательное или суперсознание, которое является регионом, поставляющим человеку его высшие интуиции и вдохновения – художественные, философские либо научные, этические «императивы» и побуждения к гуманному и героическому Действию. Оно – источник высших чувств, таких, как альтруистическая любовь, гениальность и самосозерцание, просветление и экстаз; в этом регионе в латентном состоянии находятся высшие психические функции и духовные энергии.

4. Поле сознания – непрерывный поток ощущений, чувств, желаний, импульсов, образов и мыслей, которые человек наблюдает, анализирует и оценивает.

5. Сознание Я или «Я» является точкой самосознания индивида, отличающегося от сознания. Различие между ними можно проиллюстрировать следующим образом: одно из них – белый освещенный экран, другое – различные изображения, спроецированные на него (ощущения, чувства, мысли и пр.).

6. Высшее «Я» – перманентный центр, истинное «Я», расположенное за пределами «Эго». Ведь когда человек спит, находится в состоянии депрессии, гипноза, наркоза, тогда его «Я» исчезает и появляется в бодрствующем состоянии. Поэтому еще Кант и Гербарт провели четкое различие между эмпирическим «Эго» и ноуменальным (реальным) «Я», которое существует вне эмпирического индивида, чье «Я» – сознание есть «проекция» этого ноуменального «Я» на структуру личности.

7. Коллективное бессознательное – слой, где происходят процессы «психического космоса», где осуществляются психические контакты между людьми. Человек отнюдь не является изолированным существом, не является «монадой без окон», как считал Лейбниц. И хотя он может чувствовать себя одиноким и изолированным, в действительности же он погружен в океан человеческой психики. В данном случае сознание относится в высшему «Я», выступающему истоком индивидуального сознания.

Естествоиспытатели находятся на противоположной позиции, согласно которой сознание человека является неотъемлемой частью его телесной экзистенции и представляет собой область оптимальной возбудимости, которая перемещается по коре больших полушарий мозга, причем перемещение «светлого пятна сознания» зависит от характера выполняемой умственной деятельности (И.П. Павлов). Метафору «светлого пятна сознания» современные методы исследования превратили в экспериментально наблюдаемое явление («прожекторная» теория Ф. Крика). В конце XX в. на первый план все отчетливее выдвигается теория «повторного входа» А.М. Иваницкого и Дж. Эдельмана – связь сознания с долговременной памятью в виде синтеза двух информации (наличной и извлекаемой из памяти).

В пользу нейрофизиологического подхода к сознанию человека свидетельствуют эксперименты по созданию кремниевой сетчатки. Американские исследователи сконструировали электронную микросхему, имитирующую нейронную структуру глаза, что открывает перспективы для цифрового, более эффективного способа вычислений. В связи с этим поставленный вопрос, может ли сознание возникать в сложной синтетической системе, интересует многих исследователей.

Очевидно, что при детальном анализе двух этих взглядов (один рассматривает сознание как функцию нейронных структур мозга человека, другой – что сознание как идеальное существует во взаимодействии человека с миром культуры) будут выявлены все ошибки и промахи, и что истина лежит где-то посередине. В перспективе будет создана целостная теория, состоящая из двух компонентов: физических законов, объясняющих поведение физических систем от бесконечно малых до бесконечно больших, и психофизических законов, показывающих, как некоторые из данных систем ассоциируются с опытом сознания. Понятно, что следует иметь в виду многообразные философские, социологические, социально-психологические, коммуникативные и другие аспекты функционирования сознания.

9.6. Как трактуется психика и сознание теорией отражения?

Наиболее обоснованной в философском и естественнонаучном отношении остается все-таки трактовка психики и сознания на базе ставшей уже классической теории отражения, конкретизированной кибернетикой, теорией информации, синергетикой, добросовестными физиологическими, психологическими, генетическими и другими разделами современного естествознания. В рамках этой теории сознание не отрывается от материи и ее движения и вместе с тем не отождествляется с ними, а понимается как высшая форма отражения – особого всеобщего свойства

материи. Сознание является отражением материи (ее движения, пространства, времени и всех других ее свойств) как по содержанию, так и по способу своего существования.

Мысль, что не чувствительность, не ощущение, а именно отражение (не тождественное, а лишь аналогичное ощущению) является всеобщим свойством материи, ее новым атрибутом, имеющим способность к развитию не только к количественному, но и к качественным преобразованиям своих форм проявления при переходе от неорганической природы к жизни и далее от животных к человеку.

Итак, что же такое отражение? Труднее всего определить его в общей форме и вычленив его из состава конкретных взаимодействий в неживой природе. Сначала неизбежно было отождествление отражения с той частью взаимодействия, которая представляет физико-механическое или химическое отреагирование, ответное действие (противодействие) на исходное внешнее воздействие на данную систему. Но такой подход не добавляет ничего нового к уже установленным закономерностям механики, физики и химии (типа равенства действия и противодействия в механике, угла падения и угла отражения луча света в оптике и т.п.).

Отражение – не все взаимодействие систем в целом, а свойство или способность взаимодействующих объектов, систем воспроизводить в изменении своего состояния особенности друг друга. Обозначив одну систему отражающей, а другую – отражаемой, можно сформулировать так: *отражение есть воспроизведение в состоянии отражающей системы особенностей отражаемой системы.*

В основе отражения как всеобщего свойства материальных взаимодействий лежит их причинно-следственный характер, обусловленность явлений-следствий вызвавшими их явлениями-причинами, т.е. закономерное соответствие следствий причинам. Именно это и позволяет одним системам воспроизводить в себе особенности других систем.

Отражение, изучаемое в механике, оптике и т.п. можно охарактеризовать как *вещественно-энергетическое*. Главные законы здесь – законы сохранения массы и энергии. А отражение, изучаемое гносеологией, кибернетикой, теорией информации может быть названо **информационным** отражением. Можно также сказать, что информация как образ, копия в закодированном, трансформированном, преобразованном виде отражаемого объекта есть *содержание* отражения. Поэтому информация является общим атрибутом и всякого взаимодействия и всякого отражения.

Простейшей формой биологического отражения является *раздражимость*. На более высоком уровне эволюции живых организмов раздражимость переходит в качественно новое свойство – **чувствительность**, т.е. **способность отражать отдельные свойства вещей в виде**

ощущений. Если раздражимость присуща и растениям, то ощущения – форма отражения, свойственная животным. Далее у животных возникают восприятия и представления.

Ощущения, восприятия и представления – это формы отражения, объединяемые понятием **психика**, это формы психического отражения материи. Материальной основой психики выступает изучаемое в физиологии функционирование нервной системы, органов чувств, спинного и головного мозга, которые в своей совокупности извлекают из окружающей среды (и из самого организма) информацию, обрабатывают ее и в соответствии с ней управляют поведением организма.

Психика, психическое отражение – это активное, динамичное внутреннее состояние живого существа, опосредующее и определяющее его ответ на предыдущие воздействия на него. И принципиальная направленность эволюции живого мира состоит в увеличении роли этой внутренней настройки. Частным результатом этого является возможность увеличения временных и пространственных зазоров между исходным действием на организм и его ответом на него.

Разветвленная система условных и безусловных рефлексов обеспечивает весьма сложные формы поведения животных, способность их отыскивать обходные пути достижения цели, использовать различные предметы в качестве орудий и т.д. Все это показывает, что сознание человека имеет свои биологические предпосылки, что между человеком и животными предками нет непреодолимой пропасти, а имеется естественный процесс развития форм отражения.

Психика свойственна животным и человеку. **Понятие же сознания означает высшую форму отражения, существующую только у человека. Сердцевиной сознания является логическое мышление**, которое определяется как обобщение и опосредованное отражение действительности в абстрактных понятиях. Органом мышления является высоко развитый человеческий мозг, а субъектом – сам человек, включенный в систему общественного труда и общественных отношений с другими людьми. К материальной основе мышления относится и язык (речь). Если клеточной, элементарной единицей мышления выступает понятие, то в языке роль такой клеточки выполняет слово – материальная форма, материальный носитель понятия.

Абстрактное, понятийное мышление и словесный язык качественно отличают человеческое сознание от психики и сигнального общения животных. Человеческое сознание и язык так же отличаются от психики и средств общения животных, как отличается труд человека от приспособительной деятельности животных.

9.7. Чем характеризуются эмоции, чувства, интеллект с позиций гносеологии?

Человеческое сознание представляет сложную, разветвленную и относительно самостоятельную систему, объединяющую в единое целое эмоции, мышление и одухотворенные чувства. Теория отражения объясняет связь сознания, духовной сферы жизни людей с их повседневными нуждами и заботами.

В различных отношениях сознание человека выступает как его ум, честь и совесть, как его рассудок, разум и мудрость, как самосознание и душа, как индивидуальное проявление духа времени – общественного сознания на конкретном этапе его исторического развития. И все это является особыми формами отражения и выражения природы, общества и внутреннего мира каждого отдельного человека.

Субъективный мир человека, представляющий для него самого его собственное Я, являющийся его внутренним миром, можно назвать информационной (инстинктивно-эмоциональной, духовно-чувственной, интеллектуальной) надстройкой над индивидуальным телесным и материальным общественным бытием человека. Это определение вполне соответствует тому, что сознание человека и по способу существования и по содержанию есть отражение материи в той мере, в какой она проявилась в его собственном бытии.

В гносеологии так кратко характеризуются основные компоненты психики и сознания человека. В эмоциональной сфере сознания различают элементарные *эмоции* (голод, жажда, усталость...), *чувства* (любовь, ненависть, горе, радость...), *аффекты* (ярость, ужас, отчаяние...), *страсти* и эмоциональное самочувствие, *настроение* (веселое, подавленное), особо сильные состояния эмоциональной напряженности – *стрессы*. В чувствах человека объекты отражаются в форме переживания и оценочного отношения к ним. Отражение объекта и отношение к нему связаны, но не совпадают полностью. Отражение может быть одинаковым, а отношение – разным. В чувствах человека наряду с объективными свойствами оценивается значимость вещей для самого его и для других людей. В разных культурах одни и те же объекты могут иметь заметно различающиеся значения, могут выступать символами совершенно различных отношений.

Психологи и философы ставят вопрос – применимы ли к чувствам критерии истинности? В каждом субъективном переживании есть объективное содержание. Поэтому допускается, что чувства можно оценивать как умные или глупые, адекватно (верно) или неадекватно (неверно) отражающие ценности вещей и событий. Р. Декарт, например, считал любовь и ненависть истинными тогда, когда любят действительно хорошие вещи и ненавидят действительно дурные вещи. В случае резкого расхож-

дения чувств и объективной реальности, когда «ум и сердце не в ладу», человек может испытывать острый внутренний конфликт вплоть до необратимого душевного расстройства.

Чувства и сознание взаимосвязаны. Нарушение сознания начинается с расстройства сначала эмоциональной сферы, затем нарушается мышление, за ним самосознание. Если человек не осознает опасности, он не испытывает и страха. Если кто-либо не сознает нанесенного оскорбления, он не переживает и гнева. Если нет совести, то нет и осознания своей вины и раскаяния. С участием мышления и чувств осуществляется вся деятельность людей. Источником активности является *потребность* – предметно определенная зависимость человека от внешнего мира. Потребности переживаются в виде желаний и влечений. *Влечение* – психофизический феномен. Человек зависит от того предмета, к которому его влечет. Когда такой предмет находится, то влечение приобретает характер желания. «Желание есть влечение с сознанием его» (Спиноза). В той мере, в какой потребности осознаются человеком, они становятся его интересом и непосредственным стимулом определенной деятельности.

9.8. Суть феноменов человеческого воображения и памяти

Природа человека имеет два аспекта – субъективный, позволяющий нам переживать мир (Вселенную) в своем внутреннем космосе («психокосмосе»), и объективный, дающий нам возможность экспериментировать с теми или иными явлениями этой Вселенной вовне. Эти аспекты – переживание и экспериментирование – присущи природе самоотносящихся, самоорганизующихся систем, одной из которых является человек. **Самоотносительность состоит в том, что Вселенная дана человеку субъективно, через призму его «психокосмоса», тогда как самоорганизация или целевой поиск лежит в способности индивида трансформировать внешний мир.** В связи с этим необходимо отметить, что функционирование человека как самоотносящейся и самоорганизующейся системы невозможно без таких двух параметров «психокосмоса», как *память и воображение*.

Современные исследования процессов мозга и психической деятельности человека помогли раскрыть нейрофизиологический механизм появления и формирования субъективного образа (ощущения), что дало возможность сформулировать идею о том, что «Я» человека по сути представляет собой то содержимое памяти, которое извлекается именно в тот момент, когда в мозг приходит сигнал от органов чувств. Следовательно? наше «Я» является информационной динамической системой, когда происходит взаимодействие памяти и восприятия, и поэтому бессмысленно искать ее точечную локализацию в мозге человека. Но стоит только «прикоснуться» к коре мозга сенсорным сигналом, как «Я» в виде

памяти, хранящей в себе прошлые события, само приходит на встречу с этим сигналом, тем самым выявляя себя.

Определенная тождественность нашего «Я» с памятью, несущей в себе прошлый опыт поколений, обусловлена тем, что наше «Я» зафиксировано в миллионах синапсов (область контакта нейронов), в нейрохимии мозга и его ритмах электрической активности. Своеобразие нашей индивидуальности заключается не только в ее генетической неповторимости, но и в уникальности жизненного опыта. И поэтому невозможно полностью переделать человека, как это пытались сделать в различного рода социальных экспериментах на протяжении истории человечества, ибо невозможно переписать в реальности историческое прошлое и мира, и человека.

Следует учитывать, что феномен памяти является сложным по своей структуре, что он по своей сути является социоприродным феноменом. Ведь в человеке сфокусированы как история нашего космоса, так и история человечества, которые интегрированы в некое целое и зафиксированы в памяти человека. В пользу этого свидетельствуют исследования человеческой памяти, согласно которым у человека имеется **индивидуальный, популяционный, речевой и социальный виды памяти**, причем специфичность соотношения человека со средой схематически может быть представлена формулой: геном ↔ мозг ↔ тело ↔ культурная среда ↔ общество ↔ Вселенная.

Все эти виды памяти взаимосвязаны между собой на основе нейрональной активности мозга человека. Социальная память, к примеру, лежит в основе существования памяти человечества, ведь история, культура и накопленные знания немыслимы вне памяти мозга отдельных индивидов.

Что касается отражений в памяти временного параметра, то общеизвестно, что запечатленные события располагаются не только по временным осям («раньше-позже»), но и фиксируется памятью длительность этих событий в реальном механизме времени в процессе восприятия и запоминания. Вполне очевидно, что лишь при условии некоего временного «свертывания» данных событий возможно формирование их энграмм (следов или узоров памяти), а также их воспроизведение.

В науке выдвигается идея, что временное «свертывание» событий внешнего мира в памяти человека дает возможность мозгу создать модель потребного будущего, т.е. осуществлять эвристическую деятельность. Следует учитывать, что воображение человека проявляется не столько в сфере сознания, сколько в сфере бессознательного, так, по некоторым подсчетам мозг человека способен продуцировать число воображаемых ассоциаций порядка 10100, что на 20 порядков превышает число атомов в наблюдаемой нами Вселенной. Поэтому понятно, что невозможно осознать и выразить в словесной форме все это колоссальное число воображаемых представлений, образов и ассоциаций, что большая их часть находится в сфере бессознательного и выходят в сферу

сознания в ряде случаев – гипноз, шаманские ритуалы, общение с миром искусства, интуитивные прозрения и т.д. Наиболее ярко влияние воображения проявляется в случае исцеления словом, когда происходит отождествление психического и соматического, что связано с функционированием наиболее архаических структур нервной системы, палеокортекса.

