

Министерство образования Республики Беларусь  
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

---

Кафедра «Философские учения»

# ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Методическое пособие

Под общей редакцией А.И. Лойко

Минск  
БНТУ  
2011

УДК 53 (075.4)  
ББК 20.3я7  
О 75

Авторы:

*А.И. Лойко* (тема 1), *В.П. Старжинский* (тема 2 п. 2.2; тема 6),  
*Э.А. Фонов* (тема 5), *В.И. Канарская* (темы 2, 3, 4)

Рецензенты:

д-р физ.-мат. наук, зав. кафедрой «ЮНЕСКО» БНТУ *В.Г. Баитовой*;  
канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры ядерной физики БГУ *А.И. Левко*

О 75      Основы современного естествознания: методическое пособие /  
А.И. Лойко [и др.]; под общ. ред. А.И. Лойко. – Минск: БНТУ, 2011. –  
119 с.

ISBN 978-985-525-433-2.

Методическое пособие предназначено для студентов дневной и заочной формы обучения, изучающих основы современного естествознания. Содержится материал по лекционному курсу, семинарским занятиям. Дается дополнительная литература для написания рефератов, самостоятельной работы. Излагаются результаты научных исследований в области физики, химии, геологии, биологии. Показывается их актуальность в контексте решения задач инновационной деятельности.

УДК 53 (075.4)  
ББК 20.3я7

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Основы современного естествознания» читается для студентов гуманитарных специальностей (педагогических, юридических, экономических) в объеме 18 лекционных часов, 18 семинарских часов и завершается зачетом. Он введен для того, чтобы будущие специалисты в области менеджмента, таможенного дела, педагогики знали новейшие достижения современного естествознания, их связь с инновационной деятельностью, высокими технологиями, инженерными исследованиями, интеллектуальной собственностью. Любой руководитель принимает решения с учетом задач модернизации хозяйствующих структур, их оптимизации, повышения степени управляемости, конкурентоспособности, взаимодействия с проектными организациями, субподрядными, инжиниринговыми структурами, экологическим и эргономическим законодательством, системами безопасности.

В рамках дисциплины читаются лекции, проводятся семинары по ниженазванным темам.

1. Введение. Система естественнонаучного знания: особенности современного состояния и основные тенденции развития.
2. Физическое моделирование и описание природных явлений и фундаментальных взаимодействий.
3. Химия в контексте устойчивого развития общества.
4. Специфика, структура и проблемное поле современного биологического познания.
5. Заключение. Социальное измерение современного естествознания.

В качестве дополнительной изложена тема, связанная с раскрытием проблем современной геологии. В БНТУ два факультета – ФГДЭ и ФЭС – готовят специалистов, активно связанных с геологией. Одни работают в горнодобывающем секторе и инженерной экологии, другие – решают задачи водоотведения и водообеспечения, строительства гидротехнических сооружений, атомных электростанций. С геологией связаны строители разного профиля.

В течение семестра студенты могут готовить рефераты по вопросам, углубляющим заданную тематику с точки зрения решаемых в настоящее время Республикой Беларусь стратегических задач формирования геоэкономического беспопышного регионального про-

странства, транспортно-логистической инфраструктуры, внешнего таможенного контроля, внедрения новейших информационных и космических технологий, совершенствования инженерного образования, его гуманизации.

В разработке пособия участвовали преподаватели кафедры философских учений, имеющие базовое естественнонаучное образование (проф. Старжинский В.П., доц. Фонов Э.А.), философско-методологические исследования которых тесно связаны с естественнонаучной тематикой (проф. Лойко А.И., преп. Канарская В.И.).

Объема пособия недостаточно для полноценной подготовки к зачету, поэтому приведен список учебных пособий по основам и концепциям современного естествознания.

# ТЕМА 1. СИСТЕМА ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО ЗНАНИЯ: ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

## 1.1. История развития естествознания до современного его состояния

*Естествознание* – совокупность научных дисциплин (астрономия, геология, география, биология, химия, физика), предметом которых является природа, под которой понимается объективная реальность, существующая независимо от сознания людей и доступная для познания.

Природа является реальностью, имеющей системные признаки и соответствующую структуру. Эта структура раскрывается через такие ключевые понятия как *фюсис*, *натура*, форма движения, природная среда, географическая среда, неживая природа, живая природа, биосфера.

*Фюсис* – это природа в самом широком ее понимании, как уже изученная и известная, так еще и не ставшая известной объективная реальность. С точки зрения физических процессов – предмет физики, химических – предмет химии, космических – предмет астрофизики.

*Натура* – это природа, вошедшая в деятельностное пространство человечества, ставшая предметом ресурсного, технологического, артефактного(технического), созерцательного (эстетического) освоения. Это предмет изучения научно-технических, медико-биологических, эргономических, психологических, гуманитарных наук.

*Форма движения* – это фиксируемая спецификой взаимодействий вещественная, энергетическая, информационная динамика на уровне поля и элементарных частиц (физика), атомов и молекул (химия), неорганических (геология), органических структур (биология).

*Природная среда* – это объективная реальность (Мегамир, Вселенная, Метагалактика), сформировавшаяся естественным путем на основе разветвления четырех взаимодействий (электромагнитного, гравитационного, слабого ядерного, сильного ядерного) и приобретая определенную топологическую и метрическую структуру. Предмет изучения астрофизики, космологии, астрохимии, квантовой механики, геометрии.

*Географическая среда* – это природная среда в пределах планеты Земля с сопровождающими ее объективными структурами (геологическими, географическими, биологическими).

*Биосфера* – это живая природа и связанная с ней среда в пределах планеты Земля. Предмет изучения биологических наук, а также физики, химии, экологии.

Природная реальность стала предметом изучения еще в доцивилизационных обществах и отображалась в виде практических знаний, семиотических изображений, мегалитических сооружений (типа Стоунхенджа). Знания в основном относятся к астрономии, механике, медицине.

В рамках эволюции традиционных цивилизаций Азии, Америки, Европы выделяют теоретический этап становления естествознания, в рамках которого большую роль играли математические модели Космоса (Пифагор, Аристарх, Птолемей), философские концепции истоков бытия, в первую очередь атомистская методология Левкиппа, Демокрита, Эпикура, Лукреция Кара. Архимед приложил усилия к формированию научно-технической направленности естествознания на основе механики. Однако теоретическое моделирование природной реальности не имело достаточной проверочной базы и не мотивировалось социальным заказом. В Средние века естествознание стало составной частью теологии и через астрономию К. Птолемея и аристотелевскую физику обосновывало основные догматы христианства и ислама, разделенность природы на небесный и земной миры.

Техногенные цивилизации, акцентированные на достижениях науки и техники, стимулировали коперниканский переворот в естествознании. Начался он в астрономии и механике. За основу естествознания была взята идея о том, что адекватное описание и объяснение природы требует не только наличия теории, но и экспериментально-лабораторной базы. Особенно активно эту методологию отстаивал Г. Галилей, сконструировавший такой оптический прибор, как телескоп. Его идею поддержал Левенгук, который сконструировал микроскоп. Тем самым было положено начало оптике как одному из ведущих разделов современной физики. Связь с ремесленной практикой обусловила приоритетное развитие математики и механики в XVI–XVIII вв. Над этими вопросами работали Р. Декарт, Б. Паскаль, И. Лейбниц, И. Ньютон. Они разработали

структуру математики как основы современных вычислений в естествознании, сформулировали законы механики (И. Ньютон), подвели естествознание к революционным выводам о развитии природы (И. Кант – выдвинул гипотезу о происхождении Солнечной системы из газопылевого облака). Промышленная революция XVIII в. дала толчок к практическому применению знаний физики и химии в производстве. Сложилась особая группа ученых-инженеров, которая стала заниматься разработкой новых принципов действия, поиском способов их реализации, конструированием технических систем и отдельных элементов. Особенно заметно это было в физике, где бурно развивались такие разделы, как прикладная механика, оптика, электричество и магнетизм, термодинамика. Физика медленно выходила на ключевую мировоззренческую проблему, связанную с теорией атома. При этом классическое естествознание приняло активное участие в развитии машинного производства, железнодорожного и морского транспорта, электрификации коммуникаций и создании энергетики. Химия легла в основу развития металлургического, нефтеперерабатывающего, собственно химических производств. Успехи физики и химии дали перспективу автомобилестроению, машиностроению в самом широком его понимании.

Таким образом, в первом вопросе были определены предмет естествознания, ключевые понятия, выделены исторические этапы становления данной науки до конца XIX в. и обозначены как предцивилизационный, традиционных и техногенных цивилизаций.

## **1.2. Становление современного естествознания**

*Современное естествознание* – это состоящее из отдельных дисциплин и междисциплинарных направлений образование, предметом которого является природная реальность. Это системное образование активно формировалось во второй половине XIX в. под влиянием внешних и внутренних причин.

К внешним причинам можно отнести утверждение в массовом общественном сознании ценностной значимости науки как практической силы, а также утверждение за естествознанием статуса основы техногенного мировоззрения. Важную роль играла и усилившаяся коммерческая полезность науки. Многие крупные научные лабо-

раторатории университетов находились в тесном контакте с холодной, тяжелой промышленностью, военно-промышленным производством (индустрия А. Нобеля).

Внутренние причины формирования современного естествознания проистекали из приоритетов научно-познавательной деятельности и доступности информации, позволявшей систематизировать знания на основе новых принципов. Такими принципами стали принципы эволюции, неопределенности, дополнительности, относительности, ковалентности, обратной связи, изоморфизма и другие.

В становлении современного естествознания выделяют три этапа:

- эволюционно-экстенсивный;
- концептуально-критический;
- методологический.

Эволюционно-экстенсивный этап развития современного естествознания пришелся на 60–80-е гг. XIX в. и знаменуется бурным становлением эволюционного подхода и комплекса натуралистических наук близких биологии, геологии, палеонтологии, археологии, антропологии. Динамику этому направлению задали эмпирические наблюдения Ч. Дарвина, Э. Геккеля, И.М. Сеченова, Э. Зюсса, которые получили концептуальное обобщение в виде эволюционного учения, теории клетки, гипотезы контракции, закона сохранения и превращения энергии, учения о рефлексах, теории эволюционного почвоведения, процессов образования минералов в ходе извержения пород. В результате эмпирических обобщений в естествознании начали соседствовать две стратегии. Одна реализовывала потребность науки в новых эмпирических фактах и открытиях, а другая – выражалась в создании для естествознания мощной логико-математической базы и концептуального аппарата. С середины XIX в. механика все больше трансформировалась в физику. Важнейшую роль в этом процессе сыграли исследования М. Фарадея и Дж. Максвелла, утвердившие научное представление об электрических и магнитных полях и близкодействии. В результате природная реальность предстала в виде непрерывных полей, описываемых дифференциальными уравнениями в частных производных.

Первый этап становления современного естествознания завершился формированием дисциплинарно организованной науки о природе в виде системы университетов и институтов с мощными научными лабораториями и тесной связью с промышленностью.

В этом процессе важную роль сыграли ассоциации ученых-естествоиспытателей и инженеров.

Второй этап становления современного естествознания связан с концом XIX—началом XX столетий. Более точно его начало можно отнести к 1895 г., когда в науку пришли мужественные энтузиасты, которые ценой собственного здоровья, риска делали случайные открытия, которые постепенно конституировались в новые разделы физики и химии, дали начало космологии, космогонии, астрофизике. Речь идет о супругах Кюри, Г. Резерфорде, А. Эйнштейне, Э. Махе, Н. Боре, Д.И. Менделееве. Напряжение от новых выводов в концептуальном естествознании было настолько большим, что спровоцировало философские дискуссии и целую серию уникальных работ, написанных великими учеными по проблемам истории науки, ее статуса и значения в формировании эпохи индустриального мышления. Атомная и ядерная физика получили продолжение в физике элементарных частиц. Закон периодичности химических элементов позволил химии конституироваться в три фундаментальных раздела: общая, неорганическая, органическая химия. Биология модифицировалась в уже привычные разделы: ботаника, зоология, анатомия, медицинские науки, генетика, химическая биология, фармацевтика, экология, эволюционное учение.

Таким образом, на втором этапе становления современного естествознания произошла революция в области концептуального видения природной реальности. Наука стала изучать микрообъекты и тем самым обнаружила новые возможности экспериментальных исследований. Эволюционное учение Ч. Дарвина дополнилось законом периодичности элементов, теорией атома, учением о биосфере, теорией высшей нервной деятельности, учением о рефлексах, логико-математическими открытиями в области геометрии и теории вероятности.

Третий этап становления современного естествознания связан с первой половиной XX в., когда сформировалась в окончательном виде концептуальная картина природы и методологический аппарат ее описания и представления в виде знаний. В первую очередь речь идет о трансформации механики в универсальное описание традиционных форм движения, связанных с простыми механическими формами движения, работы и нелинейными, квантово-механическими. В формировании волновой механики сыграли важную

роль исследования П. Дирака, М. Планка, Н. Бора, А. Эйнштейна, В. Гейзенберга, М. Шредингера. В результате современное естествознание стало оперировать принципами неопределенности, суперпозиции, операторов, вариационности, волновой функции, понятиями спина и кванта, рассеивания. Квантовая механика перешла на использование логико-математического аппарата, разработанного усилиями П. Дирака, В. Гейзенберга, Э. Шредингера. Новая методология стала использоваться активно в квантовой химии.

Исследования в области квантовых свойств стали ключевыми и позволили на уровне ведущих разделов физики, химии, геологии сделать переход к уровню разработки высоких технологий. В мировоззренческом плане наука стала ассоциироваться с информационной и экологической стратегиями деятельности человечества.

Таким образом, третий этап становления современного естествознания завершил процесс формирования условий для выхода этой сферы научной деятельности на активный междисциплинарный синтез, использование логико-математического аппарата, информационных автоматизированных комплексов, мощнейшей экспериментальной и наблюдательной инфраструктуры.

### **1.3. Структура современного естествознания**

При рассмотрении данного вопроса необходимо исходить из критериев организационной, дисциплинарной, научно-познавательной, инновационной сторон науки.

С точки зрения организационных структур можно выделить естественнонаучную деятельность ученых, осуществляемую в академических институтах, вузах, отраслевых центрах, лабораториях, финансируемых коммерческими структурами (ТНК). В Республике Беларусь ключевая роль в координации научно-технической деятельности придана Национальной академии наук. Эта работа осуществляется через функционирование научно-технических центров (НТЦ), фонда фундаментальных исследований.

Дисциплинарная структура естествознания в современной его модификации стала междисциплинарной. Это значит, что существующие дисциплины: астрономия, биология, геология, география, химия, физика – пошли по пути углубления взаимосвязей в решении теоретических и практических задач. В результате успешно развиваются

астрофизика, астрохимия, космическая биология, медицина, биофизика, биохимия, экология, эргономика, физическая география и другие направления междисциплинарного синтеза знаний.

Научно-познавательная структура естествознания представлена метатеоретическим, теоретическим, эмпирическим уровнями познания.

*Метатеоретический уровень* фиксирует фундаментальные знания, полученные в естествознании и техникзнании, в форме междисциплинарных концепций. Среди них особую известность получили синергетическая, инвайронменталистская, эргономическая, коэволюционная, нанотехнологическая.

*Теоретический уровень* отражает дисциплинарный уровень функционирования концептуальных знаний и проявляется в форме специальной научной картины мира, теорий, законов, концепций, теоретических моделей, гипотез.

*Эмпирический уровень* естествознания связан с экспериментально-измерительным лабораторным комплексом, а также системами поискового наблюдения (микроскопы, наземные и космические телескопы). На этом уровне познавательной деятельности получают экспериментальные данные, данные измерений и наблюдений, формулируют эмпирические закономерности и научные факты.

Инновационная структура современного естествознания представлена структурами НИОКР, посредством которых проводятся научные исследования, осуществляются опытно-конструкторские разработки, реализуются механизмы перевода инноваций в сферу массового производства. В этих целях активно используется инновационная инфраструктура, представленная фондами, технопарками, инкубаторами, программами, банками данных, интеллектуальной собственностью (патенты, изобретения, авторские свидетельства). Через инновационные структуры современное естествознание выходит в сферу высоких технологий и таким способом реализует ключевую задачу оптимизации всех форм деятельности человека, ее экологизации.

Таким образом, была рассмотрена история становления современного естествознания, раскрыта его структура, показан вклад ученых в разработку проблематики, выявлены механизмы трансформации естествознания в производительную силу общества, определена необходимость знания достижений этой области науки с точки зрения мировоззрения, методологической культуры, про-

фессиональной деятельности. Материал темы содержится в многочисленных работах по истории науки и техники, философских исследованиях по проблемам научных революций, энциклопедических изданиях, электронных ресурсах.

В более сжатом виде прописаны аспекты развития и функционирования современного естествознания, связанные с междисциплинарными концепциями природы, разработанными учеными в 70-х гг. XX в. Эти концепции предметно-структурированы по направлениям, акцентированным на нелинейной динамике, коэволюции и инвайронментализме, эргономике.

Нелинейная динамика стала активно изучаться в XX столетии и в 70-х гг. на основе многочисленных результатов исследований в математике, физике, химии, научно-технических дисциплинах было представлено синтетическое описание природной реальности, для представления которого профессор Штутгартского университета Г. Хакен предложил термин «синергетика». В переводе с греческого языка он пишется как «вместедействие» и ассоциируется с процессами нелинейной динамики, хаоса, самоорганизации, диссипации. Для конкретизации его содержания используются понятия бифуркации, порядка, хаоса, вероятности, флуктуации, фрактала, аттрактора. Эти понятия раскрывают сущность природы как открытой к взаимодействиям системы, находящейся в состоянии нелинейной динамики, характеризующейся состояниями динамического хаоса. И. Пригожин дополнил концептуальные построения синергетики множеством эмпирических данных из физики, химии, биологии. Математики разработали методологию моделирования нелинейных процессов.

В недрах биологии оформилась эволюционная методология, которая позволила описать живую природу в комплексе динамических процессов. Чуть позже, уже с социологических позиций, ученые осознали важность окружающей среды и для общества с точки зрения его локальных особенностей. В результате начал формироваться инвайронментализм (движение за охрану окружающей среды). В начале XX в. были обоснованы идеи биосферы и ноосферы В.И. Вернадским. На их основе биологи пришли к более глубокому описанию коэволюционных взаимодействий на уровне популяций и среды. К концу XX в. термин был спроецирован на социальную динамику (Н.Н. Моисеев) и началось активное осмысление различных

аспектов практического использования этой методологии. Особое значение в связи с этим приобрела бионика.

В 1960 г. коэволюционная методология пришла в инженерное дело в виде бионики. На симпозиуме в Дайтоне (США) была сформулирована мысль о том, что организмы и живые системы следует рассматривать как аналоги технических устройств. И практически сразу эти установки были проиллюстрированы в монографиях Г. Гертеля «Структура, форма и движение», Л. Джерардена «Бионика», Э.Э. Бернарда «Биологические прототипы и созданные человеком системы». В работах проведена мысль об обоснованности заимствования у природы конструкторских и дизайнерских решений.

Спектр изучения живых систем в рамках бионики достаточно широк. Он включает биомеханику, биоматериаловедение, биооптику, бионанотехнологии, физиологию высшей нервной деятельности, биоинформатику, биоупаковку, биохимию, биоэнергетику, биочистку, биоархитектуру и другие направления.

В Республике Беларусь интерес к бионике обусловлен необходимостью выхода на высокопроизводительную деятельность в аграрном секторе. Речь идет о технологиях обработки почвы, внесения удобрений с учетом многофункционального использования техники на облегченном ходу, позволяющем не травмировать почву, эффективно вносить удобрения, проникать на переувлажненные участки и в соответствии с утвержденными графиками сельхозработ производить весь перечень необходимых операций. Фактически речь идет о модернизации машиностроительного комплекса под новые задачи аграрного производства и мелиорации. Адаптированные к переувлажненным землям технические комплексы должны обеспечить рентабельность растениеводства и животноводства. Тем самым перед инженерной наукой ставится задача реализации потенциала биомеханики. Долгосрочная программа модернизации Припятского региона создает условия для формирования устойчивого госзаказа для машиностроительного комплекса.

Огромные перспективы аграрный сектор открывает инженерам, биологам и химикам в области повышения качества и экологической направленности продуктов питания как растениеводческих, так и животноводческих. В данном случае должен быть задействован потенциал биоматериаловедения, на основе которого ученые и инженеры должны заполнить экспортные технологические ниши

собственными разработками и сделать производственные циклы максимально адаптированными к местным ресурсам. Рассматриваемое направление сопрягается с решением задач биоэнергетики. Речь идет о возможности эффективного использования рапса, льна, древесины как источников энергии и тепла. Глубокая модернизация аграрного производства в сочетании с аналогичной модернизацией льнопредприятий, химических производств, технологий переработки рапса может стать важным шагом к достижению значительных объемов экспорта за счет растениеводческой базы.

Биоархитектура отражает тенденцию в строительстве к коэволюционным условиям формирования социокультурного пространства, в рамках которых приоритетное значение отводится биомимикрии урбанизированного ландшафта, реструктуризации уже существующих городских комплексов, формированию идеи экодома как самодостаточного архитектурно-функционального комплекса, включая и самоутилизацию различных производных и побочных процессов. Интерес к развитию биоархитектуры детерминирован также перспективностью агротуризма, что делает необходимым проектирование агроусадоб в соответствии с традиционными знаниями белорусов о растительном, животном мирах и подворьях.

За последние 50 лет Беларусь приобрела устойчивое урбанизированное пространство в виде мегаполисов и технотипов. Население обособилось от традиционных способов личного самообеспечения и вышло на стандарты массового потребления промышленных изделий, продуктов питания. В стране сформировался значительный внутренний рынок потребления артефактной продукции. Товарные потоки активно сопровождаются рекламой и упаковкой.

Упаковочная отрасль в стране становится все более востребованной по мере выхода белорусской продукции на внешние рынки. Поскольку инерция мышления в этом сегменте экономики была слишком высокая, то на отечественный рынок пришли производители и инвесторы из других стран. Однако большинству специалистов было очевидно, что в стране необходимо иметь собственную базу подготовки специалистов упаковочной отрасли. Речь идет об инженерах способных проектировать, конструировать, утилизировать упаковку, сопровождать ее создание необходимыми дизайнерскими и биотехнологическими решениями.

Особенность циркулирования артефактной упаковки в отличие от транспортно-логистической (контейнерной) заключается в быстром выходе из потребительского цикла. Объемы такой упаковки растут по мере насыщения рынка эстетическими требованиями. Поскольку артефактная упаковка производится из долгоразлагающихся материалов, то сбор и переработка ее стала одной из забот городских коммунальных служб.

В плоскости теоретического решения вопроса речь идет об исследованиях, связанных с биоупаковкой.

Существуют базовые биологические системы и природные модели, которые могут быть названы праупаковкой – это раковины моллюсков, плоды орехов и цитрусовых, семена растений, яйца животных и птиц. В этих и подобных им биологических приспособлениях наиболее оптимально функционирует основная задача упаковки: предохранять от разрушения внутреннее содержимое. При этом обеспечивается удобная форма, конструкция сохранности и вскрытия (при необходимости самой бионической формы жизни). Так, форма и конструкция скорлупы грецкого ореха позволяет растению не только сохранять ядро, но и перемещать его на большие расстояния, обеспечивая тем самым возможность выживания.

Три «R» современной упаковочной отрасли, расшифровывающиеся как «reduce, reuse, recycle», обозначают уменьшение количества материалов, идущих на упаковку, сокращение потенциальных отходов, вторичное использование упаковки без повторной обработки, использование переработанных материалов с целью улучшения экологической ситуации. Значительно снизили в весе консервные банки, пластиковые бутылки. Важную роль призваны сыграть биоразлагаемые материалы. Они позволяют возвращать использованные упаковочные артефакты в природный мир и использовать как часть биогумуса. Многое в этом вопросе зависит от ученых-химиков, поскольку именно они способны проследить все этапы контакта артефактной продукции с окружающей средой и выработать соответствующие рекомендации по использованию веществ и материалов в процессе производства упаковки.