Таким образом, пробуждаются древние адаптивно-генетические программы, присущие человеку и играющие значительную роль в кризисных ситуациях его жизни. В связи с этим интересно заметить, что в первобытном обществе каждый член племени умел петь, танцевать, играть на различного рода музыкальных инструментах, т.е. умел делать то же, что и остальные его сородичи. **Затем в ходе разворачивающейся социально-культурной эволюции разделение труда, возрастающий объем информации, не уместящийся в голове отдельного индивида и породивший системы социальной памяти, привели к консервации ряда адаптивно-генетических программ в структурах человеческой памяти. В таких случаях оказывается, что в «психокосмосе» человека память и способность к воображению органически сращены.** Ведь давно установлено, что человеческий мозг представляет собой относительно автономную систему, которая не только *«ощупывает»* внешний мир и *производит съемку* различных внешних объектов в виде образа возбужденных нейронов в зоне кортекса, но и автоматически *генерирует* всевозможные образы на основе первоначального образа.

Память человека обычно разделяется на кратковременную и долговременную, в первой фиксируется текущая сенсорная информация, во второй хранится информация о внешнем мире в преобразованном виде (прошлый опыт плюс наследственное влияние). В то же время в человеческом мозге протекают нестабильные волновые колебания и в случае отключения внешнего потока сенсорной информации, когда происходит потеря нормальных ощущений, когда перестает функционировать кратковременная память, происходит буквально взрыв, извержение прошлого опыта в зону ассоциаций и образуется информация, не имеющая непосредственного отношения к внешнему миру. В этот момент и проявляются древние адаптивно-генетические программы, чтобы спасти мозг человека от гибели или заболевания, в лучшем случае лишенный сенсорной информации мозг засыпает.

Исследования психической деятельности человека в экстремальных или необычных условиях (космические полеты, плавание на подводных лодках, нахождение в полярных зонах, эксперименты в сурдокамерах и пр.), когда частично или полностью прекращается поток сенсорной информации, показали, что многие испытуемые обнаружили у себя способности к рисованию, музыкальному, литературному и поэтическому творчеству, хотя раньше и не подозревали о существовании таких способностей.

В условиях изоляции от внешнего мира (в сурдокамере), куда не проникает световая, звуковая и прочая информация, когда внешние факторы не мешают концентрации внимания индивида на чем-то одном, и выявляются творческие возможности человека. И нет ничего удивительного в том, что многие художники, писатели и композиторы (Айвазовский, Бальзак, Чайковский и др.) творили в полном уединении и тишине. Это объясняется следующим: во-первых, человек представляет собой резонатор космических процессов, прежде всего галактических и солнечных процессов; во-вторых, именно в рамках психологического настоящего человек рисует, поет, танцует, музицирует, движется и т.д.; в-третьих, речь человека по своей структуре музыкальна, благодаря чему даже с искаженными словами музыкальное предложение воспринимается гораздо лучше и понятнее, нежели немзыкальное по своей структуре и неискаженное предложение; в-четвертых, законы природы выражают музыкальную структуру космоса, о чем свидетельствует таблица Менделеева, уравнения движения небесных тел и атомов, пифагорейские числа, относящиеся ко Вселенной и т.д.

Следовательно, человек по своей природе является творчески-художественным существом, иное дело, что повседневная жизнь со всеми ее перипетиями, а также разделение труда, калечащее человека, не позволяют каждому осуществить свои творческие потенции. И только в кризисных ситуациях человек обращается к искусству, которое разряжает нервную энергию, очищает внутренний мир индивида от накопившегося психического напряжения, воздействуя на эмоциональную сферу.

Мир искусства, в котором переплетены память и воображение, позволяет человеку установить контакт с космосом, преодолеть субъективно время, соприкасаясь тем самым с вечностью.

Исследования в области психобиологии показывают, что человеческий мозг оперирует символами, пробуждающими сложный круг ассоциаций, часто эмоциональной природы, код которых связан с символами мира искусства – словами поэтического или литературного произведения, картинами живописцев, звуками музыки, линиями скульптур и пр. В этих исследованиях установлено, что данный код символической деятельности мозга человека является частично врожденным, а частично обусловленным культурой. Вот почему некоторые наши реакции на произведения искусства всегда непосредственны и универсальны, хотя, в общем, необходимо знание культурного кода, используемого художником, поэтом или писателем. Мир искусства с его поэтическими метафорами и символами воображения представляет собой мир грез, мечтаний и сновидений, дающих человеку чувство бессмертия и питающих его интуиции.

С человеческой памятью и воображением неразрывно связаны сновидения, которые, с одной стороны, есть отражение реальной жизни, а с другой, образы (которые зачастую помогают решить ту или иную жиз-

ненную проблему) из таких глубин памяти и воображения, о существовании которых нам неизвестно наяву.

Итак, память и воображение дают возможность проникнуть в неисчерпаемый и безмерный мир внутреннего космоса человека.

9.9. Возможности психического управления телесными, соматическими процессами

Вопрос о воздействии психики на соматические процессы обсуждается с древности в виде вопроса о влиянии души на тело. Особый интерес представляет изучение произвольного, направленного психического воздействия на тело. Такое воздействие есть форма мобилизации внутренних сил личности и может быть охарактеризовано как психическое управление соматическими процессами. Непроизвольное влияние психики на телесные функции, например, при стрессах, не относится к собственно психическому управлению.

Известно влияние на состояние организма таких явлений и состояний личности, которые отражаются в понятиях «вера», «надежда», «воля», «убежденность». Особенно сильно действует так называемая «исцеляющая вера» – веровательная установка, оказывающая управляющее действие на физиологические процессы, включая биохимический уровень. Она интегрирует все другие психические процессы (волю, эмоции, знания, убеждения, мотивы).

Установка на здоровье и вера в выздоровление могут быть частично неосознаваемыми и создаваться не только прямым внушением, но и косвенно, например, демонстрацией выздоровевших людей.

Наряду с общим имеется и локальное психическое управление соматическими процессами. Такая саморегуляция используется в системах йоги и дзен-буддизма. Основоположником современных методов психофизической саморегуляции является немецкий врач И. Шульц, предложивший в 1932 г. методику аутогенной (самопорождающей) тренировки (АТ). Ее источники: европейская система самовнушения, система йоги, учение о гипнозе, метод мышечной релаксации (расслабления), рациональная психотерапия.

Базисным элементом АТ служит особое состояние (аутогенное состояние) и наученная мышечная релаксация. Для достижения АТ используются либо специальные упражнения-установки (тяжело, тепло и др.), либо медитация – длительная концентрация внимания на каком-либо объекте (ритмично повторяемом слове, движении, внешнем предмете и др.).

Поразительны достижения йогов. Один из них под наблюдением ученых пребывал несколько часов полностью погруженным в воду. Лунгомпа («созерцающие ветер») из Тибета с использованием медитации

развивают сверхнормальную скорость, легкость движений и выносливость, проходя за ночь более 100 км без всяких признаков усталости.

Вопрос о возможных количественных границах психического управления соматическими процессами изучен крайне слабо. Успехи оздоровления организма во многом будут зависеть от нашего умения управлять внутренними регуляторными и защитными процессами.

Необходимо отметить, что помимо саногенного имеет место и произвольное патогенное влияние психики на соматические процессы. Яркое образное представление спазма сердечных сосудов человеком, овладевшим техникой АТ, на фоне полного здоровья вызывало приступ стенокардии, который достигался представлением тепла в области сердца.

Наблюдается не только локальное, но и общее произвольное патогенное влияние психики на телесные процессы. Известны случаи, когда глубокий старик, например, говорит: «На Покров умру» или «Вот дождусь приезда сына и умру» – и действительно умирает в намеченный срок. Описан случай, когда пожилая слепая женщина поступила в больницу с удовлетворительным соматическим состоянием и без психопатологии. Она спокойно и обстоятельно объяснила врачам, что хочет умереть, чтобы не быть в тягость детям и внукам. Через 20 суток она скончалась от сердечно-сосудистой недостаточности. Внутренне решение умереть приводит как бы к торможению и выключению жизненно важных телесных процессов.

Соматические эффекты внушения возрастают в случае переживания человеком сильной эмоции. Показателен случай так называемой **стигмации** – образования болезненно кровоточащих ран. Так, у фанатически верующей баварской крестьянки Т. Нейман незадолго до Пасхи появлялись стигмы в тех местах, где, по преданию, были вбиты гвозди в тело Христа. Через неделю боли утихали, раны заживали, не оставляя рубцов. Стигмы могут возникать не только на религиозной основе. У М. Горького, например, возникла стигма в области правого подреберья при написании им сцены убийства жены мужем в область печени. У Флобера возник синдром интоксикации при описании сцены отравления Эммы Бовари. Самовнушение может приводить и к другим патологическим соматическим эффектам.

Психогенные соматические изменения могут быть вызваны и другим лицом. К такому типу относятся все виды психотерапии и все виды психотравмирования в общении, которые имеют выход в соматическую сферу.

Наибольшей силой гетеропсихического воздействия обладает внушение при гипнозе – особом психофизиологическом состоянии, которому свойственна строгая, не присущая ни сну, ни бодрствованию, избирательность в усвоении и переработке информации. Человек в гипнотическом состоянии пассивен и не контролирует ситуацию. Эффект при гипнозе

даже усиливается. Прикладывая к руке металлический предмет с комнатной температурой и внушая пациенту в гипнотическом состоянии, что предмет раскален, вызывают покраснение кожи и пузырь от «ожога».

Экстрасенсы, точнее, биофизиотерапевты, умеют психическим усилием изменять свои соматические процессы и этим оказывать влияние на соматические процессы пациента. Достоверно, что биологические ткани могут испускать электрически заряженные частицы, инфракрасные и другие электромагнитные волны. У экстрасенсов эти виды излучения более интенсивны. За счет этого они могут на несколько градусов повышать температуру кожи пациента на локальных участках. Последнее может приводить к возбуждению определенных нервных окончаний, что влечет за собой изменение деятельности связанных с ними внутренних органов и в целом к реакциям, аналогичным тем, которые возникают при иглотерапии.

Но как, каким образом психическое, идеальное действует на физиологическое, материальное? Это сложный вопрос. Один из подходов: психическое, являясь информационным содержанием мозговых нейродинамических кодов, управляет в том же смысле, в каком управляет информация как таковая.

Информационный класс воздействий качественно отличается от физико-химических, вещественных воздействий. Вызываемый информацией эффект зависит прежде всего от самого ее содержания и от того, насколько человек ее «усваивает» и подчиняется ей. Материальная же форма сигнала не играет роли.

Самая важная, значимая информация, воспринятая, но не «усвоенная» личностью, не признанная ею правильной, встреченная с сомнением, с недоверием, не оказывает заметного влияния на поведение и соматическую сферу. А вот гораздо менее значимая информация, но сразу «усвоенная» личностью, вызывает крупные сдвиги в области сердечно-сосудистой системы, нейро-эндокринных процессов и т.д.

Таким образом, человек по своей воле может формировать цепь кодовых преобразований в своем головном мозгу, которые захватывают вегетативный и другие ниже лежащие уровни регуляции, обычно закрытые для производства сознательного управления.

Сложные проблемы практического и теоретического характера возникают в связи с тем, что современный человек все больше начинает сталкиваться с так называемой *«виртуальной реальностью»* – *искусственным миром, создаваемым компьютерной системой*. В результате того, что в восприятии этого искусственного мира, существующего лишь в представлении индивидуума, зрение и слух дополняются (с помощью особых устройств) осязанием, кожной чувствительностью, виртуальная реальность (ВР) переживается человеком как настоящая, истинная реальность. Исследователь проблем, связанных с ВР, Л.П. Гримак пишет:

«Человек входит в новый, техногенно изготовленный мир, и его сознание формально «отделяется» от остального мира и переходит как бы в «параллельное» пространство, в иной мир, причем это не только мир созерцаний, но и мир реальных действия и переживаний.

Как нам представляется, поистине «дьявольская» особенность виртуальной реальности состоит в том, что в ней реально работают обратные связи от нереальных, существующих лишь в математическом пространстве компьютера мнимых объектов. В результате здоровое бодрствующее сознание, погружаясь в ситуацию, порождаемую ВР, вынужденно вводится в состояние *тотального галлюцинаторного процесса*. Такого рода воздействия на психику человека, если они проводятся без врачебного контроля, нельзя считать в полной мере безвредными. Во всяком случае, до настоящего времени эти явления были свойственны особым состояниям психики, возникающим в результате заболеваний или же употребления некоторых наркотических веществ». Многими специалистами в области человековедения высказаны опасения, сможет ли человеческая психика безболезненно приспособиться к пребыванию в кибернетическом пространстве, будет ли оно для нас безвредным, не отступит ли реальный мир под натиском иллюзорного?

ЛЕКЦИЯ 10

БИОЭТИКА И ПОВЕДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

10.1. Истоки человеческой морали и этики

Рождается ли человек безморальным (с сознанием, как чистый белый лист бумаги), и только воспитание прививает ему некие принципы, выработанные когда-то рационалистами? Или же мы появляемся на свет с каким-то набором врожденных чувств и представлений о том, что хорошо и что плохо, а воспитание их только развивает и направляет?

Биоэтику (или сложные поведенческие программы, присущие животному миру) следует рассматривать как естественное обоснование человеческой морали. Ведь много признаков, присущих человеку, генетически обусловлено. И только часть человеческих черт обусловлена воспитанием, образованием и другими факторами внешней среды обитания. Поэтому суть эволюции составляет процесс передачи генов от поколения к поколению. Все человеческие действия – это его поведение. Хронометрия человеческого поведения показывает, в какой значительной степени биологично все наше поведение.

С помощью биоэтики можно ответить на вопрос о происхождении таких важнейших проявлений человеческого разума, как мораль и этика.

В какой степени верна эта гипотеза?

Отвечая на этот вопрос, следует учитывать, что этологи (специалисты по поведению животных) открыли у животных (и не только у высших) большой набор инстинктивных запретов, необходимых и полезных в общении с сородичами.

Что мораль не чужда животным, люди могли знать многие тысячи лет, ведь рядом с ними была собака. Каждый, воспитывая собаку, может убедиться, как легко можно привить ей некоторые наши этические правила, которые ей исходно совершенно чужды, – понятливость и послушность. Но если бы собаке были присущи только эти качества, мы называли бы ее своим четвероногим рабом. А мы зовем ее другом. Ведь помимо придуманной нами для нее этики, мы чувствуем в хорошей собаке ее собственную мораль, во многом совпадающую с нашей. Многие владельцы этих домашних животных могут совершенно спокойно оставить своего ребенка на попечение собаки, по сути, страшного хищника, способного растерзать даже взрослого человека. А почему? Потому что ей доверяют. Доверяют устойчивым принципам ее поведения. Ведь собака, как и человек с моральными устоями, не может обидеть самку или детеныша, готова рисковать жизнью за товарища, уважает смелость и прямоту и презирает трусость и обман. Она очень тонко чувствует, когда ее хозяин чем-то расстроен, и способна на проявление чуткости и сопереживания.

Так что же такое мораль животных (**или основные принципы биоэтики**)? По мнению выдающегося австрийского этолога Конрада Лоренца, это – **создание естественным способом врожденного запрета выполнять обычные программы поведения в некоторых случаях возникающие при общении с себе подобными**, т.е. полезный необходимый инстинкт остается неизменным (у хищника это загонять добычу, убивать ее, рвать на части и пр.), но для особых случаев, где его проявление было бы вредно, вводится специальный механизм торможения.