Проектирование упаковки и связанных с ее производством технологических процессов акцентировано в немалой степени на вопросах безопасности, поскольку упаковочные материалы находятся в непосредственном контакте с пищевыми продуктами, детскими

игрушками. Важно добиться того, чтобы упаковка выполняла свои ключевые функции, но при этом не создавала угрозы здоровью людей. Использование высокотехнологичной упаковки ведет к удорожанию самого продукта, но именно она содержит необходимую информацию о характере артефакта, его экологической и эргономической безопасности. Поэтому выход на подобный уровень деятельности оправдан, поскольку он создает важнейшее условие конкурентоспособности, доступа к мировому рынку. В данном аспекте отражается важная тенденция смещения издержек производства на конструирование, проектирование и научные исследования.

В Беларуси сделан важный шаг на пути развития информационных технологий, что позволяет реализовывать масштабные системотехнические проекты, связанные с модернизацией транспортно-логистической инфраструктуры, в рамках которой особую роль и эффективность демонстрирует контейнерная упаковка. Транзитные возможности страны огромны, поскольку через ее территорию проходят товарные потоки с севера на юг, с запада на восток и наоборот. Отечественные компании только осваивают подобный вид деятельности. Этапным стал проект «Прилесье», в рамках которого будут отработаны возможности взаимодействия разных структур, инвесторов, государства. Последнее сделало немало для того, чтобы повысить транзитную привлекательность белорусской территории. Крупные европейские и азиатские компании объединили усилия в рамках проекта, призванного продемонстрировать высокотехнологичный потенциал страны, профессиональный уровень менеджмента. Большие перспективы открываются перед белорусской железной дорогой и связанными с ней предприятиями в рамках трансконтинентальных перевозок между крупнейшими потребителями и производителями артефактной продукции в мире, в первую очередь речь идет о странах Евросоюза и Китае. Таможенный союз евразийских государств придаст этим перспективам реальное наполнение. Задача инженеров заключается в демонстрации не только желания работать в русле системотехнического проектирования, но и более активном освоении инженерного менеджмента, связанного с возможностями модернизации, инновационной деятельности, трансфератехнологий.

Таким образом, бионика стала частью инженерной деятельности в Беларуси. Но ее потенциал еще далек от реализации, что свиде-

тельствует о разнообразных возможностях системотехнической ко-эволюционной стратегии в стране. Важно, чтобы молодые отрасли получили поддержку, понимание и соответствующие возможности становления организации вузовской подготовки специалистов, создания соответствующих научно-производственных лабораторий в рамках действующих научно-практических центров, объединяющих десятки предприятий страны.

## ТЕМА 2. ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА

### 2.1. Физика как система знаний

В системе наук физика занимает особое место, является лидером современного естествознания. *Физика* (от гр. φύσις – «природа») – изучает наиболее общие и фундаментальные закономерности, определяющие структуру и эволюцию материального мира. Она изучает вещество (материю), энергию, а также фундаментальные взаимодействия в природе, управляющие движением материи. Именно поэтому физику называют «фундаментальной наукой», так как другие естественные науки (биология, геология, химия и др.) описывают только некоторый класс материальных систем, подчиняющихся законам физики. Так, например, химия изучает атомы, образованные из них вещества и превращения одних веществ в другие. Химические же свойства вещества однозначно определяются физическими свойствами атомов и молекул, описываемыми в таких разделах физики, как термодинамика, электромагнетизм, квантовая механика и статистическая физика.

Принято различать *экспериментальную* и *теоретическую* физику.

Экспериментальная физика исследует явления природы в заранее подготовленных условиях. Многие открытия в физике были сделаны благодаря экспериментальному обнаружению явлений, не описываемых существующими теориями (например, экспериментально обнаруженная абсолютность скорости света породила специальную теорию относительности).

В задачи теоретической физики входит формулирование общих законов природы и объяснение на основе этих законов различных явлений, а также предсказание до сих пор неизвестных явлений. Верность любой физической теории проверяется экспериментально.

Общенаучные основы физических методов разрабатываются в теории познания и методологии науки.

Физика тесно связана с математикой: математика предоставляет аппарат, с помощью которого физические законы могут быть точно сформулированы. Физические теории почти всегда формулируются в виде математических выражений, причем используются более сложные разделы математики, чем в других науках.

В современном мире значение физики чрезвычайно велико. Все то, чем отличается современное общество от общества прошлых веков, появилось в результате применения на практике физических открытий. Прочно утвердившиеся понятия, разработанные в течение нескольких веков, продолжают служить основными принципами развития различных естественных наук. Без них также немислимы современные средства коммуникации, компьютерные и нанотехнологии. Так, законы термодинамики позволили построить тепловой двигатель, исследования в области электромагнетизма привели к появлению радио, телевидения и мобильных телефонов, изучение законов радиоактивного распада и открытие цепных реакций сделали возможным мирное использование атомной энергии, развитие электроники и информатики привело к появлению компьютеров.

Современная физика представляет собой диалектическое единство системы теоретических моделей природы и методов ее экспериментального исследования. Ее объект принадлежит качественно разным областям действительности: микро-, макро- и мегамиру.

*Микромир* – это область предельно малых, непосредственно ненаблюдаемых материальных микрообъектов, размер которых исчисляется в диапазоне от  $10^{-9}$  до  $10^{-18}$  м, а время жизни – от бесконечности до  $10^{-24}$  с. Это мир от атомов до элементарных частиц. Все они обладают как волновыми, так и корпускулярными свойствами.

Микромир изучают ядерная физика, квантовая механика, физика атомов и молекул, физика элементарных частиц, физика высоких энергий, статистическая физика и т. д.

*Макромир* – мир материальных объектов, соизмеримых по своим масштабам с человеком. На этом уровне пространственные величины измеряются от миллиметров до километров, а время – от секунд до лет. Макромир представлен макромолекулами, веществами в различных агрегатных состояниях, живыми клетками и организмами, человеком и продуктами его деятельности.

Макромир изучают классическая механика, релятивистская механика, механика сплошных сред, гидродинамика, термодинамика, оптика, электродинамика, электрогидродинамика и т. д.

*Мегамир* – сфера огромных космических масштабов и скоростей, расстояние в которой измеряется астрономическими единицами (1 а. е. = 8,3 световых минуты), световыми годами (1 световой год = = 10 трлн км) и парсеками (1пк = 30 трлн км), а время существова-

ния космических объектов – миллионами и миллиардами лет. К этому уровню относятся наиболее крупные материальные объекты: планеты и их системы, звезды, галактики и их скопления, образующие метagalaktiki.

Изучением мегамира занимаются космология, астрофизика, физика элементарных частиц и т. д.

*Материя* – бесконечное множество всех сосуществующих в мире объектов и систем, совокупность их свойств и связей, отношений и форм движения. Она включает в себя не только непосредственно наблюдаемые объекты и тела природы, но и все те, которые не даны человеку в его ощущениях.

Неотъемлемым свойством материи является движение. *Движение материи* представляет собой любые изменения, происходящие с материальными объектами в результате их взаимодействий. В природе наблюдаются различные виды движения материи: механическое перемещение и вращение, колебательное и волновое, тепловое движение атомов и молекул, равновесные и неравновесные процессы, радиоактивный распад, химические и ядерные реакции, развитие живых организмов и биосферы.

На современном этапе развития естествознания исследователи различают следующие виды материи: вещество, физическое поле и физический вакуум.

*Вещество* представляет собой основной вид материи, обладающий массой покоя. К вещественным объектам относят: элементарные частицы, атомы, молекулы и многочисленные образованные из них материальные объекты. Свойства вещества зависят от внешних условий и интенсивности взаимодействия атомов и молекул, что и обуславливает различные агрегатные состояния веществ. Вещество может находиться в твердом, жидком или газообразном состоянии. Некоторые вещества, например, полимеры, могут находиться в состоянии, которое трудно отнести к какому-то одному из вышеперечисленных.

*Физическое поле* представляет собой особый вид материи, обеспечивающий физическое взаимодействие материальных объектов и их систем. К физическим полям исследователи относят: электромагнитное и гравитационное поля, поле ядерных сил и так называемых слабых взаимодействий, волновые поля, соответствующие различным частицам. Источником физических полей являются частицы.

*Физический вакуум* – это низшее энергетическое состояние квантового поля. Этот термин был введен в квантовую теорию поля для объяснения некоторых процессов. Среднее число частиц в вакууме равно нулю, однако в нем могут рождаться частицы в промежуточных состояниях, существующие чрезвычайно короткое время.

При описании материальных систем используют корпускулярную (от лат. *Corpusculum* – «частица») и континуальную (от лат. *continuum* – «непрерывный») теории. Континуальная теория рассматривает свойства вещества как непрерывно распределенные в пространстве физические поля, а процессы описывает как непрерывное во времени изменение этих полей. Свойства физических полей определяются постулатом о непрерывности, законами сохранения механики сплошных сред и законами континуальной термодинамики. Следует различать равновесные процессы, которые представляют собой идеализированный предельный случай бесконечно медленных изменений, при которых энтропия системы сохраняется и реальные, неравновесные процессы, которые сопровождаются изменением энтропий. Неравновесные процессы, в свою очередь, делятся на релаксационные, нестационарные, стационарные, колебательные и волновые. При релаксационных процессах система, выведенная из состояния равновесия некоторым внешним возмущением, возвращается в исходное равновесное состояние после прекращения действия возмущения. Для нестационарных процессов характерно то, что на рассматриваемую систему действует некоторая зависящая от времени сила, которая постоянно меняет ее макроскопические свойства. При стационарных неравновесных процессах макроскопические свойства системы не изменяются со временем, но постоянные внешние условия таковы, что через нее проходит поток энергии или вещества. Существуют и повторяющиеся непрерывные процессы изменения свойств системы, колебания, которые происходят в окрестности некоторого среднего положения. При распространении колебаний в среде возникают волны. *Теория колебаний* – область физики, занимающаяся исследованием волновых процессов. С точки зрения континуальной концепции возникновение элементарных частиц можно было объяснить следующим образом. Изначально вся материя существовала как форма поля, равномерно распространенного в пространстве, а после случайного возмущения в поле возникли устойчивые уединенные волны

(названные солитонами), которые можно рассматривать как частицы с различными свойствами. Взаимодействие этих образований привело к появлению атомов, молекул, макротел, образующих макромир. Наряду с континуальным описанием, широко используется корпускулярное или дискретное описание материи, основанное на атомистических представлениях о ее строении из отдельных, взаимодействующих между собой частиц – корпускул.

Одна из самых больших научных загадок начала XXI в. – местонахождение большей части материи во Вселенной. Эту скрытую материю называют темной материей, или недостающей массой. *Темная материя* – это невидимая материя, находящаяся внутри галактик или между ними и замедляющая их вращение. На ее долю приходится, по крайней мере, 90 % всей массы Вселенной, но до сих пор она не опознана.

Вопрос о строении материи в современной физике приводит все к большему «дроблению» вещества. *Элементарные частицы* – основные структурные элементы микромира. Элементарные частицы классифицируют по следующим признакам: массе частицы, электрическому заряду, спиновому числу (целое – бозоны, полуцелое – фермионы), типу физического взаимодействия, в котором участвуют элементарные частицы, времени жизни частиц и др.

К настоящему времени обнаружено более 300 элементарных частиц и их античастиц, которые можно сгруппировать по различным признакам. Составные частицы – адроны – состоят из кварков и подразделяются, в свою очередь, на мезоны и барионы. К барионам, в частности, относятся фермионы, составляющие ядро атома – протон и нейтрон. Остальные барионы нестабильны и быстро распадаются. *Фундаментальными частицами* называют бесструктурные элементарные частицы: шесть типов лептонов, к которым относятся электрон, мюон, тау-лептон, электронное нейтрино, мюонное нейтрино, тау-нейтрино и их античастицы; шесть типов кварков, т. е. частиц с дробным зарядом, которые в свободном состоянии не наблюдаются: фотон, восемь глюонов, три промежуточных векторных бозона и гравитон.

Большинство элементарных частиц нестабильно и распадается на другие частицы. Для каждого известного типа частиц существует соответствующий тип античастиц. Античастица имеет массу покоя, равную массе соответствующей частицы. Ее заряд равен по величине и противоположен по знаку заряду частицы. Первой открытой

античастицей был позитрон – античастица электрона. При столкновении друг с другом частица и соответствующая ей античастица аннигилируют, образуя в результате два фотона. По неизвестным причинам симметрия между частицами и античастицами нарушена в наблюдаемой Вселенной, так как Галактики состоят из вещества, а не из антивещества.

С учетом типа фундаментального взаимодействия, в котором участвуют частицы, среди них выделяют:

– *адроны*, участвующие в электромагнитном, сильном и слабом взаимодействии;

– *лептоны*, участвующие только в электромагнитном и слабом взаимодействии;

– *частицы* – переносчики взаимодействий (фотоны – переносчики электромагнитного взаимодействия; гравитоны – переносчики гравитационного взаимодействия; глюоны – переносчики сильного взаимодействия; промежуточные векторные бозоны – переносчики слабого взаимодействия).

*Взаимодействие* – основная причина движения материи, поэтому взаимодействие присуще всем материальным объектам независимо от их природного происхождения и системной организации. Особенности различных взаимодействий определяют условия существования и специфику свойств материальных объектов. В природе существует четыре основных типа сил – это гравитационные, электромагнитные, сильного ядерного и слабого ядерного взаимодействий. Эти силы действуют в результате обмена порциями энергии, которые называются квантами. Диаграммы, которые применяются для демонстрации природы этих взаимодействий, впервые составил Р. Фейнман.

Гравитационное взаимодействие первое из известных фундаментальных взаимодействий стало предметом исследования ученых. Оно проявляется во взаимном притяжении любых материальных объектов, имеющих массу, передается посредством гравитационного поля и определяется законом всемирного тяготения, который был сформулирован И. Ньютоном.

К электромагнитным относятся электростатические и магнитные силы. Переносчиками электромагнитного взаимодействия между заряженными частицами служат не имеющие массы кванты – виртуальные фотоны, так как они прекратят взаимодействие, если для их обнаружения применят детектор.

Сильное ядерное взаимодействие удерживает вместе нейтроны и протоны в ядре. Протоны и нейтроны состоят из трех фундаментальных частиц – это кварки, глюоны и пионы.

Слабые ядерные силы заставляют протон превращаться в нейрон в ядре с избытком протонов или нейрон превращаться в протон в ядре с избытком нейтронов. В ходе этого процесса возникает недолговечная частица бозон.

Главный результат современной теоретической физики элементарных частиц – построение стандартной модели физики элементарных частиц.

Квантовая теория Макса Планка и теория относительности Альберта Эйнштейна являются фундаментом современной физики и науки о Вселенной. Следует отметить, что квантовая механика и теория относительности не «отменили» классическую механику, а лишь выяснили область ее применения. Вместе с тем переход от классической физики к современной характеризуется возникновением новых идей, открытием неожиданных фактов и явлений. Изменяется стиль и способ физического мышления, а также методы научного познания.

**Специальная и общая теория относительности.** Специальная теория относительности (СТО) часто интерпретируется как теория пространства и времени. У истоков создания СТО лежит творческая деятельность, главным образом, трех ученых – Г. Лоренца, А. Пуанкаре и А. Эйнштейна. Первым двум в самом начале XX в. удалось разработать математический аппарат, физический смысл которому придал молодой А. Эйнштейн. Ученый исходил из двух постулатов:

- постоянство скорости света в вакууме вне зависимости от движения систем отсчета;
- законы физики должны быть инвариантны (одинаковы) в любой инерциальной системе отсчета.

Таким образом, в первом постулате Эйнштейн развил классический принцип относительности Галилея. Он показал, что этот принцип является всеобщим, в том числе и для электродинамики (а не только для механических систем). Это положение не было однозначным, так как потребовалось отказаться от ньютоновского дальнего действия.

Обобщенный принцип относительности Эйнштейна утверждает, что никакими физическими опытами (механическими и электромагнитными) внутри данной системы отсчета нельзя установить,

движется эта система равномерно или покоится. При этом пространство и время являются связанными друг с другом, зависящими друг от друга (у Галилея и Ньютона пространство и время независимы друг от друга).

Второй постулат специальной теории относительности Эйнштейн предложил после анализа электродинамики Максвелла – это принцип постоянства скорости света в вакууме, которая примерно равна  $300\ 000\ \text{км/с}$ .

Данные требования привели к физическому смыслу преобразований Лоренца, к так называемым релятивистским эффектам:

- увеличение массы по сравнению с массой покоя;
- сокращение линейных размеров тела в направлении его движения;
- замедление времени.

Главная заслуга СТО состояла в том, что была выявлена релятивистская связь между физическими понятиями пространство и время, приведшая к становлению понятия «пространство-время», фиксирующему эту связь. В свою очередь, Г. Минковскому удалось придать этой связи смысл удачной геометрической модели – четырехмерного геометрического многообразия. Мир Минковского создавал возможность описания любых релятивистских событий в четырехмерном псевдоевклидовском пространстве, где четвертая координата была квазивременной.

Главный содержательный физический смысл СТО состоял в том, что возникла механика (кинематика) быстрых движений, т.е. таких, которые происходят со скоростями, сравнимыми со скоростью света. Сама же скорость света есть максимально возможная скорость процессов в природе (в природе нет процессов происходящих со скоростями большими, чем скорость света). Скорость света – это самая большая скорость в нашей Вселенной. Больше скорости  $300\ 000\ \text{км/с}$  в окружающем нас мире быть не может.

Фактически СТО установила относительный характер пространственно-временных свойств, выявляемых в физическом исследовании. Философско-мировоззренческий смысл этой относительности может быть интерпретирован как зависимость пространственно-временных свойств от характера движения и взаимодействий соответствующих природных процессов. Еще больше эта зависимость может быть выявлена в рамках анализа смыслов, которые содержит в себе общая теория относительности (ОТО).

Важную роль в становлении физики XX в. сыграл принцип наблюдаемости, который впервые использовал Эйнштейн при создании теории относительности. Требование наблюдаемости заставило ученого ввести определение одновременности, проверяемое на опыте. В сущности, все следствия СТО вытекают из этого определения. Принципом наблюдаемости и принципом соответствия физики руководствовались при создании квантовой механики.

Одна из теоретических посылок создания ОТО – математические исследования различных вариантов неевклидовой геометрии (Н.И. Лобачевский, Я. Бойяи, К. Гаусе, Б. Риман), разработанных в первой половине XIX в. Исходно неевклидова геометрия выросла на основе отказа от пятого постулата Евклида, утверждавшего, что в плоскости через точку вне заданной прямой можно провести лишь одну прямую, параллельную первой.

Становление и развитие ОТО служит убедительным примером развития знания от абстрактного к конкретному в теории. Так, первоначально возникшая у Эйнштейна идея об общей относительности как теории, обобщающей принцип относительности для произвольно выбранной системы отсчета, в конечном итоге привела к релятивистской теории тяготения.

Центральными идеями ОТО стали ниженазванные положения Эйнштейна.

1. В общей теории относительности представления о пространстве и времени, или кинематика, перестают быть фундаментальными, независимыми ни от чего понятиями физики. Геометрические характеристики тел, их поведение и ход часов зависят, прежде всего, от гравитационных полей, которые в свою очередь, создаются материальными телами.

2. Принцип эквивалентности, явно отождествляющий инерцию и тяготение, неявно ведет к представлению о том, что симметричный фундаментальный тензор определяет как метрические свойства пространства, так и действие гравитации.

В действительности же принцип эквивалентности не несет в себе полного решения проблемы геометризации гравитации, что связано с его локальным характером и, следовательно, неприменим к гравитационному полю в целом.

Обычно при интерпретации математического формализма ОТО полная геометризация гравитации осуществляется на основе гипо-

тезы о том, что метрический тензор характеризует и потенциалы поля, и кривизну пространства, более того, происходит полное отождествление последних. Результатом такого отождествления оказывается, что ОТО, по мнению некоторых физиков, отошла в сторону от магистральной линии, намеченной ее постулатами, так как свелась к теории искривленного пространства-времени.

Представление о физической реальности поля тяготения, по сути, означает, что гравитация есть вид «физической» материи. В таком случае гравитационное поле характеризуется потенциалами и напряжениями поля, так что эти величины, как и другие предполагаемые физические свойства поля, не являются в настоящее время непосредственно измеряемыми, наблюдаемыми величинами. Следует признать, что неоднородность напряженности гравитационного поля интерпретируется подчас как кривизна пространства. Однако надо иметь в виду, что понятие «кривизна пространства» в значительной мере условно. Оно не означает, что наше трехмерное пространство или четырехмерное пространство-время искривлено в буквальном смысле слова по отношению к объемлющему. Этот термин указывает лишь то, что данное пространство имеет геометрическую структуру, отличную от евклидовой. Кривизна есть математическое выражение этого отличия.

Исключительно важным результатом теории относительности является выявление связи между энергией и массой тела, а так же установленный ею факт эквивалентности массы и энергии ( $E = m_0c^2$ ). Однако речь идет не о превращении массы в энергию и наоборот, а о том, что превращение энергии из одного вида в другой соответствует переходу массы из одной формы в другую. Энергию нельзя заменить массой, так как энергия характеризует способность тела выполнять работу, а масса – меру инерции.

**Квантовая физика.** Основатель квантовой физики Макс Планк. В 1900 г. он доказал, что лучеиспускание или поглощение происходит скачкообразно, порциями, которые были названы квантами. Планк ввел универсальную постоянную излучения, названную им *квантом действия*. Заслугой Планка является то, что он создал основы квантовой физики. Далее квантовую теорию излучения разработывал Альберт Эйнштейн. Он создал теорию относительности и теорию квантовой природы энергии, чрезвычайно важные для изучения свойств атомов и их частиц.

Эйнштейн ввел в физику понятие *кванта света*. До него никто не предполагал, что световое поле представляет собой совокупность элементарных световых полей фотонов или квантов света, независимо излучаемых телами и независимо же поглощаемых ими. Ученый создал квантовую теорию света и распространил идеи квантовой теории на физические процессы, не связанные непосредственно со светом.

Научные труды Эйнштейна сыграли большую роль в развитии современной физики: квантовой электродинамике, атомной и ядерной физике, физике элементарных частиц, космологии, астрофизики.

Нильс Бор в 1913 г. предложил теорию строения атома, основанную на модели атома, созданной Резерфордом. Согласно этой модели атом состоит из положительно заряженного ядра, сосредотачивающего почти всю массу атома, и электронов, обладающих отрицательным зарядом, движущихся вокруг ядра. Он предположил, что атомы существуют в строго определенных стационарных состояниях, энергии которых отличаются конечными величинами. Нет промежуточных состояний. Электроны, вращающиеся вокруг ядра, не могут двигаться по всем возможным орбитам, а только по «разрешенным», так называемым квантовым орбитам. Излучение энергии имеет место только при переходе атома из стационарного состояния в возбужденное. Электроны, вращающиеся вокруг ядра, не излучают энергию. Излучение происходит, когда электрон переходит с одной орбиты на другую. Переходы совершаются скачком, причем энергию атомы излучают в виде фотона. Переходы возможны лишь на орбиты, которые определяются квантовыми законами. Эта теория стала отправной точкой современной атомной физики. Бор также разработал капельную модель атома, объясняющую его распад.