Любопытно, что культурно-историческое развитие человеческого общества происходит аналогичным образом, ведь важнейшие требования всех моральных заповедей и кодексов – это *не предписание, а именно запреты*. Как врожденные механизмы и ритуалы, препятствующие асоциальному поведению животных, так и человеческие табу определяют поведение, аналогичное истинно моральному лишь с функциональной точки зрения; во всем остальном оно так же далеко от морали, как животное от человека.

Какие запреты у биовидов считаются важнейшими?

Все запреты возникают под жестким давлением отбора ради выполнения задачи сохранения вида. К важнейшим из таких запретов относятся следующие:

1. **«Не убей своего»** – первый и основополагающий запрет у очень многих видов. Чтобы выполнить его, необходимо безошибочно узнавать своих, безошибочно отличать их от чужих. Интересно, что если, скажем, галки, гуси и обезьяны *узнают друг друга персонально*, то члены крысиного клана точно так же, как пчелы и другие общественные насекомые, *отличают своих сородичей от чужих по общему запаху*. У человека тоже есть манера делить всех окружающих на «своих» и «чужих». Причем понятие «они» появляется намного раньше, чем «мы». Только ощущение, что есть «они», рождает у первобытного человека желание самоопределиться по отношению к «ним», обособиться от «них» в качестве «мы». Так, у всех маленьких детей налицо очень четкое различие всех «чужих», причем, разумеется, весьма случайное, без различения чужих опасных и неопасных и т.п. Но включается очень сильный психический механизм на «чужого», а при попытке контакта со стороны «чужого» возникает комплекс специфических реакций, включая плач, рев – призыв к «своим».

2. Второй запрет непосредственно вытекает из первого – чтобы не убить своего и не быть убитым им, **нельзя нападать неожиданно и сзади, без предупреждения и без проверки, нельзя ли разрешить возникший конфликт без схватки**. Например, собакам, чтобы познакомиться, важно обнюхать друг друга, а безопасно это можно сделать только четко фиксированным образом. Человеческий ритуал выполняет в целом те же функции, что и ритуализированные инстинктивные действия животных. Следует особо отметить, что **ритуал – это специальная форма взаимодействия, изобретенная людьми для удовлетворения потребности в признании среди «своих»**. Потребность в признании – это первая потребность, с которой начинается взаимодействие людей; без ее насыщения невозможно удовлетворить другие потребности. Ведь если потребность в признании не реализуется, то начинает развиваться агрессивное поведение по отношению к «нераспознающему» человеку, который становится «чужим». Ритуал (и, в частности, ритуал знакомства или принятия в число «своих») и призван снять эту «агрессию» и удовлетворить эту необходимость в признании хотя бы на минимальном уровне.

3. У хорошо вооруженных природой животных есть **запреты применять смертоносное оружие или убийственный прием в драке со своими**. Волк может убить оленя и даже лося одним ударом клыков, разорвав горло или пах. Но в драке с другим волком он этого приема применить не может. Таким образом, возникает удивительный парадокс: наиболее кровожадные звери (и прежде всего волк) обладают самым надежным механизмом торможения, запрещающим убийство или ранение сородичей, которые только есть на земле.

Этот механизм торможения, препятствующий асоциальному поведению животных, является врожденным, поэтому животное, у которого

поломали данный механизм, лишь в известном смысле можно назвать «аморальным» по отношению к своим сородичам.

Любопытно, что когда человек пытался одолеть своего самого совершенного и опасного биологического противника – крысу, то самые успешные попытки были связаны с возможностью сломать этот механизм торможения против своих сородичей. Дело в том, что крысы – в определенном смысле самые «общественные» животные, сплоченные в сообщество «коллективистской психологией», и своим поведением с членами собственного сообщества являются истинным образцом всех социальных добродетелей. Крысы непобедимы, потому что внутри большой стаи никогда не бывает серьезной борьбы, причем наиболее защищенными себя чувствуют детеныши и слабые животные. Кроме того, крысы пользуются теми же методами, что и человек, – традиционной передачей опыта и его распространением внутри тесно сплоченного сообщества.

Известно, что крысы были самым страшным бедствием во времена парусного флота. Иногда голодные крысы целиком сглаживали пьяных членов экипажа вместе с сапогами, оставляя только медные гвоздики и железные бляхи от ремней. Поэтому на корабле единственно эффективным способом борьбы с крысиным сообществом была возможность «взорвать» его изнутри. Матросы отлавливали несколько десятков крыс и сажали их в какое-нибудь темное замкнутое пространство, где крысы обречены на голодную смерть. Но крысы, даже умирая от голода, не нападали на своих сотоварищей. В качестве пускового механизма пробуждения внутрисемейной агрессии использовали чужую крысу, которую подбрасывали через определенное время. Почуввав запах чужака, крысы приходили в безумную ярость и убивали его, затем начали кусать друг друга. Запах крови опьяняет их еще больше. Главное – сломать очень жесткий запрет на агрессию против сородичей. Наконец, обезумевшие крысы начинают убивать друг друга. Остается 20 живых крыс, затем 10, затем 4, и, наконец, 2 уцелевшие крысы вступают в последнюю смертельную схватку. Победитель, который выжил, и есть «крысиный король». Это уже крысиный «выродок» – животное, у которого полностью сломлены все запреты и механизмы торможения. Эта крыса способна только убивать и убивать своих сородичей, но у нее свой запах, и «нормальные» крысы не могут ее тронуть, хотя чувствуют этого «кровавого убийцу» на расстоянии, и тогда они предпочитают выпрыгнуть с палубы в море и утонуть, чем встретиться с «королем-убийцей» в трюме, который сразу становится очень тесным. Вскоре на судне останется только одна крыса, которая уже никому не опасна.

4. Следующий запрет, опять-таки более абсолютный у сильно вооруженных животных (в основном, хищников), **не позволяет бить того, кто принял позу покорности.** Как более слабому и проигравшему в схватке животному остановить распаленного в драке победителя? Это –

предложить ему нарушить предыдущий запрет на применение смертельного приема. Проигравшие волк, лев или олень вдруг прыжком отскакивают от противника и встают боком к нему, подставляя для смертельного удара самые уязвимые места. Но именно этот удар противник нанести не может. Например, волк подставляет победителю чрезвычайно ранимую боковую сторону шеи, выгнутую навстречу укусу. Галка подставляет под клюв той, кого нужно умиротворить, свой незащищенный затылок, как раз то место, которое стараются достать птицы при серьезном нападении с целью убийства. Но именно этот смертельный прием более сильный противник нанести не в состоянии. Любопытно, что когда побежденная собака принимает позу покорности, то победитель сразу остановиться не может и проделывает движения смертельной встряски «вхолостую», т.е. возле самой шеи поверженного противника, но без укуса и с закрытой пастью.

Необходимо знать, что у животных разных видов «принципы морали» закреплены по-разному и проявляются неодинаково. Иногда в одном вольере содержат вместе индюков и павлинов, чего делать не рекомендуется. Эти птицы относятся к одному отряду куриных и даже к одному семейству фазаньих, но ведут себя различно. Так, если индюк и павлин вступают в драку из-за территории, и павлин, как более легкая птица, принимает позу покорности, подставляя своему противнику темечко, то индюк, не задумываясь, забивает павлина насмерть. Павлин же сделать уже ничего не может, так как из позы покорности в боевую стойку выйти невозможно.

Почему же у человека нет врожденных ограничений на приемы драки? К. Лоренц пишет, что «можно лишь пожалеть о том, что человек как раз не имеет «натуры хищника». Большая часть опасностей, которые ему угрожают, происходит оттого, что по натуре он сравнительно безобидное всеядное существо, у него нет естественного оружия, принадлежащего его телу, которым он мог бы убить крупное животное. Именно поэтому у него нет и тех механизмов безопасности, возникших в процессе эволюции, которые удерживают всех «профессиональных» хищников от применения оружия против сородичей.

Когда же изобретение искусственного оружия открыло новые возможности убийства, то прежнее равновесие между сравнительно слабыми запретами агрессии и такими же слабыми возможностями убийства оказалось в корне нарушено. Но хотя вроде бы никаких ограничений на приемы драки у человека нет, проигравший драку мальчишка вдруг закладывает руки за спину и, подставляя лицо, кричит: «На, бей! Бей!» И хотя запрет в нас очень слаб, но действие его впечатляюще.

5. И еще один очень важный принцип поведения, характерный для многих животных: **победа с тем, кто прав.** Животное, защищающее свою территорию, свою нору, свою самку, своих детенышей, почти всегда выигрывает в конфликте, даже у более сильного и агрессивного соперника. И не

только потому, что отчаянно обороняется и яростно нападает, но и потому, что противник заранее психически ослаблен. Его агрессивность сдерживается запретом, тем самым, который на юридическом языке называют неприкосновенностью жилища, личной жизни и имущества.

Какой же вывод можно сделать из этих любопытных фактов и закономерностей? Хотя социальные и нравственные аналогии в поведении некоторых животных известны давно, но выводы делаются различные и даже диаметрально противоположные. Этологи и их сторонники (К. Лоренц, Р. Ардри, Дж. Скотт и др.) считают, что человек произошел от животного мира и должен обладать всеми теми свойствами, которые присущи животным, включая и биологическую основу мотивации его агрессивного поведения, что человек бессилен против инстинктов собственной природы, которые неотвратимо приводят его к социальным конфликтам и борьбе. Ученые, стоящие на марксистских позициях (В. Холличер) утверждают, что человек далеко ушел от животного мира и обладает специфическими, характерными только для него чертами. Очевидно, что диалектический подход к изучению поведения человека, исходя из двойственности его природы, должен включать изучение как преимущественности, так и проявлений нарушения преимущественности.

10.2. Сравнительный анализ социальных структур и социального поведения животных и человека

Исследование целостного феномена власти показывает, что государственная власть своими корнями уходит в биосоциальную эволюцию предков человека, если исходить из тезиса, что «ничто не рождается из ничего». Необходимо понять, что социальное поведение людей диктуется не только разумом и культурной традицией, но по-прежнему подчиняется еще и тем закономерностям, которые присущи любому филогенетически возникшему поведению, а эти заключения можно хорошо узнать только изучая поведение животных.

Уже в первой половине XX столетия зоопсихологами выявлено наличие устойчивой и развитой иерархии в сообществах животных. Наиболее показательными в этом отношении были опыты Скиннера, исследовавшего групповую организацию у серых крыс, а также работы Дж. Гудола с приматами (шимпанзе). При этом к 60-м годам представления о жесткой генетической обусловленности неравенства сменяются концепцией группы как системного целого, где, с одной стороны, имеют место поведенческие реакции *индивидуального эгоизма*, с другой – *протосоциальные альтруистические формы поведения*. Объяснение тому, как сочетаются в коллективных формах организации животного мира такие противоречивые начала, как *альтруизм и эгоизм* содержится в работе Р. Докинз «Эгоистический ген» (русс. перевод 1993 г.),

где была предложена модель живой особи как своеобразной машины, запрограммированной на выживание своих генов. Там, где существует возможность **сохранения и передачи индивидуальных генов**, преобладают **эгоистические формы поведения**, а в обстоятельствах, где попытка каждой особи сохранить индивидуальные гены ставит под угрозу физическое существование всей группы, срабатывают **альтруистические поведенческие реакции**. Р. Эфроимсон в своей работе «Родословная альтруизма» упоминает случаи самопожертвования взрослых самцом шимпанзе, напавших на тигра для того, чтобы дать возможность скрыться оставшимся членам группы.

Наши соотечественники М. Бутовская и Л. Файнберг пришли к следующему выводу о существовании у приматов **социальной организации различной модификации**: «Анализ социальных структур и социального поведения в сравнительном ряду приматов позволяет выявить несколько **универсальных типов социальной организации**, присутствующих на всех основных уровнях филогенетического развития, а также наличие универсальных принципов взаимоотношений между особями в пределах сообщества (отношения воспроизводства, отношения, направленные на поддержание целостности группы, – дружелюбные альянсы, отношения иерархического порядка, направленные на упорядочение связей между особями, отношения между особями, связанные с распределением ресурсов и среды обитания)». Здесь видны те отношения (связанные с целостностью организации, иерархией и распределением ресурсов, порядком), которые в человеческом обществе с его спецификой станут **параметрами государственной власти и приобретут свои качества**. Вот почему правомерно говорить об аналогиях между биологическими и социальными свойствами, в частности, об определенном параллелизме между биологически обусловленным неравенством и иерархией в сообществах высших животных и государственной властью. Базовым функциональным назначением как индивида, так и группы является **сохранение видового генотипа вообще и генотипа данной популяции в частности**. И групповые, и индивидуальные поведенческие реакции варьируются в пределах от ярко выраженного эгоизма до альтруизма (разумеется, термины «эгоизм» и «альтруизм» применяются в данном случае весьма условно и не содержат всего набора смыслов, обусловленных развитием человеческой культуры). Кроме того, на эти две полюсные типовые реакции в сообществах животных накладываются коммуникативные ритуалы, в которых и обнаруживается собственно **иерархия особей** и прежде всего отношения **господства и подчинения**. Данный тип отношений включает в себя как индивидуально-статусное, так и стратовое (подгрупповое) доминирование, источники и основания которого носят множественный характер.

Наиболее показательными в этом плане являются сообщества крыс и человекообразных обезьян. В них подгруппу (или страт) **беспорных лидеров Альфа** образуют взрослые особи-самцы, отличающиеся не только физической силой и свирепостью, но и быстротой поведенческих реакций, прежде всего реакцией «принятия решения». То есть те, кто в минуту опасности способен быстро действовать, как правило, и становятся вожаками. Данный страт, к которому причисляют особей **Альфа**, является условно наиболее устойчивым источником доминирования, его можно условно обозначить как «полюс силы». Вторую подгруппу, или страт, образуют особи **Бета**, уступающие первым в физической силе, быстроте принятия решений и бесстрашии. Кстати, такие, казалось бы, чисто человеческие качества, как смелость, страх и др., в неменьшей степени присущи и животным особям. Этот факт хорошо известен кинологами. Особи **Бета** отличаются развитыми «мыслительными способностями», например, умением ориентироваться в нестандартной ситуации. Индикатором такого умения служит «рефлекс предвидения», открытый зоопсихологом Крушинским.

Особи **Бета** становятся временными лидерами в критических обстоятельствах, предлагая новые нестандартные формы поведения тогда, когда привычные рефлексорные реакции не позволяют группе справиться с возникающими трудностями. Страт **Бета** образует второй устойчивый источник доминирования в группе – своеобразный «**полюс разума**».

Далее идет подгруппа молодых и менее опытных или взрослых, но не имеющих отличий самцов, которые составляют страты «**подвластных**», но «**полноправных**» (т.е. имеющих потомство) членов сообщества; их обычно обозначают как **Гамма**, **Дельта** и т.д.

Замыкают иерархию «**неполноправные**» члены группы – **Омега**, своего рода «изгои», те, для которых в обычных условиях не допускается спаривание, а следовательно, и сама возможность иметь потомство. Особей **Омега** обычно принуждают пробовать незнакомую пищу, идти вперед, прокладывая маршрут в незнакомых или опасных условиях, когда гибель одной из них должна послужить сигналом тревоги для всего сообщества. Так в общих чертах выглядит тип организации господства и подчинения в сообществах высших животных, своего рода «**ранговая иерархия**». Весьма любопытным при этом является то, что принадлежность к тому или иному страту не является наследуемой или только врожденной, и дети вожаков шимпанзе, особей **Альфа** и **Бета**, до достижения зрелости отстаивают свое индивидуальное место в соответствующей страте наравне со всеми, при том, что, по мнению некоторых ученых, между самими стратами **Альфа** и **Бета** существует устойчивая конкуренция за безусловное лидерство. В литературе известен трагикурьезный случай, когда в лабораторных условиях особи **Бета**, регулярно получая значительную долю алкоголя, утрачивали чувство страха, вступали в драки с **Альфа** и

нередко становились вожаками, но... на короткое время, поскольку начинали испытывать устойчивое влечение к алкоголю. В результате они быстро «спивались», опускаясь в конце концов до уровня **Омега**.

Следует учитывать и одно из универсальных правил биологии – для множества элементов системы характерны **асимметрия взаимодействий** и вытекающая из этого **асимметрия взаимоотношений**. В то же время исследования синхронизации поведения животных и человека показали, что на самых разных уровнях интеграции – от биохимических систем организма до сложных социальных взаимодействий – **обнаруживается взаимная синхронизация поведения**. Следовательно, во имя целостности системы возникает необходимость регулятивных механизмов, использующих «**нормы**» поведения и иерархию организации.

10.3. Чем определяются мотивации человеческого поведения?

Безусловно, поведение человека не ограничивается врожденными животными программами. Ведь человек живет и действует, побуждаемый множеством потребностей. «Каждый человек стоит ровно столько, сколько стоит то, о чем он хлопочет», – говорил Марк Аврелий. Иными словами, **человеческую личность определяют его потребности**.

А. Маслоу, один из ведущих психологов США в области исследования мотивации, разработал «иерархию» потребностей человека.

1. Физиологические потребности – это низшие, управляемые органами тела потребности: дыхательная, пищевая, сексуальная, потребность в самозащите.

2. Потребность в надежности – стремление к материальной надежности, здоровью, обеспечению по старости и т.п.

3. Социальные потребности – удовлетворение этой потребности не объективно и трудно описуемо. Одного человека удовлетворяют очень немногие контакты с другими людьми, в другом человеке эта потребность выражается очень сильно.

4. Потребность в осознании собственного достоинства – здесь речь идет об уважении, престиже, социальном успехе. Вряд ли эти потребности удовлетворятся отдельным лицом, для этого требуются группы.

5. Потребность в осуществлении самого себя – это потребность в развитии личности, в самореализации, самоактуализации, в осмыслении своего назначения в мире.

Маслоу выявил следующие **принципы мотивации** человека:

- 1) мотивы имеют иерархическую структуру;
- 2) чем выше уровень мотива, тем менее жизненно необходимыми являются соответствующие потребности, тем дольше можно задержать их реализацию;

3) пока не удовлетворены низшие потребности, высшие остаются сравнительно неинтересным. С момента удовлетворения низшие потребности перестают быть потребностями, т.е. они теряют мотивирующую силу;

4) с повышением потребностей повышается готовность к большей активности. Таким образом, возможность удовлетворения высших потребностей является большим стимулом активности, чем удовлетворение низших.

Маслоу отмечает, что нехватка благ, блокада базовых физиологических потребностей в еде, отдыхе, безопасности приводит к тому, что эти потребности могут стать для обычного человека ведущими – человек может жить хлебом единым, когда его не хватает. **Но если базовые, первичные потребности удовлетворены, то у человека могут проявляться высшие потребности, метамотивации** (потребности к развитию, к пониманию своей жизни, к поиску смысла своей жизни). Для многих людей присущи так называемые «неврозы существования», когда человек не понимает зачем живет, и страдает от этого.

Если человек стремится понять смысл своей жизни, максимально полно реализовать себя, свои способности, он постепенно переходит на *высшую ступень личностного саморазвития*.

Такой **«самоактуализирующейся личности»** присущи следующие особенности:

1) полное принятие реальности и комфортное отношение к ней (не прятаться от жизни, а знать, понимать ее);

2) принятие других и себя («Я делаю свое, а ты делаешь свое, Я в этом мире не для того, чтобы соответствовать твоим ожиданиям. И ты в этом мире не для того, чтобы соответствовать моим ожиданиям. Я есть я, ты есть ты. Я уважаю, принимаю тебя таким, какой ты есть»);

3) профессиональная увлеченность любимым делом, ориентация на задачу, дело;

4) автономность, независимость от социальной среды, самостоятельность суждений;

5) способность к пониманию других людей, внимание, доброжелательность к людям;

6) постоянная новизна, свежесть оценок, открытость опыту;

7) различение цели и средств, зла и добра («Не всякое средство хорошо для достижения цели»);

8) спонтанность, естественность поведения;

9) юмор;

10) саморазвитие, проявление способностей, потенциальных возможностей, самоактуализирующее творчество в работе, любви, жизни;

11) готовность к решению новых проблем, к осознанию проблем и трудностей, своего опыта, к подлинному пониманию своих возможностей.

Самоактуализация – это высший показатель возможностей духа. **Смысл жизни человека состоит в максимально полном развитии, развертывании всех заложенных талантов, задатков и способностей. Самоактуализация и есть полное использование всех возможностей человека.** Обычно человек стремится выразить себя в той области, в которой он обладает наибольшими задатками и способностями, но подлинное наслаждение приносит только творческая работа. Творческая работа человека над самим собой – главный механизм удовлетворения потребности стать всем тем, кем он может и по своей свободной мотивации должен стать.

10.4. Проблема смысла и цели человеческого бытия

Мало кто оспаривает утверждение, согласно которому *назначение любого человека – всесторонне развивать свои способности и дарования*. Это может стать *целью любой жизни*, но тогда возникает вопрос: а для чего развивать свои способности, для какой высшей цели? Это и есть один из основных вопросов философии. Еще Иммануил Кант заметил, что философия должна ответить всем на два вопроса: «Кто мы такие?» и «Куда мы идем?» Очевидно, что эти *вечные вопросы* стимулируются осознанием человеком конечности своего существования. Смерть низводит человека к этим вопросам, властно побуждает напрягать ум и волю в поисках ответа на них.

Естественно, когда каждый человек – это *отдельное звено в цепи* всего человечества, то довольно легко определить смысл существования этого отдельного звена – ведь без него разорвется цепь. Но материалисты утверждают, что смертен не только отдельный человек, но и все человечество. Вообще **ничего нет вечного под Солнцем**. Да и Солнце рано или поздно потухнет, и не спасет человечество даже космический перелет в другую галактику, потому что и другая галактика рано или поздно взорвется, а в конце концов и вся Вселенная сожмется обратно в бесконечно малую величину. Известно, что в соответствии с концепцией универсального эволюционизма 15–20 млн лет назад все вещество нашей Вселенной концентрировалось в «*сингулярности*» – была представлена в необычайно малом объеме с гигантской плотностью и чудовищной температурой. Новейшие исследования показывают, что эта «**сингулярность**» **была создана из ничего**. И вот из этого «ничего» все и возникло, чтобы по истечении определенного времени в это «ничто» превратиться снова. (Это одна из гипотез происхождения Вселенной, не имеющая научного доказательства.)

Жизнь противоположна безжизненности, а смерть противоположна рождению, ибо смерть и рождение – полюсы и границы человеческой жизни, ее пределы.

Все понимают, что человек в своем физическом теле не может жить вечно, но отношение людей к этому факту различно. Одни считают, что ценность жизни очень мала из-за ее ограниченности, и как было бы хорошо, если бы человек мог жить вечно... Но человек нерасторжимыми узами связан со своим поколением, с окружающей его с детства социальной средой, а все это – с конкретным историческим временем. И человек не может выпрыгнуть за границы своего времени и своего поколения, а если кому это и удастся, то счастья не приносит. Так, одну 105-летнюю англичанку спросили: «А у Вас есть враги?» – «Нет, – с грустью ответила она, – ни одного не осталось. Они все умерли, как, впрочем, и друзья».

Но человек никогда не может примириться с необходимостью своего ухода из этого мира. И, очевидно, лучший выход из ситуации, которую мы изменить не в силах, – это изменить свое к ней отношение. **Ведь ограниченность жизни побуждает людей ценить и беречь время, жить интенсивно и насыщенно. Мысль о бесконечности жизни, о бесконечности будущих наслаждений сделала бы людей равнодушными к сегодняшней радости, к сегодняшнему удовольствию.** Философы не без основания считают, что все великое и нужное всем было создано людьми, которые хотели *успеть* совершить что-то значительное, которые стремились оставить свой след в истории, увековечить свое имя в памяти потомков.

Римские философы-стоики даже сформулировали главный жизненный принцип, по которому должен жить каждый человек: «Думай о смерти». Из этого принципа следует, что каждое свое действие, каждый поступок, каждое высказывание и даже слово человек должен совершать так, как будто это его последнее слово и последнее действие в жизни. **Следование такой жизненной установке наполняет содержанием и глубиной любое событие в жизни человека.** Человек, думающий о смерти, способен часами любоваться цветком, морским прибором, огнем очага. Вся восточная культура построена на созерцании земной красоты: японец может всю ночь просидеть и получить громадное удовольствие, наблюдая за падающим снегом или цветком сакуры. Большинство же людей следуют в своей обыденной жизни прямо противоположной позиции – вообще стараются не думать о смерти.

Да, мысли о неизбежности смерти невыносимы, но некоторые философы не без основания считают, что вечная жизнь была бы для человека проклятием, подлинной мукой. Необходимо отметить, что в ряде случаев наивное и потребительское отношение верующих к религиозному догмату о загробном существовании препятствует людям трудиться над своим подлинным земным счастьем, думать об улучшении земной жизни, о совершенствовании отношений в обществе. Еще древнегреческий историк Плутарх, подметив эту особенность людей, верующих в бессмертие, – их недооценку земной жизни, – изрек: «И придавая на-

стоящей жизни в сравнении с вечностью мало значения, или, вернее, не придавая ей никакого значения, они прозябают, не используя жизни; в своем малодушии они пренебрегают добродетелью и деятельностью и презируют самих себя как рожденных на один день, неустойчивых и ни на что достойное не способных». Ведь бессмертие делает человеческую жизнь бессмысленной, лишает ее ценностей и интересов. Смертность делает жизнь трагичней, но зато может наполнить ее глубоким смыслом. Каждый период в жизни человека вносит свое содержание и свои способности решения важнейших проблем, стоящих перед человечеством.

Но чем тогда объяснить тот факт, что даже глубокие старики так цепляются за жизнь? Причина в том, что физиологический механизм человека запрограммирован на более значительный срок жизни, по разным прогнозам ученых физиологов и гистологов от 150 до 600 лет. Не случайно по библейским хроникам праотцы на порядок пережили современных людей: Адам, к примеру, прожил 930 лет, Ева – 928.

Но если бы даже вопреки всем законам природы удалось добиться бессмертия человека, то это поставило бы человечество перед сложнейшими проблемами, которые со временем стали бы неразрешимыми и завели человечество в тупик. Интересующихся данной проблемой можно адресовать к увлекательному и мудрому рассказу «Бессмертный», который написал известный аргентинский писатель Хорхе Луис Борхес. Аналогичной данному писателю точки зрения на проблему бессмертия придерживается и наш известный генетик – академик Н. Дубинин. По его мнению, в основе развития и общечеловеческого прогресса лежит процесс смены поколений, личное бессмертие человека явилось бы непреодолимой преградой на пути его духовного развития.

Живая природа устроена так, что жизнь питается жизнью, т.е. жизнь поддерживается смертью. Так, если взглянуть на проблему смерти с точки зрения биолога, то она неотделима от жизни. И дело не в том, что смерть следует за жизнью, а в том, что смерть обеспечивает саму жизнь.

Наиболее ярким примером этого служат клетки нашей кожи, ее наружного слоя. Поверхностные клетки кожи являются мертвыми. Это полупрозрачные кристаллы, которые сцеплены друг с другом тонким слоем жира. Эти клетки наполнены кератином. Они в определенное время мертвеют, а потом и вовсе сбрасываются кожей, а на их место приходят другие. Все это – плановый процесс, процесс непрерывного умирания ради жизни. Эти мертвые клетки, словно гибкий панцирь, защищают находящиеся под ним нежные ткани. Такая защита необходима, поскольку истинно живые клетки не могут переносить непосредственного соприкосновения с воздухом.

Кристаллические клетки панциря образуются из живых клеток ткани: они постепенно вытесняются на поверхность кожи, где должны выполнять свою миссию уже не в живом, а мертвом состоянии. Но ведь в

этом мертвом состоянии они выполняют жизненно важные для всего организма функции. Как же тогда понимать смерть? В функциональном плане она – часть жизни, не так ли? Кстати, эти клетки не просто умирают по причине какого-либо неудобства или недостатка. Они сами убивают себя именно для того, чтобы, перейдя в неживое состояние, обеспечивать выполнение организмом своих жизненных функций. Еще до того, как клетка выйдет на поверхность кожи, у нее начинается подготовка к своей новой функции – образованию панциря. С этой целью сама клетка вырабатывает для себя яд. Ядом служит фиброзный кератин. Так постепенно вся клетка заполняется роговым веществом.

Таким образом, трудно непроницаемым барьером отделить жизнь от смерти. Если эти клетки мертвые, то «наше тело буквально укрыто смертью». Ведь мы **ежедневно сбрасываем с себя до 500 000 мертвых клеток**. На примере клеток кожи видно, что отмирание, смерть является неотъемлемой частью жизни. Но это касается не только клеток кожи. Новые клетки в живом организме возникают непрерывно. Их образуется во взрослом организме ровно столько же, сколько отмирает. Таким способом организм обновляется. Это все идет планомерно, и смерть клеток не является чем-то нежелательным, какой-то трагедией. Даже наоборот – трагедией было бы, если бы они не отмирали. Значит, смерть обеспечивает нормальное развитие жизни.

Когда мы говорим о смерти и бессмертии по отношению к человеческой личности, то речь идет главным образом о психике, или душе. Для материалистов «душа» – это синоним психики и обозначает совокупность психических явлений, являющихся системным свойством мозга. В христианстве душа – это непостижимое, бесплотное «духовное начало», которое Бог вдохнул в сотворенное им из праха тело первого человека. При этом душа дана человеку, так сказать, во временное пользование. Когда физическое тело умирает, то душа отлетает в мир иной. Итак, душа – это что-то временное, имеющее начало и неизбежный конец, или это вечное начало, данное нам от Бога?

Что касается проблемы бессмертия, то философ А.К. Макеев, основываясь на некоторых данных современной науки, пришел к заключению, что **«...идеал достижимости индивидуального бессмертия и даже признания наличия во Вселенной биосистем, уже обладающих бессмертием, надежды человечества на встречу в космосе с братьями по разуму, уверенность во всемогуществе знания, побеждающего смерть и могущего на базе информационных программ биополевых систем возвратить к жизни всех, как говорится, ушедших в небытие, но в новой, более совершенной форме, на небелковой основе, – все это существенные элементы истинно научного мировоззрения...** Эта проблема уже поставлена на повестку дня развивающейся наукой. Идеалы подобного рода действительно заражают оптимизмом и могут служить

важным стимулом вдохновения во всех сферах практической и теоретической деятельности человечества, осознавшего реальность таких идеалов».

Если биоэтику трактовать не узко (медицински и биологически), а как широкую и философски глубокую дисциплину, то ее центральное ядро – отношение к жизни и смерти. Жизнь понимается как самоценность, как высшая ценность. Поэтому возникают проблемы, которые выходят за рамки отношений врача и пациента, а именно, отношение к жизни, животным, к биогеоценозам, к биосфере и т.д. Вообщем, **суть многих биоэтических ситуаций в том, что люди оказываются перед необходимостью взять на себя ответственность за установление пределов существования живого.**

10.5. Гуманистические позиции биоэтики

Биоэтика возникла и стала интенсивно развиваться в начале 70-х гг. в Западной Европе и США. Большую роль в становлении биоэтики сыграла медицина, а также развитие генетики, осознание не только биологами, но и обществом возможных негативных последствий генной инженерии. Новый уровень технико-практических возможностей медицины и экспериментальной науки поставил перед учеными новые этические проблемы. Биоэтика возникла как ответ на технологические вызовы в медицине. **Новые технологии трансплантации органов, зарождения и поддержания жизни вступили в противоречие и даже в конфликт с традиционными культурными ценностями и с традиционными аксиологическими (ценностными) ориентациями.** Например, для христианства сердце – это не только важнейший биологический, но и духовный орган человека.