Мысль о том, что частицам материи свойственна двойственность, впервые высказал в 1923 г. Луи де Бройль. Действительно, мельчайшие частицы материи имеют двойственную природу. В одних случаях они ведут себя как частицы, в других – как волна. Например, электрон ведет себя как частица, когда проходит через магнитное поле, и как волна, проходя через решетку кристалла, служащую тонкой дифракционной щелью, а дифракция – свойство волны. Ученый предположил, что они обладают таким же дуализмом, как и свет. Через четыре года это предположение получило

опытное подтверждение. Идея о корпускулярно-волновом дуализме частиц и квантов света, по сути, утверждала их принципиальное единство. Данные открытия приводят к становлению в конце 20-х гг. XX в. современной физики микромира. О себе заявляет квантовая механика. Особую роль в ее становлении сыграли результаты фундаментальных открытий, полученные В. Гейзенбергом и Э. Шредингером, а затем их дополнение и развитие Н. Бором, М. Борном, П. Йорданом, П. Дираком, В. Паули и др. В квантовой механике постулируется, что любую систему взаимодействующих частиц можно описать с помощью некоторого волнового поля. Следовательно, не только каждому полю соответствуют определенные частицы, но и всем частицам – квантовые поля. Этот факт и является выражением корпускулярно-волнового дуализма. Однако возникает вопрос об интерпретации квантовой механики, ее основного понятия – волновой функции (пси-функции). В 1927 г. В. Гейзенберг получил соотношение неопределенностей, Н. Бор сформулировал принцип дополнительности для квантовомеханического описания микрообъектов. Он стал основополагающим в современной физике.

Согласно принципу дополнительности корпускулярная картина такого описания должна быть дополнена альтернативным волновым описанием. Действительно, в одних экспериментах микрочастицы ведут себя как типичные корпускулы, в других – как волновые структуры. Дуализм микрообъектов, заключающийся в объединении в одном микрообъекте одновременно волновых и корпускулярных свойств, представляет собой фундаментальную характеристику объектов микромира. Опираясь именно на эту характеристику, можно понять и объяснить другие особенности микромира. В общей форме принцип дополнительности можно сформулировать следующим образом: в области квантовых явлений наиболее общие физические свойства какой-либо системы должны быть выражены с помощью дополняющих друг друга пар независимых переменных, каждая из которых может быть лучше определена только за счет соответствующего уменьшения степени определенности другой.

Частным выражением принципа дополнительности можно считать принцип неопределенности Гейзенберга. Учитывая двойственную природу микрочастиц, ученый пришел к выводу, что невозможно одновременно с любой, наперед заданной точностью, характеризо-

вать микрочастицу и координатами, и импульсом. Согласно принципу неопределенностей, чем точнее фиксируется импульс, тем значительнее будет неопределенность по координате, и наоборот.

Из принципа дополненности следуют все особенности квантовой теории, а именно:

- предсказания квантовой механики неоднозначны; они дают лишь вероятность того или иного результата;

- в квантовой механике неопределенность принципиальна; она следует из дополненности квантовой природы микрообъектов и классических методов описания; определить состояние системы, задав координаты и скорости всех частиц невозможно, остается – задать в начальный момент волновую функцию, описывающую вероятность тех или иных значений координат скоростей; однако квантовая механика позволяет найти волновую функцию в любой более поздний момент;

- вероятностное описание физических явлений (статистическая физика) возникло при описании сложных систем, которые описываются строго однозначными уравнениями классической механики, и вероятность появляется при усреднении по интервалу начальных состояний; согласно квантовой механике вероятное описание справедливо как для сложных, так и для самых простых систем и не требует дополнительного усреднения начальных условий;

- причина вероятностного характера предсказаний в невозможности изучения свойств микроскопических объектов с отвлечением от способа наблюдения, так как в зависимости от него электрон проявляет себя как волна или частица, либо как нечто промежуточное; это свойство квантовых объектов В.А. Фок назвал «относительностью к средствам наблюдения»;

- волновая функция – не физическое поле, а поле информации; после каждого измерения волновая функция изменяется скачком;

- в квантовой механике выполняется принцип суперпозиция – полная волновая функция складывается из волновых функций взаимоисключающих событий.

С самого начала квантовая механика существовала в двух отдельных формах: в виде матричной механики, которая основывалась на матричном исчислении и представлении о микрочастицах как корпускулах (Гейзенберг, Бор), и в форме волновой механики (Шредингер). На базе синтеза релятивистской и квантовой физики в

конце 20-х гг. создается квантовая электродинамика, ставшая фундаментальной теорией. На ее основе разрабатывается базисная абстрактная квантовая теория поля.

В квантовой теории поля фундаментальными абстракциями являются понятия частиц и полей, переносчиков взаимодействия. С появлением квантовой теории, точнее корпускулярно-волнового дуализма, снимается резкое разделение материи на поля и частицы. В квантовой механике постулируется, что любую систему взаимодействующих частиц можно описать с помощью некоторого волнового поля. Следовательно, не только каждому полю соответствуют определенные частицы, но и всем частицам – квантовые поля. Этот факт и является выражением корпускулярно-волнового дуализма.

Исследовательские работы в направлении развития квантово-полевого подхода привели в 70-е гг. XX в. к созданию квантово-полевой теории сильных взаимодействий (квантовая хромодинамика) и единой теории электромагнитных и слабых взаимодействий. На их базе формируется новая исследовательская программа, базисной теорией которой становится квантовая теория неабелевых локально-калибровочных полей с нарушением симметрии.

Фундаментальной задачей современной физики является создание теории всех физических взаимодействий и частиц. Создание такой теории базируется на трех основных физических идеях:

- калибровочной природе всех физических взаимодействий;
- лептонно-кварковом структурном уровне в строении вещества;
- спонтанном нарушении симметрии первичного вакуума.

Основной идеей калибровочного подхода является представление о том, что каждому типу взаимодействий соответствует некоторая группа симметрий, а поля трактуются как нарушения этих симметрий. Известно, что каждый тип элементарных частиц характеризуется своим специфическим законом сохранения. Современная физика показывает, что каждый из законов сохранения является проявлением определенного вида симметрии. Главным результатом современной теоретической физики элементарных частиц является построение стандартной модели физики элементарных частиц. Данная модель базируется на идее калибровочных взаимодействий полей и механизме спонтанного нарушения калибровочной симметрии (механизм Хиггса). За последние десятилетия ее предсказания были многократно проверены экспериментально. В настоящее вре-

мя это единственная физическая теория, адекватно описывающая устройство нашего мира вплоть до расстояния  $10^{-18}$  м.

**Термодинамика неравновесных систем.** *Термодинамика* – наука о наиболее общих свойствах макроскопических физических систем, находящихся в состоянии термодинамического равновесия, а так же о процессах перехода между этими состояниями. Первый закон термодинамики – *закон сохранения энергии в замкнутой системе*, когда в ней имеют место механические и тепловые процессы. Второй закон – *закон возрастания энтропии*. Энтропия замкнутой системы при необратимых процессах возрастает. Таким образом, второе начало термодинамики относится только к изолированным системам, не обменивающимися с окружающей средой ни веществом, ни энергией. Вместе с тем, системы, которые изучают исторические области физики – космология, геофизика, биофизика – открытые системы, далекие от равновесия. Поведение таких систем своеобразно. Оно было изучено бельгийским физиком И.Р. Пригожиным. Он назвал эти системы диссипативными, а физику, занимающуюся этими системами – теорией диссипативных структур. Особенность диссипативной системы состоит в том, что малые флуктуации возрастают в ней до макроскопического уровня. На этом пути возникают неустойчивости, приводящие к бифуркациям, т. е. к резким качественным изменениям состояния системы. Эти изменения имеют характер фазовых переходов. В диссипативной системе реализуется самоорганизация, самоупорядочение в пространстве и времени. Соответствующие явления наблюдаются на всевозможных уровнях строения, начиная со Вселенной в целом и кончая частицей вируса. Чем сложнее система, тем более многочисленны типы флуктуаций, угрожающих ее устойчивости.

Условия формирования новых структур:

- открытость системы;
- нахождение системы вдали от равновесия;
- наличие флуктуаций.

Изучение неравновесных состояний позволяет прийти к общим выводам относительно эволюции в неживой природе от хаоса к порядку. Эволюция должна удовлетворять трем требованиям:

- необратимость (нарушение симметрии между прошлым и будущим);
- необходимость введения понятия «событие»;

– некоторые события должны обладать способностью изменять ход эволюции.

Самоорганизующиеся системы обладают возможностью генерации информации. Связано это с неравновесностью системы и обусловлено свойствами среды, в которой размещены элементы этой системы.

Создание И. Пригожиным термодинамики открытых неравновесных систем позволило по-новому подойти к целому классу традиционных для физики вопросов, рассмотреть проблемы необратимости, времени, эволюции. Пригожин предпринял попытку внести в физику идеи эволюции. Он предложил понятие «стрелы времени», используя для этого представление о динамическом хаосе.

Таким образом, выдающейся заслугой термодинамики неравновесных систем является установление того, что самоорганизация присуща не только «живым системам». Способность к самоорганизации является общим свойством всех открытых систем, у которых возможен обмен энергией с окружающей средой. При этом именно неравновесность служит источником упорядоченности. Совместимость второго начала термодинамики со способностью систем к самоорганизации – одно из крупнейших достижений современной неравновесной термодинамики.

Общий теоретико-математический базис для объяснения явлений самоорганизации связан со становлением синергетики. Сам термин «синергетика» (гр. *synergetikos* – «совместный, согласованно действующий») был предложен Хакеном. Хакен рассматривал синергетику как теорию возникновения новых качеств на макроскопическом уровне. Появление новых качеств в таком контексте можно представить как возникновение смысла или самозарождение смысла.

Среди различных подходов к описанию процессов самоорганизации выделяют:

- Российскую школу нелинейной динамики (С.П. Курдюмов);
- Бельгийскую школу диссипативных процессов (И. Пригожин);
- Немецкую школу лазерной физики (Г. Хакен).

Изучение нелинейных уравнений в контексте синергетики привело к открытию особого класса фазовых траекторий – странных аттракторов. Они, по существу, являются математическими образами состояний механических систем, которым соответствует слож-

ное химическое движение, названное динамическим хаосом. После появления синергетики оказалось, что хаотическое движение можно описать. Согласно Пригожину понятие хаоса может разрешить сразу три парадокса: необратимость времени, коллапс волновой функции, появление порядка из хаоса. Порядок и хаос в контексте синергетики не носят абсолютного характера. Одно понятие определяется через другое. Хаос в открытой неравновесной системе приводит к самоорганизации.

**Физика и космология.** Развитие астрофизики во второй половине XX в. значительно расширило знания о физической природе космических тел и систем, а также об эволюционных процессах во Вселенной. Релятивистская квантовая теория стала фундаментом наук о Вселенной. Исследования в этой области теоретически описывают механизмы рождения Вселенной, а также последовательного возникновения и эволюции наблюдаемой структуры Вселенной, выявляют коэволюцию мега- и микрокосмосов. В современной физике космоса наблюдается ускорение внутренних интегративных процессов, например, сближение основ космогонии и астрофизики.

Следует различать два основных понятия Вселенной:

- наблюдаемую Вселенную;
- Вселенную как целое.

Ключевой предпосылкой создания модели эволюционирующей расширяющейся Вселенной послужила ОТО А. Эйнштейна. Ученый вывел фундаментальные уравнения, связывающие распределение материи с геометрическими свойствами пространства, с ходом времени и на их основе в 1917 г. разработал статическую модель Вселенной.

Согласно этой модели, Вселенная обладает следующими свойствами:

- однородностью, т. е. имеет одинаковые свойства во всех точках;
- изотропностью, т. е. имеет одинаковые свойства по всем направлениям.

Однако из теории относительности следует, что искривленное пространство не может быть стационарным: оно должно или расширяться, или сужаться. Таким образом, Вселенная обладает еще одним свойством – нестационарностью. Впервые вывод о нестационарности Вселенной сделал А.А. Фридман, российский физик и математик, в 1922 г. Ученый рассмотрел разные типы миров, воз-

возможность существования которых вытекала из его теории: монотонно расширяющихся и осциллирующих (пульсирующих).

Новый этап разработки проблем космологии начинается после 1948 г. Он обусловлен трансляцией в эту область науки знаний из разных разделов физики, прежде всего физики элементарных частиц. Разработка релятивистской космологии, т. е. реализации фридмановской стратегии, была нацелена на решение нескольких крупных проблем, в том числе совершенно новых. К ним относятся:

- выбор типов фридмановской модели, характеризующий геометрические и динамические свойства Вселенной: открытая, бесконечная или замкнутая, конечная, монотонно расширяющаяся или осциллирующая и др.;

- проблема сингулярности;

- физические процессы на ранних стадиях расширения;

- связь этих процессов с возникновением крупномасштабной структуры Вселенной;

- физические процессы в отдаленном будущем Вселенной: согласно теории они должны носить принципиально различный характер для открытой и закрытой модели.

Релятивистская космология рассматривает модель расширяющейся Вселенной. Наша Вселенная образовалась из сингулярной точки в результате мощного взрыва, во время которого возникли пространство, время и материя. Предполагается, что это событие произошло около 12–15 млрд лет назад. По мере расширения Вселенной образовались галактики, до сих пор удаляющиеся друг от друга со скоростью, приблизительно равной скорости света. В 1929 г. Э. Хаббл обнаружил, что скорость удаления галактик пропорциональна расстоянию до них. Это отношение известно как закон Хаббла. Исходя из этого закона, можно сделать вывод, что Вселенная расширяется. Подтверждение верности данной теории считается открытием космического фонового микроволнового излучения (1965 г.). Оказалось, что последнее в микроволновом диапазоне электромагнитного спектра поступает со всех сторон космического пространства.

В середине XX в. формулируется концепция горячей Вселенной. Согласно данной концепции, на ранних этапах расширения во Вселенной излучение доминировало над веществом. При расширении температура падала, и с некоторого момента пространство стало для излучения практически прозрачным. Излучение, сохранившееся с

начальных моментов эволюции, равномерно заполняет всю Вселенную до сих пор. Вследствие расширения Вселенной температура этого излучения продолжает падать. Открытие реликтового излучения в 1965 г. явилось обоснованием концепции горячей Вселенной. Было выявлено фундаментальное свойство Вселенной – она горячая. Таким образом, в соответствии с моделью, разработанной на основе теории относительности, расширяющаяся Вселенная – однородная, изотропная, нестационарная и горячая.

Следует подчеркнуть, что механизм становления и функционирования Вселенной в настоящее время изучен лишь в общих чертах. Многие проблемы остаются открытыми. Это относится и к вопросу о природе начальной космологической сингулярности и ее поэтапной эволюции.

Так, в рамках инфляционной космологии обсуждается модель хаотического раздувания Вселенной. Это расширение Вселенной привело к образованию классического пространства-времени, которое, согласно теории, начало экспоненциально расширяться. Понятие вечного раздувания описывает эволюционный процесс, продолжающийся как цепная реакция. Если мета-Вселенная содержит, по крайней мере, одну раздувающуюся область, она будет безостановочно порождать новые раздувающиеся области. Возникает ветвящаяся структура мини-Вселенных, похожих на фрактал. В некоторых из этих мини-Вселенных размерность пространства и времени может быть отлична от четырех, а вместо слабых, электромагнитных и сильных взаимодействий, могут существовать взаимодействия совершенно других типов с другими константами связи, т. е. речь идет о процессе бесконечной самоорганизации. Теория раздувающейся Вселенной вносит (пока на гипотетическом уровне) серьезные изменения в научную картину мира:

- порывает отождествление Метагалактики и Вселенной как целого;
- вводит принцип крайней неоднородности Вселенной;
- дает новое понимание проблемы сингулярности, применяя квантовый способ объяснения и описания. Вместо рождения всего мира из сингулярности нескончаемый процесс взаимопревращения фаз, в которых квантовые флуктуации метрики различны.

Согласно гипотезе о «хаотической инфляции» (А.Д. Линде), когда Вселенная была по величине меньше атомного ядра, там действовали те же законы, что в мире элементарных частиц, где не бы-

вает покоя. Следовательно, иногда возникают случайные флуктуации – отклонения от средних величин. Неожиданное расширение космоса связано с тем, что флуктуации неизмеримо выросли и стали зачатками галактик и звезд. Таким образом, большой космос представляет собой отражение немыслимо маленького ядра. Как подтверждение данной модели, рассматриваются обнаруженные тончайшие завихрения. Эти неравномерности интерпретируются как отражение того разделения облаков первичной материи, которая возникла после начала расширения.

Таким образом, современная астрофизика и астрономия интенсивно развиваются: открыты новые космические объекты, установлены ранее неизвестные факты. К числу сравнительно недавно открытых космических объектов относятся квазары, нейтронные звезды, черные дыры, темная материя.

*Квазары* – мощные источники космического радиоизлучения, которые, как предполагают, являются самыми яркими и далекими из известных сейчас небесных объектов.

*Нейтронные звезды* – предполагаемые звезды, состоящие из нейтронов, образующиеся, вероятно, в результате вспышек сверхновых звезд.

*Темная материя* или *недостающая масса*, т. е. местонахождение большей части материи во Вселенной – одна из самых больших научных загадок XXI в. Наличие большого количества темной материи предположили при изучении звезд в «рукавах» спиральных галактик. Считается, что на долю темной материи приходится 90 % всей массы космоса.

Рассматривается гипотеза о том, что первые образования в космосе получили структуру благодаря темной материи. То, что темная материя определяет структуру формы космических объектов, астрофизики выяснили, проведя многочисленные измерения в Млечном Пути.

*Черные дыры* – важнейшие физические и астрономические объекты. Современная теория черных дыр была основана К. Шварцшильдом, который использовал принципы теории относительности для доказательства того, что объект с достаточно сильным гравитационным полем не позволит свету покинуть его пределы. Ученый доказал, что такой объект обладает горизонтом событий, т. е. замкнутой поверхностью, ограничивающей область вокруг черной дыры, откуда ничего не может выйти. Любой объект, пересекаю-

щий область горизонта событий, пропадает навсегда. Радиус горизонта событий называется радиусом Шварцшильда. Астрономы получили косвенные доказательства существования черных дыр. Например, галактика М87 вращается очень быстро и предполагается, что в ее центре находится массивная черная дыра.

Открытие нейтронных звезд-пульсаров, черной дыры рассматриваются как веские доказательства верности современной теории звездной эволюции – образование звезд из диффузного вещества.

Необходимо отметить, что многие из фундаментальных проблем астрофизики остаются пока не решенными, а именно:

- проблемы энергетики космоса;
- происхождение различных поколений космических тел, систем и т.д.

Таким образом, основная тенденция современной астрофизики заключается в том, что для постоянно возрастающего числа эволюционирующих космических объектов, удастся построить их модели и теории, основанные на фундаментальных законах современной физики.

## 2.2. Физическое моделирование и описание природных явлений и фундаментальных взаимодействий

**Особенности физического описания реальности.** *Физика* (от гр. φύσις – «природа») – наука о природе, материальном мире. Данный термин ввел древнегреческий ученый Аристотель. Физика, наряду с геометрией, возникла из необходимости решения практических проблем, которые вставали перед человеком и, прежде всего, необходимостью предвидеть развитие тех либо иных событий. Для этого человек научился строить мысленные и материальные модели, которые имитировали различные реальные процессы и явления. Поначалу в качестве таких моделей выступали религиозные мифы, затем стали моделироваться различные природные явления посредством квазинаучных понятий, зарождалась протонаука.

Современная физика изучает закономерности природы на всех уровнях, начиная от мира атомов и элементарных частиц до свойств Вселенной в целом. Поскольку физика исследует наиболее простые и одновременно наиболее общие закономерности движения материальных объектов, то она является основой естествознания в целом.

Это означает, что понятия физики являются фундаментальными и составляют концептуальную основу всего естествознания. На статус базиса естествознания в настоящее время претендуют другие естественные науки и, прежде всего, биология и химия. И это не случайно, поскольку природа едина, а границы наук условны и относительны. Развитие наук стирает границы между ними и создает междисциплинарные исследования. Тем не менее, физика на протяжении длительного времени занимала лидирующее положение в естествознании.

Принципиальное отличие физики от других и, прежде всего, гуманитарных наук состоит в следующем. *Предмет физики* – природа и ее объекты существуют не зависимо от человека. Знания физики характеризуются свойством объективности, т. е. независимости от человека, его воли и желания\*. Это позволило разделить все знания на науки о природе – естествознание и науки о «духе», самом человеке – гуманитарную культуру. Как известно, культура – это все, что создано человеком. Духовная культура, помимо всего прочего, включает в себя естественно-техническую и художественно-гуманитарную. По образному выражению английского писателя Ч. Сноу эти две культуры настолько разделены в современном мире, что «физики» и «лирики» не понимают друг друга – существует конфликт двух культур.

Основными методами физики являются эксперимент и теоретические построения. Законы физики основываются, прежде всего, на фактах, полученных в результате эксперимента, опытным путем. При этом физические закономерности представляют собой определенные количественные отношения, выраженные строгим математическим языком. Это обстоятельство подчеркивает неразрывное единство экспериментальных и теоретических методов физики в предсказании новых явлений и закономерностей природы.

Физика как наука начинается с работы И. Ньютона «Математические начала натуральной философии», в которой четко отражены два

---

\* Как оказалось впоследствии, принцип объективности имеет ограниченную сферу применения: он работает только в классической физике и не применим в релятивистской и квантовой физике. Именно новации неклассической физики позволили сформулировать неклассический и постнеклассический типы рациональности. (В.С. Степин)

неразрывных свойства физической теории – ее экспериментальная подтверждаемость и математическая формализация количественных отношений. Данные свойства физической теории заложены в идеальных образах объектов реальности, которые она описывает: твердое тело, частица, вакуум, среда, поле, вихрь, волна. Выяснение специфики и особенностей физического описания реальности возможно при помощи выявления процедур построения идеальных объектов, которые, с одной стороны, обладают физическими характеристиками, с другой – включают в себя возможные способы их описания.

Физика еще на этапе зарождения осознала то обстоятельство, что наблюдение и простое обобщение не позволяют проникнуть в сущность вещей. Для этого необходимы некоторые процедуры, связанные с преобразованием реальных объектов в идеальные, которые существуют только в мыслях. При такой трансформации происходит две вещи. Во-первых, исследуемый объект очищается от всего несущественного и становится идеально правильным, абсолютно соответствующим познавательной ситуации. Он сохраняет земное происхождение, т. е. обладает некоторыми физическими характеристиками. Во-вторых, объект становится идеальным и во втором смысле, т. е. существует только в мыслях, а это значит, что идеальный объект начинает принадлежать миру теории, становится теоретическим объектом.

Например, в классической физике, ее основе – классической механике, рассматривается механическое движение тел как изменение пространственного положения с течением времени. Для того, чтобы создать его теоретическую модель, механическое движение тела следует представить в идеальной форме. Как известно из курса физики средней школы, такой «идеализацией» будет движение материальной точки по некоторой идеально-линейной траектории. Реальный физический объект превращается в материальную точку, не имеющую размеров и обладающую, только одним свойством – массой. Решить основную задачу механики означает найти траекторию, по которой движется тело.

Важно подчеркнуть, что подобные идеальные объекты строятся при помощи процедуры абстрагирования, т. е. отбрасывания несущественных сторон, свойств объекта, которыми он в действительности обладает, однако они не влияют на результат и могут не приниматься во внимание. Создание таких идеализаций – творческий

процесс, природа которого до сих пор не понята в достаточной степени. По мере теоретического развития науки число и сложность таких идеализаций возрастают. Идеализируются не только объекты – «абсолютно черное тело», но и процессы – «абсолютно упругий удар», «идеальный цикл Карно», условия – «замкнутая система», «инерциальная система отсчета», а также другие средства и методы познания – «идеальный наблюдатель», «мгновенная передача сигнала». Мысленный эксперимент, переход к предельному случаю и другие методы открывают новые возможности в моделировании и описании физических явлений. Одновременно становились понятными ограничения, вытекающие из принимаемых допущений – идеализаций. Теория всегда описывает идеальные объекты, поэтому ее нельзя применять непосредственно к действительности. Поэтому реальные физические задачи всегда связаны с так называемыми граничными условиями.