Можно сказать, что **биоэтика – это форма защиты прав человека, в том числе его права на жизнь, на здоровье, на ответственное и свободное самоопределение своей жизни.** Если рассматривать биоэтику не просто как анализ норм взаимоотношений врача и пациента, а в более широком контексте и в силовом поле тех ментальных и ценностных форм, которые определяют отношение к жизни и смерти, к детству и старости, то в этом случае эта наука окажется аксиологически нагруженной. Она не только врачебную этику включит в себя, этические нормы отношения к животным, но и экологическую, этику отношений человека с биогеоценозами и со всей биосферой. Не только человек, но и вся природа окажутся субъектами **этических размышлений и моральной регуляции.** Биоэтикой выдвигаются и отстаиваются следующие постулаты:

1. Единство науки и гуманистических ценностей.

2. Необходимость ставить гуманистические цели выше исследовательских.

3. Регулирование, исходя из гуманистических ценностей, научных исследований, включая и запреты на некоторые виды экспериментов, связанных с участием человека.

4. Разработка правил биомедицинских работ с учетом прав личности, включая юридические нормы.

Следует остановиться на вопросах неразрывной связи биоэтики с медицинской этикой и правом. Общественный смысл биоэтики заключается в том, что она является **конкретным проявлением гуманизма в медицине**. Этот критерий является основным в научных исследованиях по биологии и медицине. И какие бы цели ни ставились исследователями, гуманизм и безвредность для человека всегда должны стоять на первом месте – такой подход служит мерилom любой человеческой деятельности, в том числе и по ускорению научно-технического прогресса. В этой связи необходимо развивать экологическую этику и разрабатывать специальный экологический кодекс.

Что нового в биоэтике сравнительно с традиционной врачебной этикой? Современный врач сталкивается с конфликтом духа и буквы клятвы Гиппократова, которая была незыблемой этической основой врачевания в течение двадцати четырех веков.

Вспомним наиболее известную этическую заповедь Гиппократова – **прежде всего не навредить пациенту**. Когда современные хирурги-трансплантологи пересаживают почку или долю легкого живого донора (даже имея на это добровольное согласие донора) обреченному больному, приведенное этическое предписание по отношению к донору с очевидностью нарушается. Далее. Сторонники разрешения проблем умирающего больного с помощью активной эвтаназии (введения смертельной дозы яда) говорят, что в этом заключается его «право на смерть». Есть потребность в допустимости «убийства из милосердия» неизлечимо больного близкого человека. Следует признать, что такая ситуация является особенно психологически убедительной, ведь здесь требование милосердного отношения к страданию, «смертной муке» другого человека может обрести силу категорического императива. Но это еще не значит, что такой выбор можно безоговорочно оправдать этически. Врач, осуществивший «убийство из милосердия», совершает отчаянный и рискованный шаг «по ту сторону добра и зла» и обрекает себя на вечную (до конца своей сознательной жизни) работу самооправдания: достаточно ли весомыми были в тот момент его аргументы, когда он в привычных определениях добра и зла единственно по своей воле поменял местами знаки «плюс» и «минус».

В биоэтике уже стали привычными такие понятия, как «право на аборт», «право на смерть» и т.д. Но, может быть, это есть квазиправо – оно не может быть записано во Всеобщей декларации прав человека. В самом деле, сторонники права на аборт делают акцент на следующих ар-

гументах: криминальные аборт есть еще большее зло, общество должно уважать право женщины на свободное и ответственное материнство; в особенности на ранних сроках беременности понятие «эмбрион» не тождественно понятию «человек» и т.д. В то же время они не придают должного значения другим аргументам: отмена запрета на аборт просто игнорирует моральный статус эмбриона, ценность жизни плода; аборт как моральный выбор самой женщины, врача-оператора, юристов, легализовавших такую социальную практику, не свободен от противоречий.

Современный прогресс клинической медицины потребовал уточнения самого принципа гуманизма. Соответствует ли гуманности искусственное оплодотворение или прекращение жизнеподдерживающего лечения умирающего пациента? Подлинным началом духовных исканий в биоэтике является тревога и забота о будущем человеческого рода. Когда американский биолог В.Р. Поттер предложил термин «биоэтика», назвав ее «мостом в будущее», он был, несомненно, прав, так как **биоэтика все более явно занимается поиском реальных путей к созданию глобальной этики человечества будущего.**

10.6. Какие факторы приводят к потере здоровья отдельного человека и популяции?

Устремление к жизни, к благополучию, выражающее коренные, глубинные потребности всего биологического мира как основу его развития, в сознании человека восходящее к сокровенным мечтам о счастье, радости и благополучии вечном, выступает как одна из движущих сил в истории. Человек, его жизнь, причем не всякая, а жизнь, наполненная счастьем, радостью и благополучием, является главной ценностью культуры. Это всегда было, есть и будет внутренним императивом всей человеческой деятельности, включая научно-техническую, производственно-хозяйственную и др., которые при поверхностном рассмотрении, казалось бы, не связаны со здоровьем, счастьем и долголетием, но, в конечном счете, по внутренним убеждениям людей, направлены на решение именно этих проблем.

Здоровье выступает одной из наиболее значимых основ человеческого счастья, радости и благополучия, поэтому проблема здоровья – кардинальная для всего человечества. Она всегда была и остается в центре внимания познающей и созидающей человеческой деятельности.

Конец XX века – эпоха невиданного научно-технического прогресса, радикального расширения знаний о природе. Исторически сложилась, однако, глубокая диссимметрия: **95% общего объема современных знаний составляют знания о неживом веществе, тогда как на долю знаний о живом веществе, включая человека, приходится не более 5%.** Такая диссимметрия проявляется и в сфере конструктивной практиче-

ской деятельности: мы видим наглядные успехи цивилизации в освоении недр Земли, в синтезе энергоносителей, в проникновении в ближайший и далекий космос, в достижениях компьютерной техники, в успехах математики, химии, астрофизики. Все это как бы ослепляет человечество, вселяет уверенность во всемогущество разума, в его способность наконец-то проникнуть в суть живого вещества, самого человека, а значит, удастся побороть те экологические, генетические, чисто биологические процессы, которые порождают заболевания, мучения и смерть.

Между тем живое вещество остается почти недоступным бастионом. Несоизмеримо меньше, чем, например, выработка энергии, выросла урожайность зерновых, продолжительность жизни за 2000 лет увеличилась не более чем в 2–3 раза, о большинстве причин, вызывающих эпидемии, заболеваемость и смертность, мы имеем сегодня самые поверхностные и часто ошибочные представления.

Указанная диссимметрия продолжает углубляться: природа, живое вещество, интеллектуально-духовная сфера человека меняют свои параметры быстрее, чем мы успеваем это зарегистрировать, включить в сферу научного исследования. Существует, таким образом, интеллектуальная «черная дыра»: цель удаляется от нас быстрее, чем мы в состоянии ее преследовать. Наука, ее прикладные отрасли оказались неготовыми к решению новых задач, и осознание этого факта, может быть, самое серьезное достижение науки на грани веков.

Если еще в сравнительно недавнем прошлом расходуемые человеком ресурсы природы обладали компенсаторными, восстановительными механизмами, и можно было осваивать целину, проводить крупномасштабные мелиоративные работы, не ограничивать себя в использовании воды на химических производствах, вырубать огромные массивы леса, то к началу XXI столетия ситуация коренным образом изменилась. **На смену политическим, экономическим, идеологическим, военным диктатурам** пришла диктатура еще более жестокая и беспощадная – диктатура *ограниченности ресурсов биосферы*. Границы в изменившемся мире определяют сегодня не политики, не пограничные патрули и не таможенная служба, а *региональные экологические закономерности*.

Экологическая диктатура – важнейший геополитический факт конца XX и первой половины XXI века. Мировое сообщество, интуитивно осознавая этот факт, не остается безразличным к испытаниям ядерных зарядов, к запускам ракетных систем, к современным городам как к факторам популяционного стресса, к зонам экологических бедствий, к природным, техногенным и социогенным катастрофам, к событиям, происходящим в так называемых «горячих» точках планеты. К сожалению, катастрофы такого типа рассматриваются не как проявление общего геокосмического стресса, «перегрева» планеты, а как изолированные эпизоды, неприятные, но предотвратимые. **Игнорируется факт пе-**

рехода планеты и ее обширных территорий к перманентному состоянию катастрофы, для описания которых так же неприменима методология «устойчивого развития», как уравнения, описывающие ламинарный поток жидкости, неприменимы для описания турбулентных режимов.

Режим экологической диктатуры вынуждает нас возвращаться к полузабытому образу живой природы как хранилищу высших ценностей, объекту нашего уважения и любви – не эксплуатация и «освоение», а сосуществование, развитие и забота когда-то были определяющими в наших отношениях с природой. Даже самые закоренелые прагматики не могут не понимать, что противоположное чревато глобальной экологической катастрофой в исторически обозримой перспективе.

Изменяются и функции человека. Будучи погружен в природно-экологическую, производственно-трудовую и социальную среду, он уже не может рассчитывать на помощь медицины: при всей вооруженности современным диагностическим оборудованием, методами лечения, арсеналом гигиенических нормативов в современных условиях **она оказалась не в состоянии гарантировать здоровье и благополучие нации.**

Сегодня наблюдается опасное снижение резервов репродуктивного здоровья населения России, ухудшение всех звеньев репродуктивного цикла – оплодотворение, беременность, формирование полноценной семьи, физическое и психическое развитие ребенка, качество здоровья детей. **Репродуктивное здоровье популяции оказалось своего рода исполнительным механизмом экологической диктатуры**, дети оказываются больными уже в момента рождения, не менее 80% хронических заболеваний у детей развивается в раннем возрасте. «Взрослая» медицина получает в свое распоряжение контингенты со сниженной жизнеспособностью.

По оценкам отечественных специалистов, неприкосновенный запас резерва репродуктивной прочности популяции сократился на 25%, тогда как 30%-ные потери гарантируют необратимое разрушение базовых механизмов эволюции человека.

10.7. Различие между валеологическими и медико-биологическими подходами к оздоровлению

Утомление популяции, социо- и техногенные стрессы, экологическая токсичность среды обитания определяют необходимость формирования нового поля, «пласта» знаний, новых социальных и педагогических технологий, исходящих из современных представлений о закономерностях живой природы и человеческого общества. Как реакция на обострение проблемы здоровья и ответ на запрос общества и в мировой культуре и в нашей стране возникла экзистенциальная конструкция – **валеология** (от лат. valeo – быть здоровым). Этот удачный, емкий термин ввел в научный обиход в 1980 г. И.И. Брехман, известный фармако-

лог-физиолог, автор ряда монографий, в которых он в творческом содружестве с новосибирскими учеными определил содержание валеологии. Вновь сформировавшаяся научная и образовательная дисциплина не является простой суммой или синтезом уже существующих, а являет собой новую область знаний.

Содержание термина «валеология», возможно, будет уточняться, но уже сегодня он акцентирует внимание на необходимости выработки критериев, разделяющих сферы компетенции медицины, с одной стороны, и общей валеологии – с другой. Валеология как наука «быть здоровым» коренным образом отличается от медицинской науки. Если **медицина ставит вопрос о причинах болезни, о природе заболеваний (этиопатогенез), об их профилактике и лечении и направлена на предотвращение причин, которые могут вызвать те или иные недомогания, то валеология ставит задачу изучения природы здоровья (валеогенез), причин, факторов и механизмов здоровья.**

Если медицина (санология) в своем логическом познавательном движении **проектирует настоящее в прошлое**, ищет причины сегодняшних недомоганий в факторах, условиях прошлого и, найдя эти причины (или полагая, что они найдены), пытается компенсировать их сегодняшние следствия, то **валеология проектирует настоящее в будущее**: какие факторы, условия, обстоятельства определяют уровень и качество здоровья человека и популяции в будущем.

Итак, **два вектора времени**. Первый (медицинский) вектор и второй (эволюционно-сравнительный, эволюционно-динамический) вектор пересекаются. На пересечении этих векторов, этих логико-познавательных потоков развивалась лечебная, санологическая медицина, включая гомеопатические, эзотерические и ряд других «нетрадиционных» направлений, формировались все разделы профилактической медицины в соотношении с естественно-научным и гуманитарным комплексом. Этот гносеологический (онтологический) узел обогащает и медико-биологические, и эволюционно-исторические главы наших сегодняшних знаний о человеке, его природной и антропогенной среде.

Сформулируем еще раз принципиальное различие между валеологическим и медицинским подходом к проблеме причинности. **Медицина изучает причины болезни** (этиология заболеваний – «этос» – причина, «логос» – учение). **Валеология – причины здоровья**. Причины здоровья – это социально-эволюционная категория, характеризующая условия формирования нации, общественной группы, семьи, конкретного человека, становления и развития психических и духовных качеств, физического совершенства, целевой жизненной установки, репродуктивного поведения, выбора профессии, максимальной продолжительности жизни.

Валеология – наука о том, как стать и **быть** здоровым. Не только изучать, описывать, мечтать, а **быть**. Знать о здоровье можно много, но

быть здоровым – это другое. Это точно так же, как, например, можно очень много знать об управлении автомобилями разных марок, прочитав об этом множество книг и самому написать множество научных исследований, но реально управляет машиной, водит ее – шофер, а читает или не читает он книги об этом, пишет или не пишет их – это второстепенный вопрос.

Валеология – наука о законах формирования, сохранения и расширения жизненного потенциала каждого человека. Это система знаний, формирующая целостное, системное представление о человеке и его здоровье как органичной частицы Мироздания и направленная на формирование всесторонне развитой, активной, творческой личности.

Валеология рассматривает проблему человека и его здоровья в свете новой парадигмы на всех уровнях человеческого бытия: мировоззренческом, социокультурном, психическом и телесном. Она опирается на передовые современные достижения мировой и отечественной культуры в области философии, культурологии, социологии, науки, техники, педагогики и искусства. Общественная потребность в такой дисциплине продиктована опытом не только России. Существующее до настоящего времени убеждение, что проблема здоровья решается исключительно средствами здравоохранения, практической медицины (включая условия труда и так называемый «образ жизни»), все более вытесняется пониманием чисто тактической, вспомогательной роли этих служб. Так что отдаленные, стратегические интересы сохранения этноса должны решаться на существенно более широкой инструментальной, методологической и философской основе.

Опыт США, европейских стран и России показывает, что в целом здоровье нации и каждой личности есть отнюдь не прерогатива и гарантия специализированного ведомства – государственного или частного здравоохранения или гигиенически-профилактического корпуса государства и его регионов. Проблемы здоровья, долголетия и выживания в обострившихся экологических и социальных пространствах становятся настолько всеобъемлющими, что никакая одна или две-три специальные службы не могут гарантировать сохранение здоровья у нового поколения. Общество начинает осознавать, что практически любой крупный проект первой четверти XXI в., сколь бы он ни был обоснован в технологическом, энергетическом, экономическом, геополитическом аспектах, может оказаться невыполнимым ввиду дефицита человеческих ресурсов – не только и не столько количества людей, сколько и главным образом их качества – здоровья, психического и интеллектуального потенциала, способности к обучению, к социальной, биологической и профессиональной адаптации, их морально-нравственными параметрами.