Развитие математических методов решения физических задач, а также совершенствование эксперимента привело к созданию не только идеальных объектов, но и моделей, которые воспроизводят отношения между объектами. В качестве примера можно привести планетарную модель атома Резерфорда, которая воспроизводит устройство реального физического атома, состоящего из ядра и вращающихся вокруг него электронов. В принципе, мысленно можно сконструировать любой объект, любую модель и даже совершенно фантастическую. Вся суть состоит в том, чтобы эта идеальная модель в определенной мере – существенной – соответствовала реальной практике взаимодействия с физическими явлениями и процессами. Кроме того, эта идеальная модель не может быть выведена формально-логически из экспериментальных данных и теоретических представлений. В.С. Степин объяснил этот феномен «порождения идеальной модели», при помощи метода конструктивного обоснования гипотезы.

Таким образом, анализ становления теоретических знаний – моделей в физике – как наиболее развитой в математическом и экспериментальном плане теории, помог вскрыть анатомию порождения и теоретизации знания. Становится более-менее понятно, что собой представляют идеальные объекты и как они конструируются исследовательской мыслью физика. Следует иметь в виду, что подобный механизм развития присущ не только физике, естествознанию, но и

любой науке, обладающей теоретическим слоем исследовательской деятельности.

Физика включает в себя ряд разделов в зависимости от различных критериев: форм движения, уровней описания и существования объектов и процессов и др. Так, различают, в зависимости от изучаемых объектов, физику элементарных частиц и полей, ядра атомов и молекул, твердых, жидких и газообразных тел, а также физику плазмы. В природе существуют механическое движение, тепловые процессы, электро-магнитные явления, гравитационные, сильные и слабые взаимодействия. В соответствии с этим различают механику материальных точек и твердых тел, механику сплошных сред, термодинамику, статистическую физику, электродинамику, теорию тяготения, квантовую механику и квантовую теорию поля. Отдельно рассматривается теория колебаний и волн, которая применима к процессам различной природы. Физику подразделяют также по целям исследования на фундаментальную и прикладную, а по методологии исследования и типам объектов – на классическую и неклассическую физику. Современная физика занимает центральное место не только в системе естествознания, но и служит теоретическим фундаментом современной техники и высоких технологий (наряду с химией, биологией, генетикой и другими науками).

**Движение. Современные представления о пространстве-времени.** Развитие физической науки, особенно электродинамики и оптики, привело в начале XX столетия к коренному пересмотру всех предыдущих представлений о пространстве и времени, которые оставались неизменными на протяжении многих столетий. Великим физиком нашего времени А. Эйнштейном (1879–1935 гг.) была создана теория относительности – современная физическая теория пространства и времени. Согласно этой теории в реальном материальном мире нет абсолютного, неизменного пространства, как и времени. Они относительные и не являются самостоятельными сущностями, так как полностью определяются движущейся материей, являются ее всеобщей формой существования. Между тем, согласно классическим законам механики Ньютона, движение не влияет на течение времени, которое остается неизменным и абсолютным. Точно также, линейные размеры не зависят от того, находится данное тело в состоянии покоя или движения. Пространство – абсолютное и неизменное.

Экспериментальные исследования физиков (опыт Майкельсона–Морли и др.) опровергали эти представления об абсолютном пространстве и времени, которое как бы течет раз и навсегда заданным темпом, независимо от движения материи. Затем была осознана относительность понятия одновременности: два любых события, происходящие в одно и то же время в одной системе отсчета, оказываются неодновременными в другой такой системе. Не являются абсолютными промежутки времени и расстояние. Все они зависят, в конечном счете, от скорости движения тела относительно исходной системы отсчета. Так, в системах, движущихся со скоростью, близкой к скорости света, длина уменьшается, а время замедляется: стержень, который находится в состоянии покоя, будет длиннее этого же стержня, который окажется в состоянии движения.

Эти релятивистские эффекты находили разное объяснение. Так, субъективные идеалисты, например, считают, что пространство и время существуют в ощущениях человека и полностью зависят от субъекта, его органов чувств. По их мнению, эти понятия являются своеобразными формами, при помощи которых человек воспринимает мир. Многие философы ссылаются на субъективность восприятия людьми времени. Заслуживают внимания взгляды на пространство и время философа И. Канта. Он считал их категориями, которые даны человеку априорно, до опыта, врожденными. В рассуждениях Канта есть гениальная догадка: самые простые наблюдения над новорожденным показывают отсутствие представлений у него о пространстве и времени, которые формируются позже на собственном опыте, конструктивной деятельности. Вместе с тем представления о пространстве и времени являются базовыми компонентами культуры человека, которые формируются в первую очередь и структурируют индивидуальный опыт в соответствии с так называемыми универсалиями культуры.

Выше уже отмечалось, что в движущихся системах длина тела уменьшается, а время замедляется. Существует известный парадокс «близнецов», в основе которого лежит относительность одновременности. Так, если один из близнецов отправится в космическое путешествие со скоростью, близкой к скорости света, то по возвращении на землю он обнаружит, что оказался моложе своего брата. Дело в том, что течение времени зависит, от системы отсчета и скорости движения корабля.

То же самое нужно сказать и про относительность пространства. Можно строго математически выразить взаимоотношения между временем, пространством и скоростью, показав, что длина (пространственный интервал между двумя пунктами) и промежуток времени будут меняться в зависимости от скорости движения системы отсчета. Релятивистский эффект, согласно которому пространственные размеры тела, которое движется с около световой скоростью, сокращаются, а время протекания процессов замедляется, выражается следующими формулами:

$$\Delta l_v = \Delta l_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2};$$

$$\Delta t_v = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}},$$

где  $l_v$  – длина тела в движущейся системе координат;

$l_0$  – длина тела в неподвижной системе координат.

Философское объяснение теории относительности и так называемых релятивистских эффектов исходит не только из относительности пространства и времени, но и их взаимозависимости и непрерывного единства. Не существует пространства самого по себе, как и времени, есть единое непрерывное «пространство–время». Метафизический материализм, который опирался на физическую картину мира, созданную Галилеем–Ньютоном, считал, что пространство – это только чистая протяженность, расстояние, а время – чистая длительность, которая не зависит от движения и свойств материи. Причем свойства времени и пространства в этой картине мира неизменны для всей Вселенной.

Теория относительности утверждает, что выводы классической механики верны только в определенных границах, если иметь дело с телами, скорости движения которых значительно меньше, чем скорость света. При скоростях же, которые близки к световым, начинают проявляться новые свойства пространства и времени. В частности, не только замедляется время, но под воздействием сил

всемирного тяготения «искривляется» пространство-время. Общая теория относительности Эйнштейна показала связь теории гравитации с метрикой пространства-времени, в которой использовались выводы неклассической геометрии.

Другими словами, ситуация изменилась, когда на смену натурально-механистической картине мира приходит квантово-релятивистская. Н.И. Лобачевский (1792–1856 гг.) и Б. Рассел (1826–1866 гг.), авторы неевклидовой геометрии, положили начало созданию неклассических теорий пространства и времени. Так, Н.И. Лобачевский создавал новую геометрию, строя ее не на плоскости, а на криволинейной поверхности. В частности, на седлообразной поверхности с отрицательной кривизной – гиперболическом параблоиде. Одним из постулатов геометрии Лобачевского является утверждение, что сумма углов треугольника меньше  $180^\circ$ . Второй постулат говорит о том, что через одну точку, лежащую вне прямой, можно провести не одну, а минимум две параллельные прямые. Геометрия Б. Римана имеет диаметрально противоположные постулаты, т. к. строится на криволинейной поверхности с положительной кривизной. Примечательно, что сам Лобачевский понимал, что его геометрия не является натуралистической картиной мира, и называл свою геометрию «воображаемой». На современном языке речь идет о концептуальном пространстве.

Специальная теория относительности (СТО), а затем и общая теория относительности (ОТО) А. Эйнштейна показали, что в реальном материальном мире нет абсолютного неизменного пространства и времени. Они являются относительными и определяются как движущейся материей, так и способами ее фиксации, описания.

Эйнштейн гениально доказал, что реальное физическое пространство математически описывается именно неевклидовой геометрией. Она ввела единое понятие четырехмерного пространства-времени, дополнив классическое трехмерное пространство Ньютона (координаты  $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) четвертым измерением, четвертой координатой – временем. Собственно говоря, и классическая механика имела в виду четвертое измерение (координату времени), но как абсолютная, неизменная величина это измерение не включалось в систему зависимости «пространство-время». От четырехмерного «пространства-времени» нужно отличать понятие  $n$ -мерного пространства в математике.

Если раньше пространство и время рассматривались в виде основных форм существования материи, то в современной физике ситуация изменилась. Философское осмысление категорий пространства и времени связано в настоящее время с «антропологическим поворотом», т. е. преобразованиями в философской картине мира, включающими в себя человека, процесс освоения человеком мира в пространственно-временном измерении.

Первоначальные философские представления человека о пространстве и времени обозначены как натуралистические. Речь идет о натуралистической картине мира, а также о пространственно-временных его характеристиках. С развитием физики, появляется релятивистская концепция пространства и времени – неклассическая. Одновременно идет процесс концептуальной перестройки в понимании пространства и времени как категорий мировоззрения и регулятивов практической деятельности. Основной смысл изменений во взглядах на пространство и время связан с переходом от пространства и времени как самостоятельных сущностей, характеризующих мир, существующий сам по себе, ко взгляду на пространство и время как специфически человеческие формы существования природной и социально-культурной реальности.

Можно выделить три этапа в эволюции понятий пространства и времени – натуралистический (классический), неклассический (релятивистский) и субъективно-гуманистический. Причем, следует заметить, что в развитии пространственно-временных представлений не происходит полного отрицания и замены одних представлений другими, как в филогенезе, так и в онтогенезе.

Следует различать реальное, концептуальное и перцептуальное пространство и время. Реальное пространство и время – это те объективные пространственно-временные отношения, которые описывают наука и философия как объекты. Концептуальное пространство и время – это отраженное в сознании человека и выраженное в понятийной либо иной форме логической упорядоченности и систематизации. Перцептуальное – это пространство и время восприятия человеком мира.

С позиций натуралистической, субстанциальной картины мира пространство – это объективно реальная форма существования движущейся материи, которая выражает сосуществование и отделенность вещей друг от друга, их протяженность, порядок их рас-

положения относительно друг друга. Понятие «время» выражает такое всеобщее свойство материальных объектов и процессов, как длительность существования, порядок следования. Пространство и время имеют всеобщие свойства: объективность, безграничность, бесконечность, единство прерывного и непрерывного, абсолютного и относительного. Несмотря на наличие общих свойств, пространство и время различны: так, пространство трехмерно, время одномерно «течет» от прошлого к будущему через настоящее. Пространство обладает свойством симметрии, время же не обладает им, оно необратимо. Как видно, данные философские представления о пространстве и времени характеризуются тем, что, во-первых, получены как обобщение макроскопического опыта и связаны в основном с физической, механической картиной мира. Во-вторых, не содержат в себе описания человека, напротив, всячески его элиминируют, представляя дело так, как будто философские представления о пространстве и времени абсолютно не зависят от познавательной духовно-практической деятельности человека.

Таким образом, в релятивистской картине мира пространство и время становятся категориями, отражающими не просто объекты сами по себе, но с учетом конструктивной деятельности познающего субъекта. В наибольшей мере, пространство и время становятся не только характеристиками бытия материи, но и регулятивами деятельности человека в субъектно-гуманистической картине мира. В этой картине мира происходит не элиминирование человека как субъекта, а, напротив, его включение как главного действующего лица. Пространство и время становятся не просто понятиями науки, а категориями культуры, характеризующими определенную упорядоченность освоения человеком мира. Пространство и время как категории культуры охватывают обыденное, художественное, инженерное, религиозное и другие способы освоения человеком мира. Так, например, речь может идти о социальном, личностном пространстве и времени, пространстве и времени, зафиксированном в различных архитектурных стилях – техногенном и гармонизирующим и др.

**Теплота. Порядок-хаос.** Термин «*синергетика*» ввел в научный обиход профессор Штутгартского университета Георг Хакен в 1973 г. в своем докладе «Корпоративные явления в сильно неравновесных и не физических явлениях». В хронологическом смысле синергетика имеет точную дату рождения в отличие от других наук.

Более того, синергетика представляет собой не только новую науку, но и новое мировоззрение, и новую парадигму мышления. По своему значению она может приравняться к возникновению таких наук как кибернетика или генетика. На самом деле, с возникновением кибернетики появилась новая кибернетическая картина мира, аналогично обстоит дело и с синергетикой.

Одновременно и независимо от Хакена идеи синергетики были разработаны лауреатом Нобелевской премии Ильей Пригожиным, возглавлявшим Брюссельскую школу. Эта школа работала над проблемами самоорганизации в неустойчивых системах, с использованием термодинамического подхода. Согласно Хакену синергетика представляет собой новую парадигму исследования открытых самоорганизующихся систем, подверженных кооперативному эффекту, который сопровождается образованием пространственных, временных или функциональных структур. Объектами исследования синергетики стали такие явления как:

- фазовые переходы (переход из газообразного состояния в жидкое, твердое, или наоборот);
- гидродинамические неустойчивости (завихрения, турбулентность);
- автокаталитические реакции (при которых в системе отсутствует теплоперенос);
- динамика популяции;
- образование макромолекул;
- динамика моды;
- распространение слухов.

Говоря кратко, инновационность синергетической парадигмы состояла в способности решать проблемы, связанные с исследованием процессов самоорганизации систем различной природы. Синергетика как новая парадигма, или способ решения вышеотмеченных проблем, возникла в ответ на кризис исчерпавшего себя стереотипного, линейного мышления, объяснявшего, как правило, устойчивые системы.

Опишем основные презумпции классической науки, которые задавали концептуальную и инструментальную модели классической парадигмы. Концептуальная модель исследуемого физического мира включает в себя определенное механистически-детерминистское представление о причинно-следственных связях, примате порядка над хаосом, необходимости над случайностью, устойчивости над

неравновесностью, макрокосма над микро- и мегакосмом. Эта модель рассматривает также возможность неограниченной экстраполяции макроскопических процессов и их пространственно-временных характеристик. В том числе обратимость во времени и принципиальную предсказуемость. Прошлое рассматривается с физической точки зрения как то, что ушло безвозвратно.

Дополнительно к этой концептуальной модели выстраивается инструментальная модель, которая содержит соответствующие принципы исследования. Как известно, классическая физика основана на жестких причинно-следственных связях, причинные цепи несут линейный характер. С физической точки зрения следствие пропорционально причине, т. е., чем больше вложено энергии, тем больше результат.

Инструментальная модель классической физики рассматривает представление о хаосе как исключительно деструктивном начале мира. Она считает случайность второстепенным фактором, от которого следует избавляться. Макроскопические закономерности мира считаются независимыми от микрофлуктуаций нижележащих уровней бытия, а также вышележащих структурных уровней. Аналогично обстоит дело с неравновесностью и неустойчивостью, рассматриваемых как досадные неприятности, которые должны быть преодолены, т. к. играют негативную роль в познавательной деятельности. Принципы, описывающие процессы, происходящие в макромире, основываются на обратимости во времени, предсказуемости на неограниченно большие промежутки времени как вперед, так и обратно. Принципы развития описываются линейностью, поступательностью, безальтернативностью.

И. Пригожин и его школа разработали методологию теории изменений и соответствующий понятийный аппарат исследования процессов движения систем, в особенности фазы «скачка». Г. Хакен считает, что синергетика «шире» концепции И. Пригожина, поскольку она исследует явления, происходящие в точке неустойчивости, а также структуру, которая возникает за порогом неустойчивости. Однако с другой стороны, в определенном смысле более широким следует признать подход И. Пригожина, поскольку в его рамках рассматриваются как неравновесные, необратимые процессы, протекающие в открытых системах, так и обратимые, имеющие место в закрытых системах. В целом синергетика и теория измене-

ний уже с трудом отделимы друг от друга, поскольку, будучи очень близки объектами и методами исследования, они впитали понятийный аппарат друг друга. Это особенно характерно для синергетики, поэтому концепцию Брюссельской школы можно рассматривать как синергетическую. Синергетика и теория изменений составили фундамент концепций самоорганизации, на котором уже построены многие физические, химические, биологические теории.

Методология Хакена и Пригожина была распространена на области самоорганизации различных систем. *Самоорганизация* – процесс самоструктурирования, саморегуляции систем природы. Остановимся на этом подробнее. Мир можно описывать при помощи категорий порядок и хаос. *Порядок* – это выражение структурно-энергетического состояния системы с минимальной энтропией. *Хаос* – это выражение структурно-энергетического состояния системы с максимальной энтропией. Существует следующая закономерность: чем выше порядок, тем меньше энтропия и наоборот. При этом переход одних видов энергии в другие сопровождается выделением тепла, которое рассеивается во Вселенной. Это находит выражение в росте энтропии. Флуктуации в какой-либо небольшой системе за счет влияния среды увеличивают порядок. В большой системе энтропия возрастает, что ведет к хаосу. В XIX в. возникла теория «тепловой смерти» Вселенной, согласно которой температура во всех точках сравняется. Однако есть силы, не дающие осуществиться такому сценарию. И одной из таких сил являются процессы самоорганизации, сопровождающиеся повышением порядка организации.

Самое элементарное определение системы утверждает, что последняя представляет собой совокупность элементов, а также взаимосвязь между ними. Системный подход состоит в рассмотрении любого объекта как системы – совокупности взаимосвязанных элементов, образующих единое целое и предназначенных для выполнения определенной функции. Системный подход можно рассматривать по отношению к естественным системам и искусственным. Синергетика рассматривает процесс становления организации, а более точно самоорганизации системы, как естественный процесс. Не случайно синергетику понимают в сугубо онтологическом смысле как совместное, резонансное действие.

Между тем, *искусственная система* – это целое, в котором существует хотя бы один элемент, привнесенный человеком. Синергетику

можно рассматривать также как науку об искусственных системах, поскольку она по определению носит искусственный, модельный характер. Другими словами, синергетика представляет собой искусственно-естественную систему. Искусственная или конструктивная система имеет четыре фундаментальных признака: функциональность, целостность, организацию, системное качество. В конструктивной системе цель задается человеком, и она предназначена для выполнения полезной функции. Появление цели – результат осознания потребности. Возникновение потребности, осознание цели и формулирование функции – процессы, происходящие внутри человека. Можно выделить также внешний план деятельности – методы и средства, которые помогают реализовать, овеществляют предвосхищенную цель. Сложнее обстоит дело с целесообразностью в живой природе, механизмы которой моделирует синергетика как теория самоорганизации через адаптацию и стремление к выживанию.

Построение структуры в конструктивной системе представляет собой частный и предельно упрощенный случай самоорганизации. Рассмотрим процесс построения структуры в конструктивной системе более подробно. *Структура* – это способ взаимного соединения элементов системы. Формирование, составление структуры – это проектирование системы, задание ее функционирования. Структура является инвариантом, неизменным во времени при функционировании системы. *Элемент* – минимальная единица системы, сохраняющая способность выполнять элементарную функцию. Получение будущего системного свойства является основой конструирования системы, которая основывается на формировании структуры. Сложные системы имеют иерархическую структуру, а элемент имеет бинарную природу – обладает одновременно индивидуальными и системными качествами.

Основная миссия системной методологии и состоит в создании конструктивных систем, раскрытии закономерностей их функционирования и развития. Организация возникает одновременно со структурой и является алгоритмом совместного функционирования элементов системы. Главное условие возникновения организации: связи между элементами должны быть сильнее связей с несистемными элементами. *Управление* – это одно из важнейших свойств организации, состоящее в возможности менять свойства системы в соответствии с замыслом (управляющим воздействием). Данная конструктивная системная методология наиболее адекватна к про-

цессу конструирования системы, рассматриваемому как синергетика взаимодействия управляющей структуры, находящейся внутри саморазвивающейся системы.

С другой стороны, самоорганизацию можно рассматривать как процесс, приводящий к образованию структур, пространственных и пространственно-временных. Например, Вселенная когда-то была хаосом из газа, пыли, бесструктурных молекул и атомов. Под влиянием полей, течений флуктуаций, возникают турбулентные завихрения, которые могут создавать структурированные формы вещества во Вселенной. В природе существует не только образование новых структур, но и обратный процесс, т. е. понижение упорядоченности, переход от порядка к хаосу, вырождение материи.

Специфика синергетической парадигмы отнюдь не исчерпывается рассмотрением ее как теории самоорганизации. Более точно самоорганизацию следует рассматривать не только как объективно-онтологический процесс, но и как процесс, который включает в себя человека, который пытается понять и смоделировать его. Здесь появилось понимание синергетики как олицетворения постнеклассической науки в ее постмодернистской версии. Другими словами, синергетика – это не просто наука, а исследовательская деятельность, носящая постнеклассический междисциплинарный характер.

**Кванты. Молекулы, атомы, ядра, поля – частицы.** Если теория относительности имеет дело с явлениями мира в целом, то квантовую механику, которая возникла в 20–30-х гг. XX столетия, можно назвать теорией микроявлений. Она определяет способы описания и законы движения микрочастиц: атомов, ядер, элементарных частиц и т. д.

Отличительная особенность квантовой механики – корпускулярно-волновой дуализм микрочастиц. Уже из курса физики средней школы известно, что оба свойства света существовали параллельно и, казалось, противоречили друг другу: свет ведет себя и как поток частиц, и как волна. В дальнейшем выяснилось, что двойственная природа характерна не только свету, но и любому виду материи и, прежде всего, микроявлениям. В 1900 г. М. Планк установил, что излучение света происходит не непрерывно, а минимальными порциями – квантами. Кроме того, выяснилось, что свет не просто излучается порциями, а состоит из отдельных частиц квантов – фотонов. Современная физика исходит из того, что любая микрочастица обладает не

только свойствами корпускулы, но и волны, а любому волновому процессу свойственна дискретность. С самого начала квантовая механика существовала в двух отдельных формах: в виде матричной механики, которая основывалась на матричном исчислении и представлении о микрочастицах как корпускулах вещества (Гейзенберг, Бор), а затем в форме волновой механики (Шредингер).

Открытие новых, квантовых свойств материи свидетельствовало о том, что физическая картина мира значительно сложнее, чем это представляла классическая механика. Ее некоторые положения и законы были уже неприемлемыми для микроявлений. Так, планетарная модель атома и законы электродинамики не могли объяснить устойчивость атома при потере электронами энергии на излучение. Введение в физику квантовых представлений требовало радикальной перестройки механики и электродинамики. Также нельзя забывать, что микроявления непосредственно не наблюдаемы, а описание их поведения требует применения приборов и специфических измерительных процедур. Эти и другие особенности микроявлений оказали существенное влияние на характер квантово-механических моделей физической реальности.

Уже с момента возникновения квантовой механики ведется острая дискуссия, посвященная философским основаниям принципиально новой теории. В этой дискуссии, которая не останавливается и в наше время, ярко проявляется разное понимание проблемы объективности описания физической реальности. Основываясь на том, что у человека нет возможности в полной мере представить процессы в микромире, и он вынужден микромир отображать в макроскопических проекциях, физики стали модернизировать принцип объективности и классическую рациональность.

Известно, что теория относительности вносит радикальные изменения в наши представления о физической реальности и процессе ее моделирования в смысле обязательной ссылки на систему отсчета. Квантовая механика пошла еще дальше и внесла принципиально новые идеи не только в систему физических представлений о физической реальности, но и в разработку нового конструктивного подхода к моделированию физической реальности в современной культуре. Многие из ее принципов и понятий имеют большое методологическое значение, которое выходит далеко за пределы физической теории и приводит к новому неклассическому пониманию рациональности.

Квантовая физика со всей очевидностью вскрыла недостаток дескриптивного описания физической реальности, которое заключается в игнорировании среднего звена в системе «объект–познавательная деятельность–субъект». Она показала, что при исследовании микрообъекта нельзя не принимать во внимание сам характер познавательной деятельности. Так, корпускулярные свойства микрочастиц проявляются только при таком характере эксперимента, если есть возможность для этого проявления. Аналогично обстоит дело с волновыми свойствами микроявлений, которые проявляются, например, на дифракционной решетке.

Как видно, познавательная деятельность человека имеет не только идеальный, но и материальный характер. Она идеальная, поскольку воплощает, реализует определенную цель, определенные планы; она материальная, т. к. носит предметный характер. Более того, сам экспериментальный процесс есть не что иное, как взаимодействие материальных объектов.

Таким образом, неклассическая физика утверждала, что описание физических объектов в различных познавательных моделях зависит не только от самого реального мира, но и от конструирующего субъекта. Большую роль в становлении неклассической науки сыграла квантовая механика: соотношение неопределенности Гейзенберга, принцип дополнительности Нильса Бора, принцип соответствия и др.

Современный этап развития науки и технологий связан с трансляцией методов и парадигм из одной сферы социально-культурного опыта в другую. Так, например, принципы физики – дополнительности, наблюдаемости, соответствия – были транслированы в другие сферы культуры, претерпев при этом незначительные трансформации. Принцип дополнительности, впервые сформулированный Н. Бором для интерпретации закономерностей описания квантово-механической реальности в виде дополнительности описаний, языков и др. был широко использован в психологии, социологии и других гуманитарных сферах. Принцип наблюдаемости после аналогичной трансляции получил наименование визуализации. Аналогичные метаморфозы произошли с принципом соответствия, который распространен на реинтерпретацию теорий и принципов взаимоотношения между ними на новых онтологиях – в условиях не физической реальности. Методологические принципы современной

физики позволили сформулировать новый тип рациональности, который сформировался в неклассической науке.

В неклассической науке появился новый тип рациональности, в котором субъект не отделен от предметного мира, а находится внутри него. С развитием современной науки и, в частности, общей теории систем, теории кибернетики, синергетики появился третий этап в развитии рациональности. Именно на этом этапе сформированы основные принципы неклассической методологии.

Центральным вопросом неклассической методологии является вопрос о конструировании онтологии. *Онтология* – это раздел философского знания, который отражает законы мира, существующего объективно, т. е. сам объективный мир. *Гносеология* – это теория, которая отражает процесс познания мира. Познавательная деятельность, направленная на микромир, а также деятельность в гуманитарной и социальной сферах, не только отражает реальный мир, но и конструирует его.

**Физическая Вселенная: современная космология.** Проблема становления неклассической рациональности не могла быть решена без опоры на онтологические модели пространства и времени. При этом выявляется эквивалентность разных форматов описания. Взаимодействия сил заменяются геометрией пространства-времени, являющейся функцией гравитирующих масс. Речь идет о том, что современная космология основана на физических моделях Вселенной. Эти модели базируются на фундаментальном принципе ОТО – гравитационные массы связываются с искривлением пространства-времени. Тела движутся по инерции, но динамика их движения определяется кривизной пространства-времени в области движения. Этот же феномен эквивалентности разных форматов описания проявляется и в релятивистской космологии (А. Эйнштейн, А.А. Фридман).

Модели пространства и времени репрезентируют эволюцию в стационарных и нестационарных моделях Вселенной. Появляется замкнутая и открытая модель нестационарной Вселенной. А.А. Фридман выдвинул догадку, что замкнутое трехмерное пространство Вселенной не может быть стационарным, а должно расширяться. Появляется модель замкнутой гиперсферы.

И наконец, строится целый ряд форматов представления астрофизической реальности. Хаббловская модель расширяющейся Вселенной основывается на измерении скоростей удаления галактик,

изучении их спектров, а также определении расстояний до них. У человечества появляется надежда на то, что все явления природы могут быть исчерпывающе объяснены физическими законами, выраженными в математической форме.

Гносеологический оптимизм дополняется универсализмом: физические законы универсальны и не зависят от времени и места. Однако антропный принцип разрушает объективистскую стратегию построения моделей Вселенной. Физики все больше убеждаются в наличии взаимосвязи между параметрами Вселенной и существованием в ней разума. Об этом говорит также размерность физического пространства и совпадение больших чисел. Отсюда следует, что значения фундаментальных констант определяют условия, необходимые для существования во Вселенной жизни. В сильной формулировке: «Сознание – фундаментальный аспект реальности».

Таким образом, становление различных типов моделей Вселенной как онтогносеологических оснований типов рациональности сопровождалось:

- отказом от познания как отражения реальности, модель не есть отраженная в понятиях онтология;
- модель во многом конструируется субъектом;
- отказом от идеала единственно истинной модели и допущение истинности нескольких конкурирующих моделей;
- установлением зависимости между моделями и методологией освоения объекта;
- допущением типов описания и объяснения объектов, которые учитывают средства и операции познавательной деятельности;
- отказом от описания и объяснения свойств объекта, существующего «сам по себе»;
- введением в идеалы и нормы доказательности и обоснования принципа наблюдаемости как операциональной основы понятий;
- введением в идеалы и нормы обоснования знания принципа соответствия как формы связи между новой и предшествующей ей теорией.

Эволюция представлений об устройстве Вселенной может быть описана в разных форматах и на разных языках. Имеются в виду различные концептуальные образы. Тем не менее, выделяют параметры, по которым можно сравнивать различные модели Вселенной. Речь идет о пространственно-временной структуре бытия и ее модифика-

циях относительно различных онтологических моделей социокультурной реальности. Последняя репрезентирует не только онтологические модели, но и способы ее конструирования-репрезентации, а значит, включает в себя, по меньшей мере, два отношения: исследователь–реальность и исследователь–исследователь. Более того, как показывает анализ решения проблемы астрофизической реальности, исследователи вынуждены включать в образ реальности сознание как ее фундаментальный атрибут. Антропный принцип в его сильной и слабой формулировках свидетельствует об этом.

Конструктивная методология позволяет рассматривать проблему построения онтологии не только на прикладном уровне, который основывается на научно-эмпирическом построении пространственно-временных моделей Вселенной, но и истолковании социокультурной реальности на философско-теоретическом уровне. Например, в виде экспликации инструментов – философско-методологических и физических принципов, которыми пользовались исследователи, а также презумпций и допущений, которые Э.М. Чудинов называет СЛЕНТ (строительные леса научной теории). Именно они превращают существование объективной реальности в «гибрид здания и строительных лесов».

Именно это обстоятельство сталкивает исследователя с рядом проблем, которые порождаются отнюдь не онтологией, а способами ее построения и в дальнейшем отпадут сами собой как не корректные. Судьба данной проблемы представления устройства Вселенной, ее пространственно-временной структуры зависит во многом от стратегии научного поиска, философско-научных средств ее решения и ответа на вопросы: как возможны наука, познание, каковы презумпции интеллектуального освоения мира. Научное познание можно представить как познавательную деятельность в виде поиска объективной истины и создания адекватных моделей мира. Второй способ освоения мира – процесс приписывания ему и наименования определенных свойств миру. Если первый подход – объективистский – снимает с человека ответственность за принимаемые решения и представляет познавательную деятельность как асимптотическое приближение к объекту реальности, то второй – может быть интерпретирован как радикальный конструктивизм, который допускает существование реальности самой по себе, однако ее свойства он представляет в различных форматах. В такой постановке

вопроса модели мира являются не просто формами существования, но и способами его репрезентации, видения.

Следует сказать, что даже кантовская и неклассическая эпистемология в целом, представляет собой умеренный конструктивизм. Пространство и время описывают объекты, существующие сами по себе в макроскопическом мире. Тем не менее, пространство и время не существуют независимо от материального мира и способов его репрезентации в науке и культуре.

Рассмотрим проблему физического моделирования, наиболее успешно исследуемую современными космологическими теориями. Основные этапы развития представлений о Вселенной можно рассмотреть как генезис представлений о пространстве и времени. Для этого проведем сравнительный анализ объективистской и конструктивистской познавательных стратегий. Результаты можно представить в виде таблицы или своеобразной матрицы.

Таким образом, кризис фундаментальной онтологии свидетельствует о кризисе классического решения познавательной деятельности в виде поиска объективной истины и описания мира таковым, каков он есть на самом деле. Пространство и время, как базовые категории физического мира и универсалии культуры, носят не просто конструктивный характер, а представляют собой также формат различных программ исследования. Речь идет о совокупности философско-методологических и физических принципов и их корреляции с пространственно-временными моделями Вселенной. По существу, имеем дело с различными форматами представлений о физическом мире, задаваемого отношением исследователь–реальность, которое опосредовано коммуникативным отношением.

Физика стремится создать базовый образ Вселенной. При этом следует исходить из презумпции единства всех этих представлений в культуре в целом. Различный формат этих представлений позволяет построить различные физические модели Вселенной.

## ТЕМА 3. ХИМИЯ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

### 3.1. Химия в структуре естествознания

Химия известна своей глубокой связью с промышленностью и технологией. Она занимается явлениями природы, сопровождающими химические изменения вещества, изучает причины и законы управления химическими процессами, а также рассматривает составные части вещества и их применение на практике.

Основой химической науки является атомно-молекулярное учение (АМУ), закон сохранения материи, периодический закон и теория строения вещества, учение о химическом процессе (кинетика). Химические процессы подчиняются всеобщим законам природы – закону сохранения массы вещества и закону сохранения энергии.

В химии выделяют три основных направления: химия неорганическая, химия аналитическая и химия органическая. Химия развивалась и развивается традиционно в двух направлениях: как *фундаментальная наука* и как *наука прикладная*. В XVI–XIX вв. второе направление развивалось более интенсивно, обслуживая промышленную революцию, а теоретическое направление вынуждено было «догонять» в попытке объяснить и систематизировать быстро растущий объем химических знаний. Однако на рубеже XIX–XX вв. и, особенно, в начале XX в. великие открытия в физике микромира, привели к смене парадигмы естествознания, предопределяя развитие теоретической неорганической и органической химии в свете квантовых представлений. Таким образом, был усовершенствован механизм объяснения химического строения и структуры вещества, и в дальнейшем оба направления химической науки развиваются в тесном взаимодействии, решая основную проблему современной химии – получение вещества с заданными свойствами. Важным этапом решения этой задачи становится решение проблемы управления свойствами вещества.

Основу современной химической теории составляют четыре относительно замкнутые системные понятия. Эти системы были названы концептуальными системами химии.

1. *Учение о химических элементах и составе вещества*. Сюда относятся периодическая система элементов Д.И. Менделеева и

связанные с ней обобщения, концепции соединений постоянного и переменного состава, теория валентности. Учение о составе вещества связано с исследованием различных свойств веществ в зависимости от их химического состава, понятием химического элемента и химического соединения.

2. *Структурная химия* как теория объясняет, почему атомы связываются в молекулу, располагаясь в пространстве определенным образом (направленность химической связи), и лежит в основе при изучении строения органических и неорганических соединений, координационной теории, кристаллохимии и т. д. Структурная химия – положение о том, что свойства веществ обуславливаются не только составом, но и структурой молекул.

3. *Учение о химическом процессе* связано с исследованием механизмов и условий протекания химических процессов, с понятием о катализе.

4. *Химия самоорганизации* изучает процессы самоорганизации химических систем с позиций представлений о всеобщем эволюционном процессе во Вселенной и отборе химических элементов.

Концептуальные системы последовательно формировались в ходе исторического развития химии. Происходит не смена, а строго закономерное последовательное появление концептуальных систем. При этом каждая вновь появляющаяся система не отрицает предыдущую, а наоборот, опирается на нее и включает ее в себя в преобразованном виде. Так, например, учение о химических процессах предполагает наличие знаний о составе исходного сырья, о строении молекул исходных реагентов и об их реакционной способности, так как эти знания позволяют химику подобрать исходное сырье для получения целевого продукта. Но этих знаний недостаточно для того, чтобы осуществить химический процесс с максимальным экономическим эффектом и соблюдением экологических требований охраны окружающей среды. Для этого дополнительные знания дают учения о химических процессах: термодинамика, химическая кинетика, химическая технология.

В наши дни наблюдается новый уровень развития химии, который направлен на создание наиболее экономичного и экологически чистого безотходного химического производства, использование в промышленных масштабах закономерностей химических превращений живой природы.

### 3.2. Химический элемент

В настоящее время химическим элементом называют вещество, все атомы которого обладают одинаковым зарядом ядра, хотя и различаются по своей массе, вследствие чего атомный вес элементов не выражается целыми числами. *Химический элемент* – это определенный вид атомов, характеризующийся одинаковым зарядом ядра.

Большое влияние на развитие химии оказала Периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Он считал, что основой классификации химических элементов являются их атомный вес. Периодический закон в его интерпретации был сформулирован следующим образом: «Свойства простых тел, а также формы и свойства соединений элементов находятся в периодической зависимости от величины атомного веса элементов». Менделеев не только классифицировал в своей системе известные к тому времени элементы, но и предсказал открытие новых элементов, для которых он зарезервировал определенные места в своей Периодической таблице, причем не только предсказал открытие, но и описал физические и химические свойства этих элементов. Все предсказанные Менделеевым элементы были впоследствии открыты разными учеными разных стран в XIX–XX вв. Сейчас таблица наращивается, продолжая заполняться новыми трансактинидными элементами, которые образуются в результате слияния ядер на циклотронах.

Каждый элемент имеет свое название и краткое стандартное обозначение из одной или двух букв латинского алфавита (например, С – от лат. carbon – для углерода, Н – от лат. hydrogen – для водорода, Fe – от лат. ferrum – для железа). Из этих знаков складывается своеобразный язык химии – химические формулы, которые зашифровывают строение вещества. Химические реакции также пишутся с использованием химических формул. Специальные международные конгрессы ИЮПАК (*International Union of Pure and Applied Chemistry*) неоднократно собирались в течение всего XX в. для того, чтобы привести к единому международному стандарту химические формулы и термины. В настоящее время известно 112 элементов (последний признанный 112 элемент назван в честь Коперника).

На базе современных фундаментальных физических представлений Периодический закон был сформулирован несколько иначе: «Свойства простых веществ, а также формы и свойства соединений

элементов находятся в периодической зависимости от величины заряда ядра атома».

Пользуясь понятием о химических элементах, можно сказать, что важнейшая задача химии состоит в изучении свойств элементов, отыскании общих закономерностей в их поведении и отношениях между ними.

Многообразие объектов, изучаемых в рамках химии, вовсе не исчерпывается только элементами и изотопами. Химические элементы объединяются в более сложные системы, называемые химическими соединениями. На уровне микромира это описывается как образование из атомов более сложных частиц – молекул.

*Молекулой* называют наименьшую частицу вещества, которая определяет его свойства и может существовать самостоятельно. Однако к молекулам теперь относят также разнообразные квантово-механические системы (ионные, атомные монокристаллы, полимеры и другие макромолекулы). Последнее особенно важно для ясного понимания структуры с точки зрения системного подхода, где под *структурой* подразумевают упорядоченную связь и взаимодействие между элементами системы, благодаря которой и возникают новые целостные ее свойства. В такой химической системе, как молекула, именно специфический характер взаимодействия составляющих ее атомов определяет свойства молекулы.

*Молекула* – это электронейтральная наименьшая совокупность атомов, образующих определенную структуру посредством так называемых химических связей.

Химическая связь представляет собой одно из фундаментальных физических взаимодействий – электромагнитное. Возможность вступить в химическую связь атомы получают за счет потери своей электронейтральности в результате отрыва одного или нескольких электронов (положительный заряд) или присоединения одного или нескольких электронов (отрицательный заряд). Далее противоположно заряженные частицы – ионы – притягиваются друг к другу, нейтрализуя свои заряды и образуя в итоге молекулу химического соединения, обладающую свойством электронейтральности.

Химия изучает процессы превращения молекул при взаимодействиях и при воздействии на них внешних факторов (теплоты, света, электрического тока, магнитного поля), во время которых образуются новые химические связи. Наиболее распространены четыре вида

химических связей: ионная, ковалентная, металлическая и водородная. Химическая связь, осуществляемая за счет образования общих для взаимодействующих атомов электронных пар, называется *ковалентной связью*. Химическая связь, в основе которой лежит электростатическое взаимодействие ионов, называется *ионной*. Химическая связь, обусловленная взаимодействием полярных частей молекул, одной из которых содержит водород, называется *водородной*.

Химические связи можно рассматривать с точки зрения превращения энергии: если при создании молекулы ее энергия меньше, чем сумма энергий составляющих ее изолированных атомов, то она может существовать, т. е. ее связь устойчива.

С развитием количественных методов исследования в химии были накоплены экспериментальные факты, обобщение которых привело к открытию так называемых стехиометрических законов:

- закона постоянства состава;
- закона эквивалентов;
- закона кратных отношений.

Именно эти законы способствовали окончательному утверждению в химии атомно-молекулярного учения.

Основные положения атомно-молекулярного учения заключаются в следующем:

- вещества состоят из молекул; молекулы различных веществ отличаются между собой химическим составом, размерами, физическими и химическими свойствами;
- молекулы находятся в непрерывном движении; между ними существует взаимное притяжение и отталкивание;
- скорость движения молекул зависит от агрегатного состояния веществ;
- при физических явлениях состав молекул остается неизменным, при химических – происходят качественные и количественные изменения и из одних молекул образуются другие;
- молекулы состоят из атомов;
- атомы характеризуются определенными размерами и массой;
- свойства атомов одного и того же элемента одинаковы и отличаются от свойств атомов других элементов.

С точки зрения современной физики, в принципе, нет четкой границы между соединениями постоянного и переменного состава. Соединение может быть образовано и из атомов одного химическо-

го элемента – простое вещество. Сложное вещество образовано из атомов различной природы, т. е. в состав молекулы сложных веществ входят различные элементы. Вода образована атомами водорода и кислорода, а вещество кислород – только из молекул одного элемента – кислорода. Но один элемент кислород образует два аллотропных видоизменения простых веществ: кислород и озон, которые отличаются строением, структурой, физическими и химическими свойствами.

### 3.3. Структура вещества и его свойства

Сегодня под структурой молекул понимают и пространственную, и энергетическую упорядоченность квантово-механической системы, состоящей из атомных ядер и электронов и обладающей единой молекулярной орбиталью.

*Структура* – это устойчивая упорядоченность качественно неизменной системы, какой является молекула.

Воззрения Кекуле и Бутлерова превратили химию из науки аналитической, занимающейся изучением состава готовых веществ, в науку преимущественно синтетическую, способную создавать новые вещества и новые материалы. Пространственная структура расположения атомов в молекуле, особенно в органической химии, определяет свойства веществ и особенности химических реакций.

В определении строения молекулы как единой целостной системы все больше стали применять различные физико-химические методы, основанные на законах квантовой механики. К ним относятся: рефрактометрия, спектроскопия, спектральный ядерный магнитный резонанс (ЯМР), электронный парамагнитный резонанс (ЭПР). В настоящее время разработаны методы исследования структуры и свойств химических волокон и пленок акустическим методом.

Таким образом, эволюция понятия химической структуры осуществлялась в направлении, с одной стороны, анализа ее составных частей или элементов, а с другой – установления характера физико-химического взаимодействия между ними.

*Химический процесс* (от лат. *processus* – «продвижение») представляет собой последовательную смену состояний вещества, тесную связь следующих друг за другом стадий развития, представляющую непрерывное, единое движение. Учение о химических про-

цессах – это область науки, в которой существует наиболее глубокое взаимопроникновение физики, химии и биологии. Химические процессы подразделяются на следующие:

- гомо- и гетерогенные (в зависимости от агрегатного состояния реагирующих систем);

- экзо- и эндотермические (в зависимости от количества выделяющейся и поглощаемой теплоты);

- окислительно-восстановительные и др.

Способность к взаимодействию различных химических реагентов определяется не только их атомно-молекулярной структурой, но и условиями протекания химических реакций. Процесс превращения одних веществ в другие называется *химической реакцией*.

К условиям протекания химических процессов относятся, прежде всего, термодинамические факторы, характеризующие зависимость реакций от температуры, давления и некоторых других условий.

Ферменты, или биокатализаторы, играют исключительную роль в биологических процессах и технологии веществ растительного и животного происхождения, а также в медицине. В настоящее время известно свыше 750 ферментов и их число ежегодно увеличивается. Ферменты являются бифункциональными и полифункциональными катализаторами, так как здесь имеет место согласованное воздействие двух или нескольких групп катализаторов различной природы в составе активного центра фермента на поляризацию определенных связей субстрата. Эта же концепция лежит в основе каталитического действия фермента и теории кинетики действия ферментов. Главное отличие ферментов от других катализаторов заключается в исключительно высокой активности и ярко выраженной специфичности.

Самоорганизация химических систем в биологические, их единство и взаимосвязь подтверждает синтез органических соединений из неорганических. Наибольшим успехом химии 50-60-х гг. XX в. явился первый синтез простых белков – гормона инсулина и фермента рибонуклеазы.

**Эволюция химических систем.** Под *эволюцией химической системы* понимают самопроизвольный синтез новых химических соединений, являющихся более сложными и более высокоорганизованными продуктами по сравнению с исходными веществами. Химики сегодня пришли к выводу, что, используя те же принципы, на которых построена химия организмов, в будущем можно будет по-

строить принципиально новую химию, новое управление химическими процессами, где начнут применять принципы синтеза себе подобных молекул. По принципу ферментов будут созданы катализаторы такой степени специфичности, что далеко превзойдут существующие в нашей промышленности. В химии намечены пути решения этой задачи.

1. Развитие исследований в области металлокомплексного катализа с постоянной ориентацией на соответствующие объекты живой природы. Сегодня металлокомплексный катализ постепенно обогащается такими приемами, которыми пользуются живые организмы в ферментативных реакциях, а также приемами классического гетерогенного катализа.

2. Освоение каталитического опыта живой природы, заключающегося в определенных успехах моделирования биокатализаторов. Для решения проблемы освоения каталитического опыта живой природы необходимо изучение законов химической эволюции и происхождения жизни.

3. Использование достижений иммобилизованных систем. Сущность иммобилизации состоит в закреплении выделенных из живого организма ферментов на твердой поверхности путем адсорбции, которая превращает последние в гетерогенный катализатор и обеспечивает его стабильность и непрерывное действие, т. е. осуществляется биоорганический катализ.

4. Развитие исследований, ориентированных на применение принципов биокатализа в химии и химической технологии. Характеризуется изучением и освоением всего каталитического опыта живой природы, в том числе и опыта формирования самого фермента, клетки и даже организма, т. е. это пролог к принципиально новой химической технологии, способной стать аналогом живых систем.

Успехи химии позволяют видеть в ближайшей перспективе богатейшие возможности развития новой химии. Эта наука уже теперь становится способной решать такие задачи, для реализации которых до сих пор еще не было предпосылок.

## ТЕМА 4. ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОЛОГИИ

### 4.1. Геология как наука, ее предмет и задачи

Главное место в изучении процесса соотношения общества и природы принадлежит *геологии* (от гр. «гео» – «Земля», «логос» – «знание»). Это наука о возникновении, развитии, строении земной коры и ее поверхности. Земная кора выступает основным объектом геологии.

Становление геологии как науки о Земле произошло во второй половине XVIII – первой половине XIX вв. Стремительное развитие промышленности требовало все новых полезных ископаемых, а в постоянно возрастающем объеме, изобретение двигателя внутреннего сгорания дало повод для поисков нефти. Так в 60–80-х гг. XIX в. начала выделяться в самостоятельную дисциплину *геология нефти*. В 80-е гг. возникала практическая необходимость в выделении в качестве самостоятельной дисциплины *инженерной геологии* и *гидрогеологии*. Стимулом для их вычленения стали практические запросы, и, в частности, строительство сети железных дорог, требовавшие постановки специальных инженерно-геологических и гидрологических исследований. На рубеже XIX–XX вв. сформировалась *сейсмология*. Ее появление обусловлено постановкой задачи изучения землетрясений и разработкой сейсмографа. В начале XX в. возникла *геоморфология*, занимающаяся историей формирования рельефа. Идея закономерного развития форм рельефа окончательно утвердилась в начале XX в. В 30–40-х гг. перед геологией ставится новая задача – разработка принципов металлогенического анализа. Резкий рост потребности общества в минеральном сырье, и, в первую очередь, в рудных полезных ископаемых в XX в. требует от геологических наук решения еще одной проблемы – ускорить поиски и разведку новых месторождений.