Валеология как научно-практическая дисциплина имеет свой специфический предмет, не сводимый к предыдущему знанию физио-

логии, биологии и медицины. Она рассматривает человека с учетом нового научно-философского знания, как космопланетарный феномен на всех уровнях его бытия, как освоенных рационально-научно, так и трансцендентальных, и с учетом научно-философского понимания здоровья, т.е. не сводимого к телесно-социальному.

Такое расширение поля предметной деятельности требует расширения методологических возможностей новой научной дисциплины, что может быть обеспечено соединением в процессе духовного освоения действительности естественнонаучной и специфически философской методологии познания, включающей, наряду с рационально-логическим познанием, интуитивно-образные способы освоения действительности, что было предвосхищено Вл. Соловьевым: «... осуществление этого универсального синтеза науки, философии и религии... должно быть высшей целью и последним результатом умственного развития». В результате применения новой методологии на новом поле предметной деятельности, естественно, будет получен комплекс специфически новых теорий, концепций, системных подходов к решению проблемы здоровья, а также ряд новых законов и закономерностей существования и развития предмета, открытых именно валеологией как новой наукой о здоровье. Это, в свою очередь, потребует и даст основание для формирования соответствующего специфического понятийно-категориального аппарата, в основе которого – рассмотрение здоровья как философской категории, позитивная направленность понятий, терминов и др.

И наконец то, без чего не может быть новой научно-практической дисциплины – это *качественно новая практика как критерий истины, не сводимая к уже имеющимся лечебным и диагностическим процедурам*. Суть ее прежде всего должна состоять **не в лечении** как таковом, а **в обучении человека быть здоровым**, что включает повышение уровня грамотности в вопросах физиологии, биологии и др. наук о человеке, в том числе и в области медицинского знания, в формировании современного мировоззрения, принципов здорового образа жизни и активной смысложизненной позиции на основе нового научно-философского знания, а также развитие **новых возможностей человека**, включая интуитивные способности реальной действительности и коррекции своего состояния. И только после этого – процедуры, диеты и т.д., применяемые на основе единства рационально-логического и интуитивного осмысления каждой конкретной ситуации, причем, что уже очевидно, в обязательном их соответствии с отечественными традициями.

Из приведенного очевидно, что специфической сущностью валеологической практики, не сводимой к известным медико-биологическим и физиологическим способам оздоровления является то, что здесь в обязательном порядке любым терапевтическим процедурам, любым действиям **предшествует образовательно-воспитательный блок** – формирова-

ние адекватного мировоззрения и принципов здорового образа жизни и, на основе этого, развитие новых адаптивных возможностей, выявление резервных потенций организма с целью коррекции имеющихся патологий. При этом выбор и использование процедур совершается **самим человеком** на основе единства рационального и иррационального осмысления проблемы. Обучающий специалист присутствует уже как помощник, и не более. Пациент с этого момента сам берет свою судьбу в собственные руки, становится личностью свободной, способной вполне самостоятельно решать все возникающие у него проблемы здоровья и благополучия и даже учить этому других. Таким образом, процесс восстановления здоровья конкретного человека дополняется образовательным блоком, а деятельность по оздоровлению народа страны должна быть основана на массовом валеологическом и экологическом всеобуче. **Не лечить, а учить быть человеком** – лозунг валеологии.

Валеология являет собой **социокультурный феномен, ибо она вскрыла причины нездоровья нации и показывает пути выхода из критической ситуации, сложившейся в нашей стране в настоящее время**. Достаточно привести только один факт: по продолжительности жизни российские мужчины занимают 135-е место в мире, а женщины – 100-е. Это уровень аутсайдеров, слаборазвитых и вечно голодных африканских стран. В числе причин такой вопиющей статистики можно назвать следующие:

1. Современная медицина в целом продолжает опираться на прежнюю научно-философскую парадигму, рассматривающую Мир и человека только лишь на **телесном уровне**, и не признает результатов излечения заболеваний методами, выходящими за ее пределы. Высшая медицинская школа продолжает готовить специалистов по патологии и практически не готовит специалистов по здоровью.

2. Лучшие умы человечества всегда понимали зависимость здоровья от образа жизни, культуры и поведения человека. Виднейший немецкий философ, друг И.В. Гете и Ф. Шиллера, Вильгельм Гумбольдт, живший в XIX в., утверждал, что со временем **болезни будут расцениваться как признак бескультурья, отсталости и поэтому болеть будет считаться позорным**. Необходимо побуждать людей к сохранению и укреплению здоровья, пропагандировать и поддерживать валеокультуру среди всех слоев населения, культивировать своего рода «моду» на здоровье, другими словами, назрела острая необходимость в создании национальной программы, которая планируется и обеспечивается государством, чего пока нет.

3. Поскольку медицина в течение долгих лет **жестко отрицала самолечение, у большинства людей** (почти на генетическом уровне) **отсутствует интерес, желание и воля взять ответственность за личное здоровье на себя**.

4. Здоровье и благополучие человека в огромной мере обусловлены глобальными как космическими, так и экологическими факторами. Оно жестко зависит от экологических и политических обстоятельств.

5. Современная психология пришла к заключению, что **любая болезнь** может быть рассмотрена, в частности, как **психологическая защита, бегство человека от травмирующей ситуации**. Болезнь, таким образом, как бы подсознательно желательна, и избавлять от нее человека, даже если это возможно, нельзя без предварительной мировоззренческой и психологической корректировки сознания, ибо оставшаяся причина вызовет новую, еще более тяжелую болезнь.

Наиболее правильная позиция по отношению к медико-биологической отрасли знания должна быть более констатирующая, чем критическая. Она обретет свое место и предназначение в современной мировой культуре и в здравообеспечении. И, наконец, как не следует бездумно надеяться на медицину, так же не следует и предъявлять к ней абсолютных претензий еще и потому, что она, как отрасль создания собственного «товара» в виде лечебных услуг, ориентирована на спрос и находится немного впереди массового спроса населения на услуги в своей области – в области здравоохранения.

Где искать выход? А выход состоит в том, чтобы согласиться, что **мир истощающе необъясним только рационально-логически («так и только так»)**. **Мир и человек в нем рациональны и иррациональны**. И современное естествознание дает возможность выйти на новую ступень, грамотно и гармонично сочетая в единстве рациональный и иррациональные методы познания и преобразования мира и человека.

10.8. Что дают современные мировоззренческие знания для понимания природы здоровья?

Один из наиболее глубоких современных ученых нашего Отечества академик Никита Моисеев – несомненный рационалист. Он математик и гидродинамик, эколог и климатолог, человек, преуспевший в точных науках, ученый-естественник. Вместе с тем он раскованно мыслящий философ. В размышлениях о необходимых чертах цивилизации будущего Моисеев подчеркивает, что мировоззрение никогда не может быть сведено к чисто научным, рационалистическим миропредставлениям. Разум не всемогущ, ему доступно то, что «доступно». **Абсолютизация возможностей разума крайне опасна, как и всякая переоценка своих достаточно скромных сил.**

Ученый обращает внимание на наличие не только **рациональной, но и иррациональной границ человеческой сущности**. К этому его мнению, к позиции автора книги «Современный рационализм» нельзя не прислушаться, особенно **при рассмотрении позиции здоровья**.

Процесс кардинальных изменений в представлениях науки и философии о мире и человеке демонстрируют также публикации нового научного журнала «Сознание и физическая реальность» (т. 1. 1996. № 1–2). В одной из публикаций говорится о том, что «для того чтобы лучше разобраться в особенностях работы феноменов сознания... используется понятие **информационно-энергетического пространства Вселенной**. Оно относится к новому научному направлению «Биоэнергоинформатика», в концепции которого содержится представление о Вселенной как о живой системе, более того, как о цельном соразмерном организме.

В мировоззрении биоэнергоинформатики как бы вновь возвращается эзотерический платоно-пифагорский взгляд на Живой Космос. Биоэнергоинформатика в то же время не противоречит астрофизическим концепциям конца XX в., таким как инфляционная теория эволюции Вселенной и антропный принцип в физике... Следствием такого подхода в биоэнергоинформатике становится также признание человека не наблюдателем, а естественной частью космоса, воспринимающей его цельную жизнь не только рационально, но и чувственно – через Дух и Душу». И в свете этого нового мировоззрения кардинальным образом изменяются представления не только о человеке, его месте в Мироздании и его эволюционном предназначении, но и о социуме и всей планете. Вся планета может быть теперь представлена как бы единым Разумным Целостным Организмом, в котором все ее составляющие – биосфера, человечество и т.д. сосуществуют в гармоничной взаимосвязи и взаимозависимости. **Становится очевидным, что здоровье личности, семьи, государства, планеты – неразделимы.** Разумеется, «как бы» без прямой редукции человека к органическим явлениям. **А «жаворонком» новых тенденций явилась, в частности, валеология, прежде всего как философская и научная система, как реальная практика укрепления здоровья человека с самого детства и на всем жизненном пути.**

Переход от чисто редукционных, ньютоно-картезианских (механистических) представлений о Мироздании и рафинированного рационально-логического познания к холистическим (целостным) представлениям и к единству рационально-логического и внерационального в познании – суть происходящих сдвигов в современном познавательном процессе.

Человечество только тогда может надеяться на успехи в решении своих насущных проблем и выйдет на новый уровень своего развития, когда философия как глубокое осмысление действительности, предшествующее и сопровождающее каждую мысль и каждое действие человека, в том числе и решение проблемы здоровья, станет повсеместно распространенной.

Мы – земляне. Мы все, живущие на Земле, – земляне, и поэтому нам надо жить в мире и радостном взаимопонимании друг с другом. И только это может быть основой здоровья и личного, и общества, и планеты.

ЧЕЛОВЕК И БИОСФЕРА

11.1. Основа организации и устойчивости биосферы

Термин «*биосфера*» был введен для обозначения общего облика поверхности Земли, обусловленного наличием на ней всей массы живых организмов. Два главных компонента биосферы – живые организмы и среда их обитания (включая нижние слои атмосферы, водную среду) – сосуществуют в постоянном взаимодействии, образуя целостную систему. Отдельные популяции живых организмов не являются изолированными от окружения. В ходе эволюции образуются *биоценозы*, – сообщества животных, растений, микроорганизмов. В совокупности со средой обитания биоценозы образуют *биогеоценозы*. В них происходит непрерывный обмен веществом и энергией, которые реализуются множеством трофических цепочек и биогеохимических циклов. **Биогеоценозы служат элементарными ячейками биосферы**, которые, взаимодействуя между собой, устанавливают динамическое равновесие в ней. **Живое вещество выполняет системообразующую роль в суперсистеме жизни – биосфере**. Высокая степень согласованности всех видов жизни в биосфере есть результат совместно протекающей эволюции взаимодействующих биологических систем – *коэволюции*. **Коэволюционное развитие проявляется в тонкой взаимной приспособляемости видов, во взаимодополнении живых систем**. В конечном итоге коэволюция приводит к увеличению разнообразия и сложности в природе. В этом представлении состоит суть *концепции коэволюции*. Согласно ей **многообразие живых организмов – это основа организации и устойчивости биосферы**. Каждый биологический вид выполняет свою функцию в биосферном циркулировании вещества, энергии, в обмене информацией и осуществлении обратных связей. В связи с этим очевидна опасность уменьшения численности видов живых организмов и сокращения генофонда, которые непрерывно происходят под давлением человеческой цивилизации на природу.

11.2. Эволюция биосферы

Глубокая фундаментальная взаимосвязь компонентов биосферы делает ее похожей на единый живой организм, который, родившись практически одновременно с Землей, непрерывно эволюционирует. Планетарные масштабы этой эволюционирующей системы и одновременно ее схожесть с живым организмом определяют место биосферы как *особого уровня организации живой материи*.

Эволюция биосферы предстает как процесс самоорганизации в открытой неравновесной системе планетарного масштаба, а источником упорядоченности в биосфере Земли служит отрицательный энтропийный баланс при непрерывном обмене веществом и энергией с окружением.

Источником энергии в биосфере является, прежде всего, Солнце. Мощность излучения Солнца достаточно стабильна. Однако, в истории Земли известны глобальные ритмические изменения климата. Так, за последний миллион лет было несколько оледенений. Одной из основных причин изменений климата считают небольшие вариации земной орбиты и наклона земной оси. Они меняют количество солнечной энергии, поступающей на Землю, и ее распределение по сезонам и широтам. Этого оказывается достаточно для заметных последствий в *нелинейной* системе атмосфера-океан. **Малые астрономические факторы являются источником значительных периодических перестроек в климате планеты, а вместе с этим – и в биосфере.** Эти глобальные циклические процессы имеют периоды сотни и десятки тысяч лет. Механизмы их влияния на эволюцию биосферы изучены пока слабо. Есть и другие механизмы космического влияния, связанные с потоком частиц (электронов, протонов, ионов и др.), поступающих к Земле от Солнца. Этот поток называют *солнечным ветром*. Его интенсивность многократно возрастает при периодических выбросах вещества и излучения с поверхности Солнца – вспышках на Солнце.

Величины потоков энергии и космических частиц, воздействующих на биосферу и на ее биологические компоненты, являются сложными периодическими функциями, имеющими характерные для Земли *космические циклы*.

Циклы, связанные с солнечной активностью, длятся примерно 11 лет. Максимумы солнечной активности проявляются на Земле в виде *магнитных бурь* и других явлений планетарного масштаба. Влияние солнечной активности на земные процессы носит название *солнечно-земных связей*. Статистически установлена связь между уровнем солнечной активности и ходом ряда процессов в биосфере Земли (динамикой популяции, эпидемий, количеством сердечно-сосудистых кризов и др.). Известный русский ученый А.Л. Чижевский, выполнив сопоставительные исследования в области солнечной астрономии, биологии и истории,

пришел к выводу о **весьма значительном влиянии периодичности солнечной активности не только на биологические, но и на социальные процессы на Земле.** Этот вывод послужил основой его концепции зависимости биологической и общественной жизни от космических ритмов и началом нового направления в биологии – *гелиобиологии*.

11.3. Суть и главная задача экологии

Установлено, что в природе невозможно выделить и изучить любую живую систему вне ее взаимосвязей с иными живыми системами и с неживым окружением. Поэтому в начале XX в. и в науку стали все шире проникать идеи холистического (то есть целостного) подхода к изучению природы. Одним из результатов этой тенденции стала новая научная дисциплина – *экология*, образовавшая еще один мост между биологией и другими естественными науками, а также техническими науками и социальным знанием.

Экология – это наука об отношениях сообществ, образуемых живыми организмами, между собой и с окружающей средой. Ключевым понятием и базовой моделью экологии является *экосистема*. **Экосистемой называют единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания, в которых живые и неживые элементы связаны обменом веществ и энергии.**

Экология исследует процессы, влияющие на распространение и численность организмов. В современных условиях к таким процессам относятся и всевозможные проявления деятельности человека. Поэтому экология стала теоретической базой охраны природы. Но задачи экологии значительно **шире. Главная задача экологии состоит в познании закономерностей, связанных с воспроизводством, гибелью и миграцией живых организмов, а также в выработке методов управления этими процессами в условиях возрастающего влияния человека на окружающую среду.**

С развитием техники и технологии, расширением поля деятельности человека и масштабов ее последствий возникла новая комплексная проблема – *экология и здоровье человека*, задача которой – исследование адаптивных возможностей человека в изменяющейся среде обитания. Опасность для человека состоит в том, что его огромные адаптивные возможности не соответствуют темпам неблагоприятных изменений в среде обитания. Это сделало приоритетом экологии выработку ***принципов рационального природопользования и охраны природы.***

Если же иметь в виду проблему выживания человека как вида, то надо понимать специфику и мощь биосферы. История эволюции биосферы насчитывает около 4,1 млрд лет. Род человеческий не насчитывает и 3 млн лет. Человек же разумный (*Homo sapiens*) отмечен пределом не

выше 40 тыс лет. Следовательно, инерционность биосферы выше человеческой как минимум в 100 тысяч раз. Отсюда можно сделать вывод о том, что все прогнозы о якобы существующей возможности вырождения жизни на планете «с помощью» бесхозяйственной деятельности человека или применения им средств массового поражения – **несостоятельна**. Человек может уничтожить сам себя, но уничтожить жизнь в биосфере – это ему не по силам.