Геология сделала огромный шаг вперед, внедряя в практику новые более эффективные методы исследования, используя данные физики, химии, биологии, математики, астрономии.

В первой половине XX в. ее успехи, прежде всего, были достигнуты в результате развития и внедрения во все научные направления сравнительно-исторического метода. Это время практически безраздельного господства исторической геологии, сформировав-

шейся еще в XIX в. В начале XX в. активно развернулась геологическое картирование, составлялись геологические карты для отдельных регионов, а затем для целых континентов.

Геологическое картирование послужило основой для развития многих других геологических дисциплин, базирующихся также на биостратиграфическом расчленении разреза: литологии, четвертичной геологии, неотектоники, гидрологии и т. д. Сильно продвинулось изучение магматических пород, причем они стали изучаться в комплексе с окружающими их осадочными образованиями, что позволило определить их геологический возраст и условия образования.

На фоне гигантских успехов, достигнутых геологией благодаря внедрению исторического метода расчленения горных пород, постепенно стали ощущаться его слабые стороны. Геологическое картирование оказалось результативным лишь в пределах обнаженных, преимущественно горных областей. Равнинные пространства, покрытые молодыми наносами, были практически «немыми» на геологических картах. Оставались неисследованными моря и океаны, в том числе мелководные пространства. Геологическое картирование давало информацию лишь о приповерхностной части земной коры и почти ничего не говорило о строении ее глубоких горизонтов. Между тем в XX в. потребность в расшифровке глубинного строения коры стала сильно возрастать, прежде всего, в связи с поисками глубоко залегающих нефтяных месторождений. Все это создает условия для появления следующего лидера – *геофизики*.

Ускоренное развитие мобильных средств передвижения в период Второй мировой войны и в послевоенные годы способствовали бурному развитию геофизических методов исследования. К середине 50-х гг. их лидирующая роль в исследовании планеты утвердилась окончательно. Полученные геофизикой данные о структуре, свойствах, составе коры и верхней мантии Земли были положены в основу обобщающих концепций о закономерностях строения нашей планеты. Утвердилась новая теоретическая концепция о принципиально различном строении континентальной и океанической коры. В 60-е гг. появилась концепция новой глобальной тектоники (тектонике плит).

Успешное развитие геофизических исследований продолжалось и в 60–70-х гг., однако постепенно ощутилась ограниченность геофизической информации для целей расшифровки структуры и истории Земли,

о минеральном составе выделенных ее слоев, о развитии земной коры во времени. Возникла необходимость в новых методах. Такими стали геохимические методы исследования земной коры, отличающиеся высокой информативностью. Стало возможным использовать как информацию о геологических процессах поведение практически всех химических элементов периодической системы Менделеева, так и значительное число их изотопов.

В последние три десятилетия XX в. резко возрасли экспериментальные и теоретические исследования *петрологии и геохимии* горных пород. Были сформулированы известные закономерности метаморфических и магматических процессов. Эффективность геохимии возрасла в связи с развитием глубинного бурения с научными целями. Геохимические методы были ведущими при изучении механизма дегазации земли, определении путей миграции рудообразующих флюидов, уточнении граничных условий формирования различных типов руд и горных пород. Все это позволило в конечном итоге расшифровать строение и происхождение земной коры.

Таким образом, историческая геология создала метод, позволяющий восстановить возрастную последовательность геологических процессов, геофизика осветила строение глубоких слоев земли, геохимия дала новые методы исследования горных пород.

Сама геология подразделяется на многочисленные ветви:

*историческая геология* – изучает историю планеты, используя палеонтологию (науку о древнем животном и растительном мире);

*динамическая геология* – изучает разнообразные процессы: вулканизм, образование рельефа, возникновение землетрясений, деятельность рек, морей и океанов, образование складок в земных пластах, движение земной коры;

*стратиграфия* – изучает последовательности образования пластов и установление их возраста;

*минералогия* – занимается изучением минералов, из которых в основном состоит земная кора, а также вопросами их генезиса, классификации и определения;

*петрография* – изучает горные породы, которые состоят из минералов;

*петрология* – изучает способы образования горных пород;

*литология* – изучает породы, образованные в процессах, связанных с атмосферой, биосферой и гидросферой Земли;

*кристаллография* – рассматривает внутреннюю структуру минералов, их кристаллическую решетку;

*геохимия* – изучает распределение химических элементов в земной коре, горных породах, воде и породах других планет (космохимия);

*гидрогеология* – исследует подземные воды;

*геокриология* – проникает в тайны вечной мерзлоты;

*геология полезных ископаемых* – занимается учением о рудных месторождениях; нефть и каменный уголь исследуют специалисты по горючим полезным ископаемым;

*инженерная геология и грунтоведение* – изучают верхние слои Земли для строительства;

*геофизика* – занимается проникновением в глубины Земли с помощью физических методов. Она сама подразделяется на ряд дисциплин в зависимости от используемого метода. Геофизика включает также комплекс разведочных методов: гравиразведка, сейморазведка, магниторазведка, электроразведка различных модификаций и пр.

Каждая из названных отраслей и дисциплин геологических наук еще подразделяется на ряд более узких специализаций, в которых используются новейшие достижения физики, химии, вычислительной математики и техники.

Добыча полезных ископаемых развивается быстро и захватывает такие большие участки Земли, что на повестку дня со всей остротой встает вопрос об охране окружающей среды и земных недр, чем и занимается *экологическая геология*.

Таким образом, геология объединяет большое количество наук. Однако, несмотря на корень «гео» в названии, она не ограничивается изучением Земли. Нашу планету нельзя рассматривать как замкнутую систему. Земля получает из окружающего космоса значительные количества вещества и энергии. Изучение воздействия космоса на Землю – пограничное поле между геологией, астрономией и космологией.

Солнечная система изучается такими разделами геологии, как космохимия, космология, космическая геология. В последние два десятилетия происходит становление *сравнительной планетологии*, возникшей на стыке наук, изучающих землю, физику, космохимию и астрономию. При исследовании других планет используется опыт, накопленный при изучении Земли, а получаемая информация о других планетах нередко способствует более глубокому пониманию земных явлений.

## 4.2. Гипотезы образования Земли

Для геологов первостепенным является вопрос о формировании Земли и планет земной группы. Выдвигается множество гипотез о причинах формирования нашей планеты. Известно, что Земля состоит из ряда сферических оболочек, в том числе твердого внутреннего ядра, жидкого – внешнего и твердой мантии с тонкой оболочкой – твердой земной коры. Иными словами, Земля дифференцирована по свойствам и составу вещества. Но когда и как произошла эта дифференциация?

В настоящее время в научной литературе, в основном, рассматриваются две гипотезы: гетерогенная и гомогенная.

Предполагается, что первоначальная Земля, сформировавшаяся сразу после аккреции (от лат. *accretio* – «увеличение») из планетезималей, состоящих из никелистого железа и силикатов, была однородна. Только потом она подверглась дифференциации на железно-никелевое ядро и силикатную мантию. Эта гипотеза получила название гомогенной аккреции.

Гипотеза гетерогенной аккреции заключается в том, что сначала аккумулировались наиболее тугоплавкие планетезимали, состоящие из железа и никеля. Только после этого в аккрецию вступило силикатное вещество, слагающее сейчас мантию Земли от уровня 2900 км. Эта точка зрения сейчас, пожалуй, наиболее популярна. Однако и здесь возникает вопрос о выделении внешнего ядра, имеющего свойства жидкости. Возникло оно после формирования твердого внутреннего ядра или внешнее и внутреннее ядра выделялись в процессе дифференциации? Но этот вопрос однозначного ответа не существует, но предпочтение отдается второму варианту.

Процесс становления нашей планеты по современным данным длился около 500 млн лет и проходил в 3 фазы аккреции. В течение первой и главной фазы Земля сформировалась по радиусу на 93–95 % и эта фаза закончилась к рубежу 4,4–4,5 млрд лет, т. е. длилась около 100 млн лет. Вторая фаза – завершение роста – длилась около 200 млн лет. Наконец, третья фаза, продолжительностью до 400 млн лет (3,8–3,9 млрд лет окончание) сопровождалась мощнейшей метеоритной бомбардировкой, такой же, как и на Луне.

Какой была только что родившаяся Земля? Была она горячей или холодной? Для геологов решение этого вопроса имеет принципи-

альное значение. Даже в начале XX в. ученые говорили о первичной «огненно-жидкой» Земле. Однако этот взгляд полностью противоречит современной геологической жизни планеты. Если Земля изначально была расплавленной, она давно бы превратилась в мертвую планету. Следовательно, предпочтение нужно отдать юной, не очень холодной, но и не расплавленной ранней Земле.

Процесс внутренней дифференциации нашей планеты происходил всю ее геологическую историю, продолжается он и сейчас. Однако уже 3,5–3,7 млрд лет назад (при возрасте Земли в 4,6 млрд лет) у планеты было твердое внутреннее ядро, жидкое внешнее и твердая мантия, т. е. она уже была дифференцирована в современном виде. Об этом говорит намагниченность древних горных пород, а, как известно, магнитное поле обусловлено взаимодействием жидкого внешнего ядра и твердого внешнего. Процесс расслоения, дифференциации недр происходил на всех планетах, но на Земле он происходит и сейчас, обеспечивая существование жидкого внешнего ядра и конвекцию в мантии. Атмосфера и гидросфера Земли возникли в результате конденсации газов, выделявшихся на ранней стадии развития планеты.

В настоящее время существует ряд других гипотез происхождения Земли. Однако у астрономов, геологов и физиков еще не сложилось единого мнения о причинах образования нашей планеты, и ни одна из предложенных гипотез не может объяснить в полной мере образование Солнечной системы.

Данные геофизики, геохимии, геологии и других наук привели к выводу о том, что земной шар в своем строении состоит из ряда концентрических оболочек, или геосфер. Геосферы одна от другой отличаются по химическому составу и агрегатному состоянию вещества, что определяется их термодинамическими условиями существования. В направлении от центра земного шара к космическому пространству выделяются следующие геосферы: литосфера, биосфера, гидросфера, атмосфера, магнитосфера. Литосфера и атмосфера, в свою очередь, разделяются на ряд сферических слоев, не одинаковых по своим физическим свойствам. Приведем краткие данные о каждой сфере.

*Литосфера*, т. е. твердая сфера Земли, изучена методами анализа распространения сейсмических волн. Эти исследования показали, что плотность земных пород, увеличивающаяся к центру Земли, в неко-

торых местах дает скачкообразный рост. По этим изменениям строение Земли разделяют на ядро, мантию и кору. Причем внешнее ядро находится в расплавленном состоянии, внутри которого имеется твердое ядро. Вещество внешнего ядра имеет свойства тягучей жидкости и обладает электропроводностью. Температура внутри Земли повышается с градиентом  $2^{\circ}$  на 100 м глубины. Причиной разогрева земного грунта является радиоактивный распад элементов в мантии. Сейчас считают, что кора вместе с гидросферой и атмосферой образовалась в результате вулканической деятельности – выбросы лавы, пара и газов из внутренних частей мантии. Вулканическая деятельность также привела к образованию гор.

Возраст земной коры оценивается примерно в 3,8 млрд лет. Мощнейшие толщи вторичных пород (в том числе и преобразованных в граниты) земной коры – ярчайший показатель необычно высокой активности действующих на Земле экзогенных процессов по сравнению с процессами на других планетах. Природа щедро раздала свои материальные ресурсы нашей планете. Но если сравнить их с наиболее часто употребляемыми материалами, то нетрудно заметить между ними обратную пропорциональную зависимость: чаще всего человек использует те вещества, запасы сырья которых ограничены, и, наоборот, крайне слабо использует такие химические элементы и их соединения, сырьевые ресурсы которых почти безграничны. В самом деле, 98,6 % массы физически доступного слоя Земли составляют всего восемь химических элементов.

Для человечества недра Земли являются кладовой полезных ископаемых. Их добыча из года в год растет, и в настоящее время человечество ежегодно извлекает из недр Земли более 1 млрд т железной руды, 3 млрд т нефти, 2,5 млрд т угля, миллиарды тонн строительных и других материалов. Процесс формирования полезных ископаемых связан с эволюцией Земли.

*Атмосфера* Земли представляет собой газовое образование, которое окутывает нашу планету сплошной оболочкой. Атмосфера сохраняет тепло солнечных лучей, защищает живое от губительного воздействия далеких ультрафиолетовых солнечных излучений и космических лучей. Без атмосферы на Земле был бы резкий температурный контраст между освещенной и неосвещенной солнечным излучением сторонами планеты.

Атмосфера Земли образована смесью газов, влаги и частиц пыли. Сухой воздух вблизи поверхности Земли содержит 78,09 % азота, 20,95 % кислорода, 0,93 % аргона, 0,03 % углекислого газа. На долю всех остальных газов, вместе взятых, приходится 0,01 %. Состав атмосферы до высоты 100 км существенно не изменяется, а выше кислород и азот находятся в атомарном состоянии. Влага попадает в атмосферу вследствие испарений с поверхности Земли. Около 90 % ее сосредоточено в нижнем пятикилометровом слое. Половина массы атмосферы находится до высоты 5–6 км, а 90 % – до 16 км.

С высотой изменяется не только сама атмосфера (давление, плотность и температура воздуха), но и электрическое состояние атмосферы, а на больших высотах еще и состав. Поэтому в атмосфере выделяют несколько сфер с различными свойствами. К ним относятся: тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера (или ионосфера), экзосфера.

*Гидросфера*, или водная оболочка Земли, не является сплошной и занимает 70,8 % земной поверхности. Гидросфера влияет на климат, создавая значительный парниковый эффект, сглаживает температурные контрасты различных участков земной поверхности за счет большой теплоемкости и переноса тепла из экваториальной области в умеренные и полярные широты. К гидросфере относятся Мировой океан и воды суши: реки, озера, подземные воды, ледники. Все они связаны между собой в планетарном процессе круговорота воды, газов и минеральных солей. Мировой океан является самым большим скоплением воды на Земле, основным водохранилищем и колыбелью жизни нашей планеты, играет роль гигантского геохимического реактора и аккумулятора тепловой энергии.

Различают четыре вида питания рек: дождевое, снеговое, ледниковое, подземное. Озера занимают 2 % поверхности суши. В целом гидросфера Земли представляет собой уникальное образование. Ничего подобного пока не обнаружено на других планетах. Именно благодаря гидросфере на Земле присутствует живое вещество, и вполне возможно, что именно наличие гидросферы является основной причиной его возникновения.

*Биосфера* является одной из оболочек Земли, свойства которой обусловили появление, существование и развитие в ее пределах органической жизни. В биосферу включают нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы. Таким образом, верх-

няя граница биосферы поднимается до высоты 33 км, где встречены бактерии, а нижняя граница находится в литосфере на глубине 11 км, где обнаружены микроорганизмы в водах нефтяных месторождений. С жизнедеятельностью организмов связаны процессы газообмена, круговорот кислорода, углекислого газа, углекислоты и воды, а также малый биологический круговорот биогенных химических элементов. Кроме того, организмы принимают значительное участие в формировании геологических напластований в земной коре, изменяют рельеф поверхности Земли и играют первостепенную роль в развитии почв.

*Магнитосфера* обусловлена наличием вокруг Земли магнитного поля, которое является относительно большим. Магнитное поле Земли удерживает огромное число энергетических частиц, как электронов, так и протонов, образуя вокруг нее магнитосферу. Частицы заполняются как огромные кольца или пояса, охватывающие Землю вокруг геомагнитного экватора.

Среди планет земной группы Земля достигла высокой степени эволюции благодаря исключительному динамизму развития, широкому диапазону интенсивных природных процессов. Коренные изменения планеты произошли в ее внешней области: в строении коры, устройстве поверхности, составе атмосферы и климатической обстановке. По сравнению с другими планетами Земля обладает наибольшей плотностью, следовательно, и большим количеством радиогенной и гравитационной энергии, что обеспечивает ей чрезвычайно активную внутреннюю жизнь.

Геологические процессы длятся достаточно долго. Изучение геологических разрезов земной коры позволяет выяснить, в какой последовательности формировались слагающие ее пласты. Стратиграфия занимается исследованием закономерностей и очередности отложения слоев, слагающих земную кору.

Выделение различных этапов и периодов в жизни Земли основано на последовательности накопления осадочных горных пород. Ученые разделили отложения на пять групп. Время, в течение которого накапливалась каждая группа пород, названо эрой. Название эры отражает относительное время: архейская (древнейшая – 900 млн лет), протерозойская (ранняя – 600 млн лет), палеозойская (древняя – 330 млн лет), мезозойская (средняя – 165 млн лет) и кайнозойская (новая – 70 млн лет). В каждой эре происходили события,

оказавшие воздействие на современный рельеф. Это особые эпохи активизации горообразовательных процессов – складчатости.

Определением абсолютного (название условное) возраста пород занимается *ядерная геохронология* (или абсолютная геохронология), опирающаяся на явление радиоактивного распада урана, тория, калия, стронция и др.

Двумя крупнейшими открытиями в геологии XX в. являются создание теории *мобилизма* и введение понятия о *биосфере*.

В теоретической геологии основной долгое время выступала фиксистская концепция. Согласно данной концепции геологические структуры, начиная от континентов и океанов и их дна и кончая островами, всегда находились на поверхности Земли только в строго фиксированном положении. Любые сколько-нибудь значительные горизонтальные перемещения геологических структур полностью исключались. С середины XX в. данная концепция сменяется теорией мобилизма. Еще в 1889 г. О. Фишер выдвинул концепцию развития геологических процессов на Земле. Это первая научно обоснованная концепция мобилизма. Следующий шаг в развитии данной концепции сделал немецкий геофизик А. Вегенер, опубликовавший в 1912 г. гипотезу дрейфа континентов. Он предположил, что перемещение материков происходит за счет ротационных сил и приливных взаимодействий Луны с Землей, т. е. благодаря чисто внешним воздействиям, а не внутренним причинам. Элементарная проверка расчетами показала, что подобный механизм на много порядков слабее сил, которые могли бы в действительности сместить материк. Для возрождения идей мобилизма потребовалось длительное время, прежде чем накопленные факты, подтвердили не только существование самого дрейфа, но и открыли новое явление – раздвижение океанского дна. Произошло это в середине 50-х гг. после проведения П. Блекеттом и С. Ранкорном широких палеомагнитных исследований. Изучение магнитных свойств горных пород показало, что породы, содержащие магнитные материалы, способны «запоминать» древнее магнитное поле земли. Восстановление характеристик этого поля по образцам пород с различных континентов привело к интересному и чрезвычайно важному выводу: с течением времени положение всех материков на поверхности Земли существенно менялось.

После открытий 50–60-х гг. гипотеза дрейфа континентов стала быстро возрождаться, но уже на новом уровне. Благодаря усилиям

геофизиков и геологов разных стран мира эта гипотеза к концу 60-х гг. переросла в стройную концепцию, получившую название теории тектоники литосферных плит. Это современная геологическая теория о движении литосферы. В теории тектоники плит ключевое положение занимает понятие геодинамической обстановки – характерной геологической структуры с определенным соотношением плит. В одной и той же геодинамической обстановке происходят однотипные тектонические, магматические, сейсмические и геохимические процессы.

Доказано, что земная кора состоит из относительно целостных блоков – плит, которые находятся в постоянном движении друг относительно друга.

Решающий вклад в современную геологическую теорию тектоники литосферных плит внесли следующие открытия:

- установление системы срединно-океанических хребтов и гигантских разломов, пересекающих эти хребты;

- обнаружение и расшифровка линейных магнитных аномалий океанического дна (позволило объяснить механизм и время его образования);

- установление места и глубин гипоцентров (очагов) землетрясений и определение ориентировки напряжений в очагах;

- развитие палеомагнитного метода, основанного на изучении древней намагниченности горных пород, что дало возможность установить перемещение континентов относительно магнитных полей Земли.

Тектоника литосферных плит позволяет совершенно точно восстановить картину распада последнего суперматерика Пангеи, о существовании которого впервые предположил Альфред Вегенер в 1912 г. Воссоздана картина раскрытия Атлантического и Индийского океанов, которое продолжается и в наши дни со скоростью около 2 см в год. Выявлена возможность некоторого проворачивания литосферы Земли по отношению к нижней мантии в западном направлении.

Теория тектоники литосферных плит впервые в истории геологии носит глобальный характер, т. к. она касается всех районов земного шара и позволяет объяснить историю их развития, геологическое и тектоническое строение. Теория объясняет землетрясения, вулканическую деятельность и горообразование, большая часть которых происходит у границ плит.

В настоящее время нет подтверждений современной тектоники плит на других планетах Солнечной системы. Однако исследования магнитного поля Марса, проведенные в 1999 г., указывают на возможность тектоники плит на этой планете в прошлом.

#### 4.3. Понятие биосферы

Вернадский ввел в науку особый геохимический принцип выделения оболочек Земли. Он основан на том, что отдельная оболочка планеты состоит из ряда геосфер. Так, биосфера, по Вернадскому, является оболочкой планеты и состоит из совокупности трех геосфер:

- тропосферы – нижней воздушной геосферы;
- гидросферы;
- части стратосферы.

Жизнь существует только в биосфере и пронизывает все ее содержание. Живые организмы Вернадский рассматривал с точки зрения их химического содержания. Он ввел новое понятие «*живое вещество*». Совокупность всех живых организмов планеты, по Вернадскому, образует живую природу. Массы живого вещества рассматриваются как неотъемлемая и неотделимая часть механизма земной коры. В современном понимании биосфера Земли представляет собой глобальную открытую систему со своим «входом» и «выходом». Ее «вход» – это поток солнечной энергии, поступающей из космоса, «выход» – те образованные в процессе жизнедеятельности организмов вещества, которые в силу ряда причин ускользнули из биологического круговорота (иногда на миллионы лет). Биохимический круговорот в биосфере не является замкнутым. Степень воспроизводства циклов достигает 90–98 %. В масштабе геологического времени неполная замкнутость биогеохимических циклов приводит к дифференциации элементов и накопленных их в атмосфере, гидросфере или осадочной оболочке Земли. Эти несколько процентов вещества, ускользающие из биологического круговорота, и составляют «выход» в геологию. Весь материал, накопленный геологией, показывает непрерывность развития биосферы Земли в течение всей геологической истории. Внутреннее разнообразие биосферы обеспечило ее устойчивость даже по отношению к самым масштабным геологическим катастрофам, происходившим в истории Земли. Биосфера, как и любая целост-

ная система равновесна не только с окружающей средой, но и во взаимодействии частей. Именно это обеспечивает ее существование. Однако такое равновесие динамическое. Оно развивается в борьбе противоречивых процессов, от менее активного к более активному полюсу. Живое вещество биосферы в силу особенностей его структуры выступает как более активный полюс взаимодействия, что определяет преимущественное движение вещества и энергии от неживой природы к органическому миру. Эта тенденция в развитии биосферы значительно усиливалась с появлением человечества. Как более высокая, качественно новая ступень развития материи, человеческое общество выходит за пределы живой природы. Качественно особые черты приобретает также измененная им окружающая природа. Это получило отражение в предложенном Вернадским понятии «ноосфера».

Вернадский считал, что с возникновением человечества и развитием его производственной деятельности оно постепенно становится основным геологическим фактором преобразования верхней оболочки земли. Он пришел к выводу, что человечество сможет обеспечить свое будущее только в том случае, если возьмет на себя ответственность за развитие биосферы в целом. Так как человечество сделалось определяющим фактором эволюции биосферы и существовать вне биосферы оно не может, то должно принять на себя обеспечение направленности ее развития. Причем таким образом, чтобы свойства биосферы не вышли за те весьма узкие пределы, в которых только и может существовать биологический вид «человек разумный». Дальнейшая цель эволюции биосферы: обеспечить будущности человечества.