Так, микробы выдерживают присутствие таких ядовитых веществ, как серная кислота, фенол и сероводород, и даже могут успешно расти и размножаться на них. Биосфера, в силу своей колоссальной инерционности, без Homo sapiens быстро восстановит свои качества, как это она уже делала не раз в своей истории. Великие потрясения биоценозов в палеозое, мезозое только стимулировали усложнение жизненных форм и в конце концов привели к появлению разума. И величие разума должно состоять в том, что он осознает возможность трагического ухода человека со сцены эволюции и сделает все, чтобы этого не произошло. А контуры катастрофы уже просматриваются, и если она случится – значит, человек, кичащийся своим разумом, большего и не стоил.

11.4. Основы целостного учения В.И. Вернадского о биосфере

Российский ученый геобиохимик В.И. Вернадский в 1930-е годы, изучив роль живой материи, прослеживающейся на всем протяжении ее эволюции, пришел к выводу о неразрывной связи живых и неживых систем. В истории Земли происходил непрерывный процесс планетарной интеграции живой и неживой материи, приведший к образованию сложной, единой, тонко сбалансированной системы – биосферы.

Вернадский понимал биосферу как сферу единства живого и неживого (косного). Этот вывод стал одним из принципов его биосферной теории. Он рассматривал все разнообразие жизни на Земле как мощный фактор, вовлекающий в круговорот неорганические вещества планеты, аккумулируя энергию солнечного излучения и преобразуя ее в энергию земных процессов. Вернадский сумел сделать фундаментальное эмпирическое обобщение: **«На земной поверхности нет химической силы, более постоянно действующей, а потому и более могущественной по своим конечным последствиям, чем организмы, взятые в целом...»** Облик Земли как небесного тела фактически сформирован жизнью.

«Земная оболочка биосферы, обнимающая весь земной шар, имеет резко обособленные размеры; в значительной мере она обуславливается существованием в ней живого вещества – им заселена. Между ее косной частью и живыми веществами, ее населяющими, идет непрерывный материальный и энергетический обмен, выражающийся в движении атомов, вызванном живым веществом. Этот обмен в ходе времени выражается

закономерно меняющимся, устремляющимся к устойчивости равновесием. Так неотделимо и неразрывно биосфера на всем протяжении геологического времени связана с живым заселяющим ее веществом. В этом биогенном токе атомов и связанной с ним энергии проявляется планетарное, космическое значение живого вещества». Так высказался Вернадский в своем труде «Размышления натуралиста».

11.5. Новое состояние биосферы в результате взаимодействия человека и природы

На ранних стадиях формирования человека его функциональная роль и значимость в биосфере ничем не отличались от роли приматов. Но за последние века «человеческий фактор» в эволюции биосферы не престанно возрастал. С древнейших времен до начала прошлого века численность людей колебалась около нескольких сотен миллионов. Взрывной рост численности населения в XIX–XX вв. и ускорение технологического развития социума резко усилили техногенное воздействие на биосферу. Давление, оказываемое человечеством на биосферу, приобрело в результате демографического взрыва и технологической экспансии разрушительные тенденции. Есть основания считать, что восстановительные ресурсы биосферы в значительной мере иссякли. Из-за деятельности человека навсегда исчезли некоторые экосистемы, неузнаваемо изменились многие земные ландшафты. Человек вносит принципиально новые элементы во взаимодействие с природой. Он выступает как автономная целостность внутри биосферы, все более выходящая за рамки гармоничных отношений к ней.

Современная человеческая цивилизация характеризуется двумя противоположными тенденциями. С одной стороны, непрерывно усиливается техногенное давление цивилизации на природную среду, на биосферу. С другой – возрастает осознание человечеством ответственности за эволюцию биосферы. Какая из тенденций возобладает, предугадать невозможно. Однако проблема выживания человечества объективно приводит к поиску путей гармоничного сосуществования цивилизации и биосферы – *коэволюции человека и биосферы*.

Осмысление перспектив коэволюции человека и биосферы привело французского палеонтолога П. Тейяра де Шардена к мысли о возможности появления в будущем некоего коллективного человеческого сознания, которое станет контролировать направление эволюции. Он рассматривал переход к этой эволюционной фазе как последовательный шаг в глобальном процессе эволюции Универсума (Вселенной). В новом состоянии биосфера переходит в сферу разумного взаимодействия человека и природы – *ноосферу*. Сам термин ноосфера предло-

жен в 1927 году другим французским ученым Э. Леруа и буквально означает «сфера разума».

В.И. Вернадский использовал понятие ноосферы при построении своей концепции совместной эволюции биосферы и человека. Переход к ноосфере для Вернадского означает реконструкцию биосферы в интересах мыслящего человека как единого целого. В этом смысле понятие ноосферы объясняет растущее вторжение человека в планетарные геохимические циклы. Сбалансированное сосуществование в ноосфере предполагает управление биогеохимическими циклами.

Таким образом П. Тейяр де Шарден и В.И. Вернадский давали различающиеся понятия ноосферы. Для первого ноосфера – некий «планетарный слой» сознания и духовности. Для второго ноосфера является гармонизирующимся состоянием системы «человек-биосфера» и одновременно средой самореализации человека. Он считал ноосферу исторически неизбежной формой развития биосферы.

Вернадский начал развивать концепцию ноосферы в 1930-е годы после детальной проработки учения о биосфере. К этому времени он осознавал быстро возрастающую роль человека в формировании нового облика планеты и представлял, что **человечество – не только часть биосферной биомассы. Эволюция человека и общества сделала цивилизацию мощным фактором всей дальнейшей эволюции на земле.** Все большее количество веществ и энергии вводится в биосферные процессы человеком. Усиливающееся вторжение человека в биогеохимические циклы должно привести в будущем к целенаправленному контролю человеком глобальной биогеохимии. При этом Вернадский верил в возможность формирования созидательного коллективного разума. Движение к ноосфере связывается им не только с проявлением планетообразующей мощи человека, но и с преобразованием самого человека.

В настоящее время под ноосферой понимают сферу взаимодействия человека и природы, в рамках которой определяющим фактором станет разумная человеческая деятельность.

Значение концепции ноосферы заключается в естественно-научном и философском обосновании модели вероятного и целесообразного направления коэволюции человеческого общества и биосферы. В концепции ноосферы проявились тенденции к интеграции естествознания и обществоведения, развившиеся в XX в.

В рамках современного взгляда на концепцию устойчивого (допустимого) ноосферного развития можно полагать, что человечеством не обязательно будут руководить мэтры науки, «знающие пути» и предписывающие их людям; **человечество будет действовать либо по принципу здравого смысла, либо по обстоятельствам.** Однако главное, что оно должно знать – **направленность развития биосферы в рамках коэволюции ее с Человеком разумным.**

ЭВОЛЮЦИОННО-СИНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ПАРАДИГМА

12.1. Принципы синергетики

В раскрытии механизмов самоорганизации помимо неравновесной термодинамики были использованы также новые идеи и результаты, появившиеся в разных областях физики и химии – в гидродинамике, физике лазеров, при исследовании автокаталитических химических реакций и некоторых других явлениях.

Для всех изученных явлений найден ряд принципиально важных признаков: 1) самоорганизующаяся система является сложной, состоит из большого числа элементов; 2) она является открытой, неравновесной и нелинейной; 3) при увеличении неравновесности системы выше определенного предела она переходит в неустойчивое состояние; 4) выход из неустойчивости происходит скачком на счет быстрой перестройки элементов системы; 5) при этом наблюдается согласованное поведение элементов системы, которое проявляется в переходе системы в качественно новое состояние с упорядоченной структурой (это может быть какая-либо пространственная или временная упорядоченность); 6) выбор одного из возможных состояний случаен.

Осмысление различных процессов самоорганизации привело к становлению нового междисциплинарного направления в науке – **синергетики**. Эта наука изучает общие принципы, лежащие в основе всех явлений самоорганизации – в физике, химии, биологии, в технике и теории вычислительных систем, в социологии и экономике. Конкретными подсистемами, составляющими в совокупности сложную систему, могут быть электроны, фотоны, атомы, молекулы, живые клетки, нейроны мозга, части технических устройств или организмов, животные, люди, социальные образования. Таким образом, под синергетикой понимают теорию самоорганизации в сложных, открытых, неравновесных и нелинейных системах любой природы. Это новая наука, занимающаяся изучением возникновения, поддержания, устойчивости и распада самоорганизующихся структур, кооперативных эффектов в них.

Синергетика заметно отличается от традиционной научной дисциплины: она не сложилась пока как единая наука, а существует как бы в

нескольких вариантах, отличающихся не только названиями, но и степенью общности, и полнотой результатов, и непосредственным предметом исследований. Важнейшим из таких вариантов синергетики можно считать неравновесную термодинамику (**теорию диссипативных структур**). Синергетическими по существу теориями являются математическая теория бифуркаций, теория хаоса, теория нелинейных колебаний и волн, нелинейная динамика, теория фазовых переходов и некоторые другие.

Синергетика прогрессирует вместе с математическим аппаратом описания нелинейных и неустойчивых систем и соответствующими вычислительными методами. Эти методы опираются на использование компьютерного моделирования, поэтому синергетика могла возникнуть и развиваться только в эпоху мощной компьютерной техники.

Можно сказать, что **синергетика на современном этапе ее развития – это совокупность общих идей о принципах самоорганизации и вместе с тем сумма общих математических методов для ее описания**. Предпринимаются все более активные попытки использования этих идей и методов в экологии, медицине, социологии, экономике и вообще в области социально-гуманитарного знания.

12.2. Сущность гуманитарного аспекта синергетики

Обсуждая исторические вехи естествознания, мы отмечаем направляющую роль так называемых парадигм. Напомним, что **научная парадигма – это определенная совокупность фундаментальных научных достижений, идей, концепций, которые, заслужив всеобщее признание, на некоторый период задают общепринятый характер видения мира и приводят к выработке соответствующей ему стратегии в научном понимании**. В настоящее время можно уже говорить о наступлении нового, **постнеклассического** этапа в развитии науки. Его определяющим признаком становится формирующаяся в наши дни **эволюционно-синергетическая парадигма**.

Важнейшей составляющей новой парадигмы стал принцип глобального эволюционизма, то есть признание невозможности существования всех рождаемых во Вселенной структур вне развития, вне общей эволюции. Эта мысль органически связана с концепцией фундаментального единства материального мира.

Другой составляющей эволюционно-синергетической парадигмы является представление об универсальности алгоритма развития как проявления самоорганизации в самых разнообразных природных и социаль-

ных системах, то есть синергетический подход. Синергетика как наука о самоорганизующихся системах создавалась усилиями естествознания. Но постепенно идеи синергетики становятся одной из методологических основ общественных и гуманитарных наук. Синергетический подход в этих областях начинается с использования ключевых понятий синергетики для описания сложных социально-гуманитарных явлений. А вслед за этим обнаруживается удивительное сходство поведения казалось бы совершенно несхожих систем. Создается уверенность, что социальные, физико-химические и биологические объекты исследований при всем своем очевидном различии и несводимости друг к другу подчиняются одним и тем же фундаментальным началам, а значит, их поведение может описываться в принципе одинаковыми моделями. Такое убеждение есть одно из важнейших проявлений утверждающейся в современной науке эволюционно-синергетической парадигмы.

Представление об общих закономерностях эволюции сложных систем, к которым относятся и социальные системы, обуславливает перспективность синергетических идей для обществоведения и гуманитарного знания. Перечень примеров использования представлений синергетики для создания новых гуманитарных, обществоведческих концепций быстро пополняется, ибо в экономике, политике, истории имеют дело со сложными, необратимо эволюционирующими системами. Самоорганизующиеся физические системы выполняют в синергетике роль прототипа при исследовании социокультурных систем.

На основе общих положений синергетики можно осмысливать ход исторического развития, оценивать роль той или иной личности или отдельных социальных слоев в исторических катаклизмах. В точке бифуркации даже ничтожные обстоятельства могут определить ход последующей эволюции системы. С синергетической точки зрения эволюционный процесс, проходя через точки бифуркации, приобретает свойства уникальности, невоспроизводимости.

По словам академика В. Волькенштейна, биологическая эволюция, начавшись заново, привела бы к совершенно иным результатам. Нет оснований считать исключением из этого правила и социальную эволюцию. На бифуркационном этапе истории существует множество обстоятельств, каждое из которых способно принципиально и непредсказуемо повлиять на ход исторических событий. К таким обстоятельствам относятся и личностный фактор. Действия энергичной личности, реализующей свои устремления, в таких условиях часто становится своеобразной

«флуктуацией», которая и определяет выбор сильнонеравновесной социальной системой ветви своей дальнейшей эволюции.

Даже в исследовании творческого процесса, искусства, основные понятия и принципы теории самоорганизации позволяют в новом ракурсе увидеть известные закономерности и факты, по-новому интерпретировать главный инструмент художественного творчества – интуицию, особое творческое состояние – вдохновение.

Другим примером гуманитарного использования синергетических идей, по-видимому, может являться оценка антропного принципа, суть которого состоит в утверждении, что мир таков, потому что во Вселенной должен был появиться «наблюдатель». Этот принцип разделяется многими современными философами и стал своеобразным атрибутом интеллектуальной моды. Затрагивая самые основы миропонимания, придавая особый смысл появлению и существованию человечества, антропный принцип обретает, таким образом, гуманитарное наполнение. Однако с точки зрения общих эволюционно-синергетических принципов, процесс эволюции Вселенной и ее ничтожнейшей крупы – планеты Земля – есть процесс, направление и характер которого в известной мере определяется случайными факторами. В связи с этим справедливость антропного принципа явилась бы по меньшей мере неким отклонением от общих закономерностей самоорганизации материи, установленных наукой о самоорганизации – синергетикой. Такое отклонение выглядит необоснованным. Впрочем, сейчас антропный принцип не играет практической роли, и применение к ней идей синергетики для его обсуждения носит чисто теоретический характер. В то же время существуют гуманитарные проблемы, тесно связанные с практической деятельностью человека, такая, например, как развитие цивилизации в условиях все возрастающего антропогенного воздействия на биосферу. Методологическое значение идей синергетики заключается здесь в прояснении опасности биосферных «бифуркаций», вызванных этим воздействием, и способных непредсказуемо и необратимо направить эволюцию биосферы по губительной для цивилизации ветви развития.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ ПО КУРСУ

Данный словарь содержит базовый набор терминов, лежащих в основе изучения курса. Основным источником информации – Энциклопедия Кирилла и Мефодия.

Близкодействие – представление, согласно которому взаимодействие между удаленными друг от друга телами осуществляется с помощью промежуточных звеньев (или среды), передающих взаимодействие от точки к точке с конечной скоростью.

Взаимодействие – философская категория, отражающая процессы воздействия объектов друг на друга, их взаимную обусловленность и порождение одним объектом другого. Взаимодействие – универсальная форма движения, развития, определяет существование и структурную организацию любой материальной системы.