Таким образом, к человечеству переходит роль основного геологического фактора всех происходящих на поверхности планеты изменений. В связи с этим встает целый комплекс задач не только научно-технического, но и социального порядка. Они сводятся к одной цели: не допустить, чтобы изменения природной сферы происходили во вред, как людям, так и другим формам жизни. Так как эта направленность – функция разумной деятельности человека, то Вернадский предложил использовать понятие «ноосфера» – сфера разума.

*Ноосфера* – это целостная оболочка Земли, населенная людьми и рационально преобразованная ими в соответствии с законами со-

хранения и поддержания жизни для гармоничного существования общества и природы.

Современное общество ставит новые научные задачи: выяснить степень воздействия человека на природу и разработать оптимальную программу охраны окружающей среды. Решение этих задач требует объединения ряда геологических, физико-геологических, биологических, а также дисциплин из социально-экономической сферы науки.

Таким образом, современная геологическая наука решает следующие проблемы: снабжение общества горючими ископаемыми, строительным материалом, различными полезными ископаемыми, решение инженерных вопросов и т. д. Особое место занимают проблемы, связанные с охраной и преобразованием природы.

## ТЕМА 5. СПЕЦИФИКА, СТРУКТУРА И ПРОБЛЕМНОЕ ПОЛЕ СОВРЕМЕННОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОЗНАНИЯ

### 5.1. Биология как наука

Современная биология формировалась открытиями XVII–XIX вв. В 1665 г. английский исследователь Роберт Гук, рассматривая под микроскопом в сорокакратном увеличении препарат пробки, заметил мельчайшие клетки, которые были похожи на такие же клетки в меде. Тогда он не мог и предположить, что его открытие превратится позже в основу современной биологии.

Первым «охотником за микробами» был голландец А. ван Левенгук. Увлеченный шлифованием линз, он открыл первые простейшие (1674 г.), бактерии (1676 г.), дрожжевые грибки (1680 г.).

Создателями клеточной теории строения организмов стали немецкие ученые Матиас Якоб Шлейден и Теодор Шванн. Опубликованный Теодором Шванном в 1839 г. труд «Микроскопические исследования о соответствии в структуре и росте животных и растений» вызвал переворот в биологии и сделал известными фамилии обоих ученых.

Крупнейший французский ученый XIX в. Луи Пастер сделал открытия, которые заложили основы становления и развития общей, промышленной, медицинской химической и санитарной микробиологии. Занявшись проблемой спиртового брожения, Пастер в 1857 г. установил, что всегда, когда различные органические вещества подвергаются химическим изменениям (в обиходе – гниют, киснут, портятся) в них появляются микроорганизмы. Многочисленные опыты по исследованию вопроса порчи вина убедили Пастера в том, что вино портится под воздействием особых микроорганизмов. Предложенный им способ нагревания вина до 60 °С для предотвращения его от порчи получил название «пастеризация». Это открытие Пастера широко применяется во многих отраслях пищевой промышленности: в виноделии, сыроварении, пивоварении и т.д.

В те времена среди ученых шли споры о возможности самозарождения организмов без участия других живых существ. В 1860 г. Пастер доказал, что микроорганизмы, которые обязательно возникают в любой жидкости, содержащей органические вещества, развиваются из зародышей живых существ, находящихся в ней, либо попадают туда из воздуха.

В 1880 г. Пастер изучал куриную холеру. Микроб, живший в пробирках лаборатории, когда им заражали подопытных птиц, вызывал их смерть через один-два дня. Но, когда через три недели микробами из пробирок, которые были оставлены в термостате при свободном доступе воздуха, заразили кур, они заболели, но не погибли. Через несколько дней птиц заразили свежими микробами. Птицы даже не заболели. Напрашивался вывод: предварительное введение ослабленных микробов защищает организм от последующего его инфицирования заведомо ядовитыми дозами.

К этому выводу Пастер пришел, вспомнив свою неудачу двухлетней давности по заражению коров сибирской язвой. Вспомнил он и исследования английского врача Эдуарда Дженнера, который за 85 лет до открытия Пастера, прививая людям коровью оспу, добивался их невосприимчивости к опасной натуральной оспе. Обобщив факты, Пастер сумел увидеть общую закономерность в предохранении организма от заразных болезней путем его иммунизации. Ему стало ясно, что это не что иное, как новый способ спасения человеческих жизней. В 1881 г. он создает вакцину против сибирской язвы, а в 1885 г. – вакцину против бешенства.

Микробные препараты, пригодные для иммунизации, Пастер в память о великом открытии Эдуарда Дженнера назвал вакцинами (от лат. *vaccus* – «корова»), а саму процедуру стали называть вакцинацией или иммунизацией. Пастер открыл общий принцип стимуляции иммунитета с помощью вакцин.

Понимая, что между болезнями и наличием микроорганизмов существует прямая связь, он вел жестокую борьбу с устаревшими взглядами на инфекционные болезни. В современной Пастеру хирургии врачи не применяли дезинфекции ран, не промывали их и нередко сами становились носителями заразных болезней.

Механизм иммунитета открыли Илья Мечников и Пауль Эрлих. Работая за микроскопом, И. Мечников обнаружил почти у всех исследуемых животных во всех тканях и в крови присутствие специализированных клеток – фагоцитов. *Фагоциты* (гр. *phagos* – «пожирать» и *citos* – «ячейка, клетка») – это кровяные тельца, преодолевающие яды, созданные организмом или случайно в него попавшие. П. Эрлих выявил гуморальные механизмы в борьбе с микробами – контакт организма с микробными телами приводит к накоплению циркулирующих в крови антител, под влиянием которых микробы

гибнут и растворяются. Если фагоцитоз направлен на все инородные объекты, будь то микроб, заноза, бактерии, то антитела действуют только против того чужеродного объекта, против которого вырабатывались. Противодифтерийные антитела связывают и нейтрализуют только возбудителей дифтерии или их токсины, противохолерные – только вибрионов холеры. В 1908 г. И. Мечникову и П.Эрлиху была присуждена Нобелевская премия за разработку клеточной и гуморальной концепции иммуногенеза.

В 1814 г. петербургский академик К. Кирхгоф открыл явление биологического катализа. Он пытался, используя биологический катализ, получить сахар из доступного отечественного сырья (до середины XIX в. сахар получали из сахарного тростника).

Первые внедрения научных данных в микробиологическое производство произошло в конце XIX–начале XX вв. В 1891 г. японский биохимик Дз. Такамина получил первый патент на использование ферментных препаратов в промышленных целях. Ученый предложил применять диастазу для осахаривания растительных отходов.

Венгерский инженер Карл Эреки, описывая производство свинины с использованием сахарной свеклы в качестве корма для свиней, в 1917 г. впервые ввел термин «*биотехнология*».

В 1929 г. Александр Флеминг, занимаясь изучением стафилококков – микробов, вызывающих нагноительные процессы, – обратил внимание на одну из чашек с культурами выросших микробов. На нее попала зеленая плесень из воздуха. Микробы около этой зелени не росли. Это явление было названо «антибиозом» (от гр. *anti* – «против» и *bios* – «жизнь»). Поскольку плесень, с которой А. Флеминг имел дело, носило видовое латинское название *Penicillium notatum*, полученное вещество он назвал пенициллином.

В 1939 г. ученые из Оксфорда врач Эдуард Говард Фроли и химик Дж. Эрнест Чейн выделили пенициллин в виде кристаллического коричневого порошка, который уже можно было испытать на людях. Пенициллин положил начало новой эре в медицине – лечению болезней антибиотиками, которые подавляют жизнь микробов – возбудителей инфекционных болезней. Началось промышленное производство лекарственных средств.

За огромные заслуги перед человечеством Флеминг, Чейн и Фроли были в 1945 г. удостоены Нобелевской премии.

В 1944 г. Освальд Эвери доказал, что ДНК является носителем наследственной информации. В 1953 г. Фрэнсис Крик и Джеймс Уотсон открыли структурную организацию ДНК в виде двойной спирали, доведя до полного понимания молекулярных основ биологической специфичности. В 1961 г. был расшифрован генетический код. С этих открытий начинается бурное развитие биотехнологии.

Биологическими объектами биотехнологии являются бактерии, вирусы, водоросли, грибы, клетки высших растений, клетки животных, ткани, органы, ферменты. Биотехнология имеет и свои методы исследования. К ним относятся генная инженерия, клеточная инженерия, клонирование, трансплантация и др. Они применяются на молекулярном (манипуляция с отдельными частями гена), геномном, хромосомном, клеточном, тканевом, организменном и популяционном уровнях.

*Генная инженерия* – раздел молекулярной биологии. Она занимается перестройкой, комбинированием и созданием *in vitro* нового генетического материала, способного размножаться в клетке хозяина и синтезировать конечные продукты обмена.

Первая рекомбинантная (гибридная) ДНК, в которой были соединены фрагменты ДНК фага-лямбда и кишечной палочки с кольцевой ДНК обезъядерного вируса SV40, была получена в 1972 г. в лаборатории П. Берга (Станфордский университет США). Стэнли Коэн и Герберт в 1973 г. разработали метод переноса гена из одного организма в другой. В 1978 г. сотрудники фирмы «Genotech» (США) впервые выделили последовательности ДНК, кодирующие инсулин человека.

Самым выдающимся достижением генной инженерии является создание карты человеческого генома. Международный проект «Геном человека» был начат в 1989 г. и закончен в 2002 г. В его реализации приняли участие специалисты в области молекулярной биологии из США, Канады, Японии, России, стран Европейского союза. *Генетическая карта хромосом* – схема взаимного расположения генов, находящихся в одной группе сцепления. Это достижение позволит лучше понять взаимосвязь организма человека с другими организмами, осмыслить, что делает людей похожими между собой и что их отличает друг от друга. Оно создает возможность выяснения причин возникновения болезней и поиска новых методов лечения.

В 1960 г. возник метод гибридизации соматических клеток. Он положил начало клеточной инженерии. *Клеточная инженерия* –

совокупность методов, используемых для конструирования новых клеток. Она включает в себя культивирование и клонирование клеток, пересадку клеточных ядер и другие микрохирургические операции по реконструкции жизнеспособных клеток из отдельных фрагментов. Опыты по пересадке ядер соматических клеток в лишённые ядра яйцеклетки животных с последующим выращиванием зародыша во взрослый организм получили широкую известность как клонирование животных. При обычном половом размножении новый организм получает половину генетического материала от материнского организма, а вторую половину – от отцовского. При клонировании новый организм получает полный набор генов от одного организма. В марте 1997 г. журнал «Nature» сообщил, что шотландскому эмбриологу Яну Уилмуту удалось получить овцу Долли, ядерный аппарат которой идентичен ядерному генетическому аппарату материнского организма.

В настоящее время наблюдается бурный рост исследовательских проектов с использованием стволовых клеток. С 1981 г. эксперименты со стволовыми клетками проводятся на животных. В 1998 г. были впервые выделены и описаны эмбриональные стволовые клетки человека. С этого времени начались эксперименты на стволовых клетках человека. Они подразделяются на тотипотентные, способные создавать целый организм и плюрипотентные, способные дифференцироваться в любой тип ткани. Это свойство открывает широкие перспективы практического использования стволовых клеток в биологии и медицине. Источниками получения стволовых клеток являются:

- оплодотворенные яйцеклетки, специально созданные для получения стволовых клеток;
- оплодотворенные яйцеклетки, не востребуемые при применении технологии экстракорпорального оплодотворения, *in vitro*, т. е. в пробирке с последующей имплантацией эмбриона в матку женщины (тотипотентные и плюрипотентные);
- клетки из тканей абортированных плодов (плюрипотентные);
- клетки из пуповинной крови новорожденных, плаценты – фетальные стволовые клетки;
- клетки эмбрионов, полученные путем клонирования (тотипотентные и плюрипотентные);
- клетки из тканей взрослого человека (мультипотентные):

а) гемопоэтические стволовые клетки, находящиеся в кровеносных органах и крови, способные давать начало в основном различным росткам кроветворения;

б) мезенхимальные (стромальные) стволовые клетки, находящиеся в костном мозге, обладающие способностью к дифференцировке в остеобласты, – ростковые клетки костной ткани, хондроциты – клетки хрящевой ткани, теноциты – клетки соединительной ткани, адипоциты – клетки жировой ткани, миобласты – клетки мышечной ткани;

в) стволовые клетки других тканей (кожи, сосудов, нервной ткани и др.) находятся в соответствующих тканях и дифференцируются в клетки этих тканей.

Основной принцип лечения стволовыми клетками заключается в том, чтобы доставить в место поломки дифференцированных клеток новые – молодые мультипотентные стволовые клетки. Эти клетки под воздействием микроокружения данной ткани дифференцируются в зрелые клетки, способные выполнять специализированную функцию. Уже достигнуты обнадеживающие результаты успешного применения стволовых клеток в гематологии, кардиологии, хирургии.

Одним из величайших достижений биотехнологии последней трети XX в. стало возникновение и развитие такой области медицины, как пересадка (трансплантация) органов, тканей и клеток человека. Выделяют аутотрансплантацию – пересадку клеток, тканей в пределах одного организма; гомотрансплантацию – пересадку клеток, тканей, органов от одного организма другому того же вида или другого вида – гетеротрансплантацию; или в пределах разных видов – ксенотрансплантацию и аллотрансплантацию – пересадка от трупа. *Донор* – лицо, добровольно отдающее свои клетки ткани и органы для пересадки больным людям. *Реципиент* – лицо, которое с лечебной целью получает от донора эти анатомические образования.

В истории трансплантации выделяют два этапа: донаучный и собственно научный. Ведущей идеей донаучного этапа, характерной для языческих культур, была идея о магической силе крови как субстанции жизни. Возникновение болезни связывали с ослаблением жизненных сил в крови. Поддержание жизненных сил осуществлялось с целью омоложения.

Этап научной трансплантации начался с XIX в. Первые исследования связывают с итальянским доктором Р. Баронио и немецким врачом Ф. Райзиндером. Особая роль в создании костнопластической хирургии в этот период принадлежит Н.И. Пирогову. В 1865 г. Пауль Берт написал первую диссертацию на тему «О трансплантации тканей у животных».

В 1902 г. Э. Ульман провел первую ксенотрансплантацию почки (от свиньи). Первая в мире пересадка кадаверной почки (от трупа) была сделана Ю. Вороным в 1931 г. Первые успешные пересадки почки от живых доноров были осуществлены в клинике Д. Хьюма в 1952 г. Впервые трансплантация печени была проведена Т. Старзи в 1967 г. Огромный резонанс во всем мире вызвала первая пересадка сердца от человека к человеку южноафриканским хирургом Кристианом Бернардом в 1967 г.

В Беларуси первая трансплантация почки была проведена в 1974 г., трансплантация костного мозга – в 1993 г., трансплантация стволовых клеток – в 1997 г. Сегодня в Беларуси успешно проводится трансплантация сердца.

Появление и развитие трансплантологии стало возможным благодаря целому ряду открытий в медицинской науке и технике. Среди них создание технических устройств для искусственного кровообращения и вентиляции легких, аппаратов, позволяющих поддерживать в жизнеспособном состоянии органы и ткани донора, которые будут использовать для трансплантации и др.

Успешно решена и проблема отторжения чужеродных тканей. Дело в том, что организм реципиента обладает иммунной системой защиты. С ее помощью организм распознает попавшие в него чужеродные клетки и включает механизмы иммунного ответа, направленные на их уничтожение. В результате такого противостояния может быть как гибель всех чужеродных клеток, а следовательно, и пересаженного органа, так и весьма серьезные, вплоть до несовместимостью с жизнью нарушения в организме реципиента, если чужеродные клетки берут верх над его системой иммунной защиты.

Ученые научились подбирать таких доноров органов и тканей, биологические параметры которых были бы как можно ближе к биологическим параметрам организма реципиента. Были открыты *иммунодепрессанты* – особый класс лекарственных веществ, способных блокировать реакцию отторжения.

Серьезной проблемой трансплантологии является острая нехватка донорских органов. В мире, по данным ВОЗ (Всемирной организации здравоохранения) ежегодно проводится около 70 тысяч пересадок органов и миллионы пересадок тканей. Тем не менее, спрос на донорские органы и ткани значительно превышает предложения.

Возникнув прежде всего на стыке микробиологии, биохимии, биофизики, молекулярной и клеточной биологии, генетики и техники, биотехнология, как междисциплинарная область знаний, находит широкое применение в промышленности, сельском хозяйстве, в медицине.

Основными направлениями биотехнологии в промышленности являются:

- микробиологическая промышленность, осуществляющая индустриальное, массовое производство белков, фармацевтических препаратов, биоудобрений, средств защиты растений, производство пищевых продуктов и сырья;

- биоэнергетика;

- биогеотехнология, использующая геохимическую деятельность гетеротрофных микроорганизмов или продуктов их обмена в горнодобывающей промышленности для извлечения металлов из руд концентратов горных пород, а также при очистке промышленных стоков от металлов.

В сельском хозяйстве методы генной и клеточной инженерии, трансплантации широко применяются в селекции животных. В растениеводстве используются культуры растительных клеток, полученные в генетике и селекции. В настоящее время выведены сельскохозяйственные культуры с улучшенными составами белков, углеводов, растительных масел, устойчивые к неблагоприятным факторам среды, к вирусам, насекомым-вредителям.

С развитием биотехнологии связывают решение глобальных проблем энергетики, демографии, нехватки продовольствия и минеральных ресурсов, здоровья и охраны окружающей среды.

Несмотря на достижения и перспективы развития биотехнология еще имеет короткую историю безопасного использования генно-инженерных, клеточно-инженерных организмов и трансплантации. Потенциально еще существует риск возможного воздействия генно-инженерных (трансгенных) организмов или продуктов, изготовленных из них, на здоровье человека и окружающую среду. Риск обу-

словлен эффектом вставки рекомбинантной ДНК, функционированием трансгенов и передачей трансгенов от генно-инженерных организмов другим организмам.

Досконально неизвестны процессы, влияющие на дифференцировку клеток и труднопредсказуемы все возможные последствия использования стволовых клеток. Для корректной дифференцировки стволовых клеток необходимы многочисленные факторы, например, механическое натяжение, разнообразие электрических полей, комплекс микроокружения, способствующих упорядоченной активации и экспрессии генов. Обеспечить полное соответствие условий клеточной дифференцировки *in vitro*, к сожалению, пока невозможно. Иногда бывает сложно определить что именно получилось в процессе развития стволовой клетки – полностью функциональная специализированная клетка ожидаемой ткани или «промежуточная» клетка, несущая на своей поверхности несколько рецепторов, характерных для данного вида ткани, но не способная полностью заменить дефектные клетки. Пока нет однозначного ответа на вопрос, который касается реакции полученных клеток на лекарственные вещества, используемые пациентом. В эксперименте с овечкой Долли в 227 опытах удалось получить 29 эмбрионов, которые жили 6 дней, а до дня рождения удалось дойти только Долли. В настоящее время клонировано несколько сотен различных животных. У многих из них обнаружены пороки развития. Специалисты отмечают, что физиологический возраст организма, клонированного из соматической клетки взрослого организма, во многом будет соответствовать возрасту родительского организма. Отсюда неизбежны признаки преждевременного старения, которые наблюдались у овцы Долли. Японские ученые установили, что клонированные мыши живут меньше и чаще подвержены заболеваниям.

При трансплантации от живых доноров наименее рискованными являются операции, в ходе которых у них изымаются возобновляемые ткани, например, кровь или костный мозг. Хотя и в этих случаях донор подвергается определенным рискам, неудобствам, болезненным ощущениям. При изъятии почки или части печени риск для донора многократно возрастает. Не исключены нежелательные последствия, которые могут проявиться спустя месяцы и даже годы.

## 5.2. Биобезопасность: правовые аспекты регулирования биотехнологии

С явлениями риска, имеющимися в биотехнологии, возникла проблема обеспечения биобезопасности, ее правового урегулирования. В 1986 г. в Вене состоялась встреча государств-участников Совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе (сейчас ОБСЕ). Она положила начало деятельности Европейской экономической комиссии ООН (ЕЭК ООН), связанной с разработкой руководящих принципов безопасности в области биотехнологии.

Проблема безопасного использования и устойчивого развития биотехнологий обсуждалась на Конференции ООН по окружающей среде и развитию, которая проходила в Рио-де-Жанейро с 3 по 14 июня 1992 г. Конвенцию ООН о биологическом разнообразии – первом универсальном международном договоре о сохранении и устойчивом использовании биологического разнообразия планеты – подписали 5 июня 1992 г. 163 участника конференции ООН. Конвенция о биологическом разнообразии вступила в силу 29 декабря 1992 г. Республика Беларусь тоже подписала Конвенцию о биологическом разнообразии в Рио-де-Жанейро, а 10 июля парламент ее ратифицировал.

В подпункте *g* статьи 8 конвенции излагается общее обязательство Сторон, согласно которому каждая Сторона обязана устанавливать или поддерживать средства регулирования, контроля или ограничения риска, связанного с использованием и высвобождением живых измененных организмов (ЖИО), являющихся результатом современной биотехнологии и способных оказывать неблагоприятное воздействие на сохранение и устойчивое использование биологического разнообразия.

Пункт 4 статьи 19 гласит, что каждая Сторона обязана предоставлять непосредственно или требовать от любого физического или юридического лица, находящегося под ее юрисдикцией и предоставляющей такие живые измененные организмы, передачи любой имеющейся информации о правилах использования и технике безопасности при работе с ними, а также любой имеющейся информации о потенциально вредном воздействии и соответствующих конкретных живых измененных организмов той Стороне, в которую ввозятся эти организмы.

29 января 2000 г. в Монреале на внеочередном совещании конференции Сторон был принят протокол, известный как Картахенский протокол по биобезопасности к Конвенции о биологическом разнообразии. Его название связано с колумбийским городом Картахен, где его предполагалось принять ранее. По состоянию на сентябрь 2006 г. Сторонами Картахенского протокола являются 142 страны. Закон Республики Беларусь «О присоединении Республики Беларусь к Картахенскому протоколу по биобезопасности, к Конвенции о биологическом разнообразии» был принят 6 мая 2002 г. Цель Картахенского протокола заключается в содействии обеспечению надлежащего уровня защиты в области безопасной передачи, обработки и использования живых измененных организмов, являющихся результатом применения современной биотехнологии и способных оказать неблагоприятное воздействие на сохранение и устойчивое использование биологического разнообразия, с учетом рисков для здоровья человека и уделением особого внимания трансграничному перемещению.

В июне 1998 г. в датском городе Орхус прошла Международная конференция «Окружающая среда для Европы». На ней была принята Конвенция о доступе к информации, участии общественности в принятии решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды, которая получила название «Орхусская конвенция». Она утверждена Указом Президента Республики Беларусь от 14 декабря 1999 г.

Существующая система биобезопасности в Республике Беларусь является частью ее политики в области здравоохранения и охраны окружающей среды. Она создается с учетом международных обязательств Республики Беларусь, вытекающих из международных документов по биобезопасности. основополагающими законами в области безопасности здоровья и охраны окружающей среды в государстве являются: Закон Республики Беларусь от 18.06.1993 г. № 2435-XII «О здравоохранении» (в ред. Закона Республики Беларусь от 20.06.2008 г. № 363-3), Закон Республики Беларусь от 23.11.1993 г. № 2583-XII «О санитарно-эпидемическом благополучии населения» (в ред. Закона Республики Беларусь от 16.05.2006 г. № 109-3), Закон Республики Беларусь от 29.06.2003 г. № 217-3 «О качестве и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов для жизни и здоровья» (в ред. от 29.05.2008 г.

№ 343-3), Закон Республики Беларусь от 09.01.2006 г. № 96-3 «О безопасности генно-инженерной деятельности», Закон Республики Беларусь от 04.03.1997 г. № 207-3 «О трансплантации органов и тканей человека» (ред. Закона Республики Беларусь от 09.01.2007 № 207-3).