Дальнодействие – (действие на расстоянии), представление, согласно которому действие тел друг на друга передается мгновенно через пустоту на сколь угодно большие расстояния. Открытие электромагнитного поля показало, что концепция дальнодействия неверна (60–80-е гг. XIX в.).

Естественнонаучная и гуманитарная культура. Сторонники ЕНК считают, что именно естествознание с его точными методами исследования должно стать образцом, которому должны подражать гуманитарные науки. Наиболее радикальные – позитивисты – считают идеалом науки математическую физику, а методом построения любого научного знания – аксиоматико-дедуктивный способ математики. Сторонники ГК считают, что такой взгляд не учитывает всей сложности и специфики гуманитарного исследования и поэтому является явно утопическим и мало продуктивным. Наиболее радикальные – антипозитивисты – вовсе отказываются признать общность и единство между гуманитарным и естественнонаучным познанием. С появлением таких методов исследования, как системный подход, концепции самоорганизации и эволюции и др. прежняя конфронтация между естествоиспытателями и гуманитариями существенно ослабла. Системный подход ориентирует исследователя на целостный охват изучаемых процессов и явлений в их взаимосвязи и взаимодействии с другими явлениями и тем самым предостерегает его от односторонности, неполноты и ограниченности результатов. Эволюционный взгляд на явления, события и процессы помогает понять их роль в общем процессе развития. Самоорганизация раскрывает некоторые внутренние механизмы эволюции.

Естествознание – естественные науки, совокупность наук о природе, в отличие от обществоведения (наук об обществе).

Законы сохранения – законы, согласно которым численные значения некоторых физических величин не изменяются с течением времени при различных процессах. Важнейшие законы сохранения – законы сохранения энергии, импульса, момента количества движения, электрического заряда. Кроме этих строгих законов сохранения существуют при-

ближенные законы сохранения, которые справедливы лишь для определенного круга процессов; например, сохранение четности нарушается лишь слабыми взаимодействиями.

Концепция – (от лат. *conceptio* – понимание, система), определенный способ понимания, трактовки каких-либо явлений, основная точка зрения, руководящая идея для их освещения; ведущий замысел, конструктивный принцип различных видов деятельности. В «Толковом словаре живого великорусского языка» Владимира Даля слово концепция трактуется как «понятие, образ понятия, способ понимания, соображения и выводы». В более позднем «словаре» под ред. Ушакова под этим словом понимается замысел, теоретическое построение, то или иное понимание чего-либо.

Культура – (от лат. *cultura* – возделывание, воспитание, образование, развитие, почитание), исторически определенный уровень развития общества, творческих сил и способностей человека, выраженный в типах и формах организации жизни и деятельности людей, в их взаимоотношениях, а также в создаваемых ими материальных и духовных ценностях. Понятие «культура» употребляется для характеристики определенных исторических эпох (античная культура), конкретных обществ, народностей и наций (культура майя), а также специфических сфер деятельности или жизни (культура труда, политическая культура, художественная культура); в более узком смысле – сфера духовной жизни людей. Включает в себя предметные результаты деятельности людей (машины, сооружения, результаты познания, произведения искусства, нормы морали и права и т.д.), а также человеческие силы и способности, реализуемые в деятельности (знания, умения, навыки, уровень интеллекта, нравственного и эстетического развития, мировоззрение, способы и формы общения людей).

Метод – (от греч. *methodos* – путь исследования, теория, учение), способ достижения какой-либо цели, решения конкретной задачи; совокупность приемов или операций практического или теоретического освоения (познания) действительности. В философии метод – способ построения и обоснования системы философского знания.

Наука – сфера человеческой деятельности, функция которой – выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности; одна из форм общественного сознания; включает как деятельность по получению нового знания, так и ее результат – сумму знаний, лежащих в основе научной картины мира; обозначение отдельных отраслей научного знания. Непосредственные цели – описание, объяснение и предсказание процессов и явлений действительности, составляющих предмет ее изучения, на основе открываемых ею законов. Система наук условно делится на естественные, общественные, гуманитарные и технические. Зародившись в древнем мире в связи с потребностями общественной практики, начала складываться с XVI–XVII вв. и в ходе исторического развития превратилась в важнейший социальный институт, оказывающий значительное влияние на все сферы общества и культуру в

целом. Объем научной деятельности с XVII в. удваивается примерно каждые 10–15 лет (рост открытий, научной информации, числа научных работников). В развитии науки чередуются экстенсивные и революционные периоды – научные революции, приводящие к изменению ее структуры, принципов познания, категорий и методов, а также форм ее организации; для науки характерно диалектическое сочетание процессов ее дифференциации и интеграции, развития фундаментальных и прикладных исследований. См. Научно-техническая революция.

Научно-техническая революция (НТР) – коренное, качественное преобразование производительных сил на основе превращения науки в ведущий фактор развития общественного производства, непосредственную производительную силу. Началась с сер. XX в. Резко ускоряет научно-технический прогресс, оказывает воздействие на все стороны жизни общества. Предъявляет возрастающие требования к уровню образования, квалификации, культуры, организованности, ответственности работников. Возникла под влиянием крупнейших научных и технических открытий, возросшего взаимодействия науки с техникой и производством.

Научный метод. Представляет воплощение единства всех форм знаний о мире. Тот факт, что познание в естественных, технических, социальных и гуманитарных науках в целом совершается по некоторым общим принципам, правилам и способам деятельности, свидетельствует 1) о взаимосвязи и единстве этих наук и 2) об общем, едином источнике их познания, которым служит окружающий нас объективный реальный мир: природа и общество.

Парадигма – (от греч. paradeigma – пример, образец) в философии, социологии – исходная концептуальная схема, модель постановки проблем и их решения, методов исследования, господствующих в течение определенного исторического периода в научном сообществе. Смена парадигм представляет собой научную революцию.

Принцип дополнительности – сформулирован Н. Бором, согласно данному принципу при экспериментальном исследовании микрообъекта могут быть получены точные данные либо о его энергиях и импульсах, либо о поведении в пространстве и времени. Эти две взаимоисключающие картины: энергетически-импульсная и пространственно-временная, получаемые при взаимодействии микрообъекта с соответствующими измерительными приборами, «дополняют» друг друга. Принцип дополнительности сыграл важную роль при формировании квантовой механики.

Принцип неопределенности – фундаментальное положение квантовой теории, утверждающее, что характеризующие физическую систему т.н. дополнительные физические величины (например, координата и импульс) не могут одновременно принимать точные значения; отражает двойственную, корпускулярно-волновую природу частиц материи (электронов, протонов и т.д.). Неточности при одновременном определении дополнительных величин связаны соотношением неопределенностей, ко-

торое для неточностей Δx и ΔP в определении координаты x и проекции на нее импульса P имеет вид: $\Delta x \Delta P \geq h$, где h – постоянная Планка.

Принцип относительности – фундаментальный физический закон, согласно которому любой процесс протекает одинаково в изолированной материальной системе, находящейся в состоянии покоя, и в такой же системе в состоянии равномерного прямолинейного движения. Состояния движения или покоя определяются по отношению к произвольно выбранной инерциальной системе отсчета. Принцип относительности лежит в основе специальной теории относительности Эйнштейна.

Принцип суперпозиции – 1) в классической физике: результирующий эффект от нескольких независимых воздействий; представляет собой сумму эффектов, вызываемых каждым воздействием в отдельности. Справедлив для систем или полей, описываемых линейными уравнениями; важен в механике, теории колебаний и волн, теории физических полей. 2) в квантовой механике принцип суперпозиции относится к волновым функциям: если физическая система может находиться в состояниях, описываемых двумя (или несколькими) волновыми функциями, то она может также находиться в состоянии, описываемом любой линейной комбинацией этих функций (принцип суперпозиции состояний).

Пространство и время. Как философские категории, пространство – форма сосуществования материальных объектов и процессов (характеризует структурность и протяженность материальных систем); время – форма и последовательные смены состояний объектов и процессов (характеризует длительность их бытия). Пространство и время имеют объективный характер, неразрывно связаны друг с другом, бесконечны. Универсальные свойства времени – длительность, неповторяемость, необратимость; всеобщие свойства пространства – протяженность, единство прерывности и непрерывности.

Симметрия – (от греч. *symmetria* – соразмерность) в широком смысле – инвариантность (неизменность) структуры, свойств, формы материального объекта относительно его преобразований (т.е. изменений ряда физических условий). Симметрия лежит в основе законов сохранения.

Энтропия – (от греч. *entropia* – поворот, превращение) (обычно обозначается S), функция состояния термодинамической системы, изменение которой dS в равновесном процессе равно отношению количества теплоты dQ , сообщенного системе или отведенного от нее, к термодинамической температуре T системы. Неравновесные процессы в изолированной системе сопровождаются ростом энтропии, они приближают систему к состоянию равновесия, в котором S максимальна. Понятие «энтропия» введено в 1865 г. Р. Клаузиусом. Статистическая физика рассматривает энтропию как меру вероятности пребывания системы в данном состоянии (Больцмана принцип). Понятием энтропии широко пользуются в физике, химии, биологии и теории информации.

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Горбачев В.В. Концепции современного естествознания: учебное пособие для вузов. – М.: ОНИКС 21 век; Мир и Образование, 2003. – 592 с.
2. Горелов А.А. Концепции современного естествознания: учебник для вузов. – М.: «Владос», 2002, 2000, 1999. – 512 с.
3. Грушевицкая Т.Г. Концепции современного естествознания. – М.: «Высшая школа», 1998. – 383 с.
4. Дубнищева Т. Концепции современного естествознания. – М.: Академия, 2003. – 608 с.
5. Карпенков С.Х. Концепции современного естествознания. – М.: «Высшая школа», 2000. – 334 с.
6. Лебедев В.И. Эволюция природы и науки: учебное пособие по курсу «Концепции современного естествознания». – Могилев: МГУ им. А.А. Кулешова, 2003. – 284 с.
7. Тулинов В.Ф. Концепции современного естествознания. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 416 с.

Дополнительная литература

1. Ацюковский В.А. Концепция современного естествознания: История. Современность. Проблемы. Перспективы: курс лекций. – М.: Изд-во МСЭУ, 2000.
2. Воронов В.К., Гречнева М.В., Сагдеев Р.З. Основы современного естествознания. – М.: «Высшая школа», 1999.
3. Данилова В.С., Кожевников Н.Н. Основные концепции современного естествознания. – М.: Аспект Пресс, 2000.
4. Горелов А.А. Концепции современного естествознания: учебник для вузов. – М.: «Центр», 1998.
5. Горохов В.Г. Концепции современного естествознания и техники: учебное пособие для вузов. – М.: ИНФА-М, 2000.
6. Современное естествознание: Энциклопедия в 10 т. / под ред. В.Н. Сойфер. – М., «Наука», «Флинта», 1999.
7. Солопов Е.Ф. Концепции современного естествознания: учебное пособие для вузов. – М.: Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС, 2001.
8. Хорошавина С.Г. Концепции современного естествознания: курс лекций. – Ростов н/Д: «Феникс», 2002.
9. Найдыш В.М. Концепции современного естествознания. – М.: Альфа-М, ИНФРА-М, 2004. – 622 с.

Учебное издание

ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Курс лекций

Авт.-сост.

Шилина Марина Владимировна

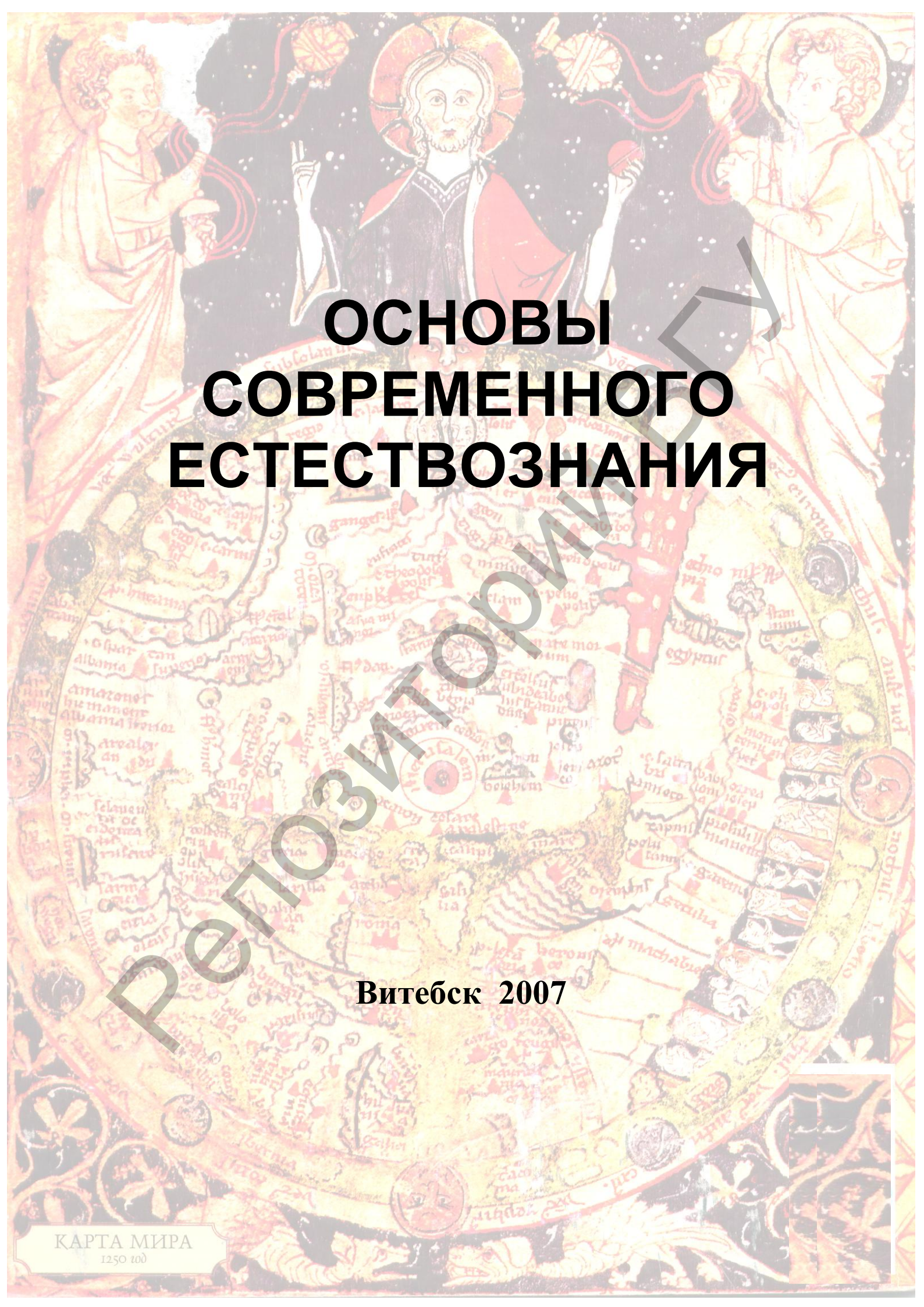
Технический редактор	А.И. Матеюн
Корректор	А.В. Говорова
Компьютерный дизайн	Г.В. Разбоева

Подписано в печать 2007. Формат 60x84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Гарнитура Таймс. Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,49. Уч.-изд. л. 14,52.
Тираж 150 экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования
«Витебский государственный университет им. П.М. Машерова»
Лицензия ЛВ № 02330/0056790 от 1.04.2004.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный университет им. П.М. Машерова»
210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.

Репозиторий ВГУ



ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Витебск 2007