Так, в Законе Республики Беларусь «О безопасности генно-инженерной деятельности» установлены основы правового регулирования действий людей, занимающихся решением проблем генной инженерии:

- генно-инженерная деятельность осуществляется в замкнутой системе, т. е. в научно-исследовательских лабораториях;

- высвобождение генно-инженерных организмов в окружающую среду для проведения испытаний, т. е. для оценки и отбора полезных и безопасных для человека сортов растений и пород животных на специально обустроенных территориях;

- использование полученных результатов в хозяйственной деятельности;

- перемещение различных генно-инженерных организмов через границу Республики Беларусь, т. е. ввоз, вывоз и транзит, например, семян сельскохозяйственных растений и др.

Любой из этих видов деятельности может выполняться, согласно Закону, лишь при соблюдении основополагающих принципов:

- принятие мер предосторожности при осуществлении генно-инженерной деятельности;

- сохранение биологического разнообразия и естественных экологических систем;

- научно обоснованный, интегрированный и индивидуальный подход при оценке риска возможных неблагоприятных последствий генно-инженерной деятельности для здоровья человека и состояния окружающей среды;

- ответственность за нарушение законодательства в области безопасности генно-инженерной деятельности;

- доступ граждан и общественных организаций к информации в области безопасности генно-инженерной деятельности;

- международное сотрудничество в области безопасности генно-инженерной деятельности.

Закон Республики Беларусь «О трансплантации органов и тканей человека» регулирует права донора и реципиента на охрану их жизни и здоровья.

В статье 6 Закона «Организации здравоохранения, осуществляющие забор органов и трансплантацию» записано: «Забор органов у живого или трупного донора и трансплантация осуществляются только государственными организациями, имеющими специальное разрешение (лицензию), выдаваемое в порядке, предусмотренном законодательством Республики Беларусь». Статья 7 Закона ограничивает круг живых доноров. Ими не могут быть:

- несовершеннолетние лица (за исключением случаев забора костного мозга);

- лица, признанные в установленном порядке недееспособными, а также лица, страдающие психическими расстройствами (заболеваниями);

- лица, у которых обнаружены заболевания, являющиеся опасными для жизни и здоровья реципиента;

- беременные женщины;

- дети-сироты и дети, оставшиеся без попечения родителей.

Закон определяет условия, права и обязанности донора и реципиента.

Забор органов и тканей у живого донора и согласие реципиента осуществляются с письменного согласия сторон. Каждый из них предупреждается о возможном ухудшении состояния здоровья в результате предстоящего медицинского вмешательства (ст. 8, 9, 12). Живой донор обязан сообщить лечащему врачу государственной организации здравоохранения, осуществляющей забор органов, сведения о перенесенных им либо имеющихся у него заболеваниях и вредных привычках.

### 5.3. Этические аспекты биотехнологии

Мир высоких технологий, направленный на удовлетворение потребностей человека, порождает укрепление доверия общества к науке и вместе с тем повышает социальную и нравственную ответственность ученых, медицинских работников, инженеров за применение научных исследований, так как возрастают элементы риска, которым подвергается человек. Все более насущной становится необходимость в разработке этических принципов и стандартов. В реализации этой задачи большая роль принадлежит прикладным этикам: техноэтике, биомедицинской и экологической этике.

*Биоэтика* – область знаний, занимающаяся этической экспертизой внедряемых в медицинскую практику достижений научно-технического прогресса с учетом общечеловеческих и индивидуальных ценностей. Она ориентируется не только на традиционные принципы медицинской этики – «не навреди», соблюдение врачебной тайны, уважительное отношение к учителю, научившего его профессии, – но и разрабатывает новые этические принципы – автономия пациента и врача, информированное согласие врача и пациента, необходимость которых в медицинской практике связана с внедрением в нее достижений биотехнологии. Термин «биоэтика» предложил в 1970 г. американский онколог Ван Ренсселер Поттер. Он призвал объединить усилия представителей гуманитарных наук и естествоиспытателей (прежде всего биологов и врачей) для того, чтобы обеспечить достойные условия жизни людей.

*Техноэтика* – область знаний, рефлексирующая этические основания в системе «человек–техника, технология–природа». Ее целью является разработка этических принципов и стандартов, позволяющих предотвратить угрозу негативных последствий компьютерных технологий – компьютерных преступлений, воздействующих на психику человека и стимулирующих насилие и беспокойство, в сфере нанотехнологий – обратить внимание на безопасность исследований на человеке, в сфере экотехнологий – совершенствовать механизмы принципа биосфероцентризма и т. д.

Основными тенденциями развития техноэтики являются: ответственное использование науки, технологий в обществе, разработка этической адаптации человека и человечества к технике и технологиям, разработка механизмов принятия обществом инноваций, формирование духовно-нравственных ценностей общества по отношению к природе, технике, технологиям и самому человеку.

Термин «техноэтика» впервые был использован в 1974 г. философом Марио Банджи для указания на ответственность инженеров и технологов и на необходимость разработки этики во взаимосвязи с технологией.

*Экологическая этика* – область знаний, предметом которой выступают фундаментальные принципы и проблемы нравственных взаимоотношений в триаде «человек–природа–общество».

Возникнув в 70-х годах XX столетия, ответная духовно-нравственная реакция на инновационные технологии и прикладные

этики вырабатывает нравственные принципы и ориентирует на соблюдение социальной ответственности перед человеком учеными, медицинскими работниками, инженерами, экологами. Человек, как биосоциальное существо, объединяет их усилия.

Медицинский работник опосредованно через технику воздействует на человека (пациента), а потому в своей деятельности он и инженер несут ответственность перед пациентом. Непродуманность проекта, небрежность экспериментатора, некомпетентность персонала в лаборатории, несоблюдение техники безопасности могут привести к непоправимым последствиям. Поэтому все технические исследования должны быть пронизаны этическими и аксиологическими ценностями. В связи с этим расширяется поле диалога ученых, инженеров с техноэтикой, целью которой является обеспечение интересов науки, техники с интересами человека.

Гуманистическим вектором развития медицинских, технических, экологических знаний является принцип «не навреди». Зародившись в недрах древнейших цивилизаций, он получил развитие в настоящее время – в эпоху новых технологий. Принцип «не навреди» – синоним принципа «святости жизни». Он включает в себя признание универсальных прав и свобод личности, коллегиальность, беспристрастный анализ медицинских, технических и технологических ошибок.

Так, в настоящее время в условиях интенсивного развития науки встает вопрос о целесообразности разработок в тех или иных областях, об этичности использования тех или иных механизмов. Например, перспективная область нанотехнологий позволит в будущем работать на уровне генома, корректировать генетические нарушения и тем самым, казалось бы, откроет перспективы лечения наследственных заболеваний. Но с другой стороны, исследования в области манипуляций с геномом, а также клонирование связано с рядом этических аспектов, таких как безопасность исследований для человека, риск использования методик в целях отборов определенных генотипов (евгеника). Технологическая разработка, использование которой предполагается для улучшения здоровья человека, должна пройти тщательную проверку перед внедрением в практику, также необходим постоянный контроль в ходе ее использования.

Как регулятор этической экспертизы, принцип «не навреди» предполагает не только личную безопасность высоких технологий,

но и коллективную. Не случайно в концепции устойчивого развития, которую приняли более 100 стран, одним из условий ее соблюдения является применение экологически безопасных высоких технологий, исходящих из интересов как настоящих, так и будущих поколений.

Следуя принципу «не навреди», ученые, врач, инженер, эколог выполняют свой общественный долг, осознавая ответственность за результаты своей деятельности.

К числу нравственных принципов, разрабатываемых прикладными этиками, относятся принципы информированного согласия и автономии человека (пациента).

Принцип информированного согласия основан на осуществлении права человека на получение полной и достоверной информации о состоянии окружающей среды, его здоровья, функциях и назначении технических устройств и т. д. Примером реализации данного принципа может служить Орхусская конвенция, принятая на Международной конференции «Окружающая среда для Европы» (1998 г.). Согласно ей Стороны конвенции должны обеспечить участие общественности в принятии решений относительно разрешения деятельности, связанной с экологическими рисками. В медицинской практике принцип информированного согласия для пациента означает информирование его врачом о диагнозе, методах лечения, возможном риске, лекарственных средствах. Информированное согласие специалиста означает реализацию его права на информирование – доступ к объективной и поддающейся проверке информации, являющейся основным условием его профессиональной компетентности.

Принцип автономии человека означает самостоятельное, свободное действие на основе рационального понимания им собственного блага. Например, пациент, будучи проинформированным, может выбрать лекарственную форму, прибор, протез либо отказаться от предложенного метода лечения, технологии оперативного вмешательства. Важным этическим принципом является принцип толерантности – гарантированное всем без исключения уважение целостности личности, основных прав и свобод. Основные положения, касающиеся защиты прав и достоинств человека, изложены в концепции о защите прав и достоинств человека в связи с использованием достижений биологии и медицины – «Конвенция о правах человека и биомедицине» – принятой Советом Европы (1996 г.).

Целью конвенции является защита достоинства и индивидуальной целостности каждого человека, гарантия всем без исключения уважения целостности личности, основных прав и свобод.

Каждый человек имеет право на уважение собственной частной жизни, в том числе и право на получение сведений о его здоровье. Интересы и благо отдельного человека должны превалировать над интересами общества и науки. Медицинское вмешательство должно осуществляться лишь после того, как лицо, подвергшееся такому вмешательству, было заранее проинформировано о целях и характере предлагаемого вмешательства, о его возможных последствиях и связанном с ним риске и дало добровольное согласие. Отказ пациента от участия в исследовательской программе не должен отрицательно влиять на отношение к пациенту и на качество оказываемой ему медицинской помощи.

В конвенции большое внимание уделено геному человека. Она запрещает любую форму дискриминации по признаку генетического наследия того или иного лица.

Генетическое тестирование может осуществляться только в целях охраны здоровья и при условии надлежащей консультации специалиста-генетика.

Основные положения нравственного поведения врача и пациента в Республике Беларусь изложены в Кодексе врачебной этики. В лечебно-профилактических учреждениях, аккредитованных для проведения клинических испытаний лекарственных средств, созданы этические комитеты. Во исполнение поручения Совета Министров Республики Беларусь от 26.07.2005 г. № 05/137-143, в целях осуществления общественного контроля за соблюдением этических норм и правил при выполнении работ, связанных с использованием человека и животных как объектов экспериментальных и клинических исследований, в целях соблюдения прав и свобод человека при использовании в отношении его современных достижений науки, проведения образовательной, лечебно-профилактической и иной деятельности при Министерстве здравоохранения Республики как консультативный центр создан Национальный комитет по биоэтике (НКБЭ).

Соблюдение этических принципов является условием гармонизации биосферы и ноосферы – коэволюции человека и цивилизации.

## ТЕМА 6. СОЦИАЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

### 6.1. Естествознание и высокие технологии

Современное естествознание представляет собой основу фундаментальных наук в природоведческой сфере. Именно эти науки лежат в основе интеллектуального ресурса поддержки материального производства, обеспечивают решение важнейших задач жизнедеятельности человечества, производства средств существования (пища, жилище) использования других природных ресурсов для удовлетворения все возрастающих потребностей человека. Инженерная деятельность и техникосзнание опираются на фундаментальное естествознание и в свою очередь являются основой создания материальной культуры, создания индустриальной экономики.

В настоящее время произошли кардинальные изменения в современной науке. Наряду с классической наукой, с ее традиционным делением на фундаментальную и прикладную, появилась неклассическая наука, вернее научно-технологическая деятельность, которая наиболее востребована обществом, так как «работает на рынке услуг и товаров», т. е. является интеллектуальным ресурсом экономических инноваций. Это новые реалии современной науки, с которыми нельзя не считаться. Информационно-технологическая революция (компьютер – это ее реальный символ) привела к синтезу науки, производства (бизнеса) и образования. Если раньше требование союза науки, образования и производства было благим пожеланием, то в настоящее время – приоритет современного инновационного развития.

Чем принципиально отличается современная наука от классической? Прежде всего, тем, что она строится по принципу проектирования, становится культуротворчеством – основой техногенной цивилизации. Как известно, истина конституирует классическую науку. Это означает, что поиск объективной истины составляет основную цель и ценность познавательной деятельности. Разумеется, что по отношению к практической деятельности человека наука является средством решения проблем, стоящих перед человеком, средством удовлетворения его потребностей. Истина в науке, изобретение в инженерии, научно-технологические решения в современной культуре превращаются в средства удовлетворения потребностей потреби-

теля. Это означает не что иное, как превращение результатов научной, изобретательской и иной деятельности в экономические явления. Они становятся нововведениями на рынке товаров и услуг, предоставляя возможность свободного выбора потребителям и получения экономического эффекта для производителя.

*Инновация* (от англ. innovation – «введение новаций», «нововведение»), в буквальном смысле («введение нового») – процесс использования новшества не только в научно-технологическом, но и рыночном, хозяйственно-экономическом смысле. Инновационное развитие, наукоемкие технологии, получившие в экономической литературе название «высоких технологий» становятся приоритетами не только продвинутых корпораций, но и политикой некоторых государств, совершивших рывок из отсталых в процветающие.

Длительное время основой мировой экономики являлись обрабатывающая промышленность и производство товаров. Существенное повышение цен на энергоносители и реальные процентные ставки привело к экономическому спаду и изменению стратегии развития хозяйственного комплекса. Приоритетными стали отрасли, связанные с высокими технологиями (ВТ), внедрение которых позволило ряду государств резко увеличить социально-экономический потенциал и перейти из разряда стран третьего мира в высокоразвитые. Анализ сектора ВТ показал, что он является инновационным и обладает значительным уровнем конкурентоспособности.

Развитие высоких технологий сопровождалось качественными изменениями в системе образования, менеджмента, маркетинга, совершенствованием транспортной и телекоммуникационной систем, повышением квалификации труда, улучшением инвестиционного климата, трансформацией социально-экономического облика государства в целом. Не случайно в 1982 г. Объединенный экономический комитет (США) заявил, что высокотехнологический сектор – важный ресурс для роста производительности и роста национальной экономики. Эта же мысль была поддержана в 1991 г. и Сенатом Соединенных Штатов: «Если нация не станет сегодня продвигать передовые технологии, это будет иметь катастрофические последствия для экономики и национальной безопасности». С начала 1990-х гг. бизнесмены начали вкладывать капитал в новые разработки и большинство экономических аналитиков признали развитие отраслей ВТ приоритетным.

Газета «Нью-Йорк Таймс» провела поиск статей с первым упоминанием термина hi-tech (от англ. high-technology – «высокая технология»). Впервые в прессе он был употреблен в 1957 г. в публикации, обосновывающей возможность использования атомной энергии для Европы. В апреле 1969 г. Роберт Метц в материале, посвященном финансовым проблемам, применил это словосочетание в следующем контексте: «... фонд содержит компьютерное периферийное деловое оборудование и акции (запасы) высокой технологии». До 1970 г. термин «высокая технология» использовался только 26 раз, в течение 1970-х гг. – 450, в 1980-е гг. – более чем 4 тыс. раз.

Современное информационное общество основывается на внедрении высоких технологий, радикально преобразовавших культуру, социум и самого человека. Поскольку их развитие приобрело тотальный характер, определение понятия ВТ и их критериев стало важной задачей. Однако не существует однозначных параметров, согласно которым можно идентифицировать данное явление. Дело в том, что ВТ эволюционируют во времени. Так, технологии 1960-х гг. теперь сочли бы если не совсем уж низкими, то, по крайней мере, несколько примитивными. Это привело к тому, что высокотехнологичными стали считать почти все новые изделия.

Причины неоднозначного понимания ВТ заключаются прежде всего в том, что высокая технология фиксирует определенный процесс культуротворчества, условия его протекания, о вещественные не только в виде артефактов, но и более широкого социокультурного контекста, связанного с изменениями бытия человека в целом. Кроме того, технология, в том числе и высокая, предполагает в результате ее внедрения получение продукта, который весьма многообразен и также получает ярлык ВТ. В качестве социокультурных признаков высокой технологии можно выделить следующие:

– значительное влияние на культуру, социум и самого человека, что приводит к различным, зачастую необратимым системным изменениям социокультурной реальности: появлению проблемы самоидентификации человека, трансформации типа социальных отношений, деструктивности коммуникативной реальности, изменению типов культурного наследования;

– высокая наукоемкость (доля интеллектуального ресурса), большая скорость внедрения, структурная перестройка экономики и форм организации и управления наукой, производством (бизнесом);

– ВТ – ключевой бизнес-продукт и двигатель научно-технологического прогресса, основа создания новых и совершенствования существующих технологических процессов;

– высокие технологии – феномен постнеклассического этапа развития науки, который характеризуется информационно-синергетическим подходом;

– развитие ВТ меняет классическую концепцию менеджмента и маркетинга и предполагает создание новых (вызванных новациями в сфере ВТ) потребностей у массового пользователя;

– ВТ в качестве базовых, системообразующих содержит информационные, нано- и биотехнологии.

Если исходить из философско-методологического аспекта, то можно дать следующее определение ВТ: это совокупность средств, способов и методов решения практических проблем, которые обладают следующими свойствами: направлены на удовлетворение потребностей людей, становятся приоритетом развития человечества, содержат большую долю интеллектуального ресурса, меняют социальную сферу и человека, основываются на информационных технологиях.

## 6.2. Разнообразие высоких технологий

К высоким технологиям относят информационные, нано- и биотехнологии. Кратко рассмотрим нанотехнологии, особенности их возникновения и развития. Главным в развитии нанотехнологий является изменение методологии, основанной на анализе (переходе от сложного к простому), на методологии синтеза – от простого к сложному. В качестве онтологического основания можно выделить определенный уровень разработки атомно-молекулярных моделей строения вещества, возможность «собирать» его из отдельных атомов и молекул, искусственно синтезировать в виде, например, кристаллов, полимеров, белковых молекул и др. Причем это касается не только неорганических, но и органических веществ. В нанотехнологии различают собственно научный слой, представленный фундаментальными и прикладными исследованиями, и технологии, функционирующие в виде конкретных методик и способов, основанных на манипуляции объектами размером от 1 до 100 нанометров ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ).

*Нанотехнология* – это новое междисциплинарное научно-технологическое направление, включающее в себя знания и методы из области физики, химии, биологии, материаловедения, медицины.

Инструментальный, конструктивный аспект нанотехнологии заключается в создании объектов микромира и управлении ими. При этом нанотехнологии помогут осуществить прорыв в ИТ благодаря новым принципам формирования элементной базы, запоминающих устройств, оптических способов передачи информации и др. Такой же рывок ожидается и в развитии биотехнологий за счет разработки биодатчиков, ДНК-чипов, расшифровки геномов и др.

В то же время нанотехнологии опираются на мощную вычислительную технику и компьютерное моделирование, одновременно стимулируя их развитие. Аналогично обстоит дело с симбиозом биотехнологий и нанотехнологий, поскольку они благотворно влияют друг на друга.

Остановимся на специфике развития биотехнологий. *Предмет биотехнологии* – живой организм или субстанция, выделенная из него с целью получения нового продукта (растения или животного) или его модификации с улучшенными качествами, а также проблемы использования живых процессов в производственной деятельности.

В качестве основы биотехнологии выступает генная инженерия. Ее предметом является разработка методов и средств получения биоструктур с заранее заданными (программируемыми) свойствами, которые будут передаваться по наследству и которые невозможно получить классическими селекционными методами. Исследования в этой области носят весьма условный характер, ибо превратились в промышленную сферу производства биочипов, а также секвенирования ДНК и др. Развитие биотехнологий может решить в ближайшей перспективе ряд проблем в лечении человека. Этот процесс будут рассматривать как биотехнологическую модернизацию. Обратная сторона медали связана с этическими вопросами, касающимися морального аспекта допустимости-невозможности реконструкции человеческого тела.

Рассмотрим сущность информационных технологий. Существуют различные подходы к пониманию информационных технологий, наиболее распространенный из них ИТ – технологии обработки информации. Основу ИТ составляет вычислительная техника, которая развивается в виде «смены поколений». Если первые ЭВМ исполь-

зовались для расчетов в военной сфере, то с появлением персональных компьютеров (ПК) их возможности значительно расширились. ПК стали применять не только для профессиональной деятельности, но и для досуга, развлечений. Новый этап связан с появлением локальных сетей, а впоследствии и с объединением различных ПК в глобальную систему Интернет. Это необычайно расширило возможности коммуникаций современного человека.

В производственном аспекте ИТ увеличивают степень автоматизации при создании, обработке и трансляции информации. При этом они выводят человека за пределы технологического процесса обработки информации и предлагают ему возможность выбора программ действий. Проблема создания «искусственного интеллекта» – дело времени. По мнению аналитиков, магистральный путь развития ИТ – создание нейрокомпьютеров. Информационные технологии не случайно являются основой ВТ, поскольку они обладают интегрирующим и синергетическим эффектом по отношению не только к научному, но и технологическому слою современной культуры. Другими словами, информационные технологии являются базисом ВТ, поскольку всякая технология и всякое знание может рассматриваться как информационный процесс, благодаря которому можно автоматизировать каждый этап развития технологии. Благодаря информационному «взрыву» и прежде всего мощному развитию ИТ современная экономика превращается в экономику знаний, а ИТ становятся основой процессов информатизации и глобализации современного общества, оказывающими решающее влияние на изменение социально-культурного бытия человека.

В настоящее время основную стоимость программного обеспечения, новых медицинских препаратов, высокотехнологичного оборудования составляют содержащиеся в них изобретения, инновации, исследования, промышленный дизайн и результаты испытаний, а не металл, пластик или бумага, из которой изготовлен продукт. Так, стоимость основных фондов в компаниях, занятых производством программного обеспечения, составляет порой не более 5–6 % от их рыночной стоимости.

Защита интеллектуальной собственности имеет особое значение для становления Парка высоких технологий в качестве международного. Отлаженная система защиты интеллектуальной собственности является ключевым элементом в поощрении прямых ино-

странных инвестиций и привлечении иностранных компаний-работчиков программных продуктов в качестве резидентов ПВТ.

### **6.3. Инновационные структуры как фактор практического использования достижений естествознания**

**Венчурное финансирование.** О необходимости развития венчурного финансирования впервые сказал Президент Республики Беларусь на совещании с руководителями заграничных учреждений Республики Беларусь 2 августа 2006 г. *Венчурное инвестирование* – прямое вложение денежных средств в финансирование разработок и внедрение их в производство. Это вложение осуществляется в уставной капитал предприятий инвесторами на свой риск и без обязательств по уровню доходности и возврату инвестиций. Реализация наукоемких проектов по разным причинам далеко не всегда завершается предполагаемым конечным результатом. По оценкам западных специалистов более 50 % всех инновационных проектов, связанных с высокими технологиями, закончились провалом. Естественно, что финансирование таких проектов весьма рискованно, однако, достигаемые при положительном результате дивиденды не идут не в какое сравнение с традиционной прибылью.

Ключевым механизмом привлечения частного капитала в отечественную венчурную индустрию является создание венчурных фондов с прямым долевым государственным участием. Государственные средства, инвестируемые в венчурные фонды, будут снижать риски частных инвесторов, входящих в эти фонды, играть роль катализатора и агитатора в привлечении частных средств в венчурную индустрию страны. Такая форма государственного содействия на начальной стадии становления венчурной индустрии показала свою эффективность практически во всех странах.

**Таможенные пошлины и стимулирование внутреннего спроса.** Декретом Президента Республики Беларусь о Парке высоких технологий предусмотрена возможность ввоза компьютерной техники и оборудования для резидентов ПВТ без права перепродажи в течение 2 лет. Однако это лишь первый шаг к развитию информационных технологий в Республике Беларусь, направленный в большей степени на использования современной техники резидентами ПВТ. Необходимо развивать и внутренний рынок информационных

технологий. Это возможно посредством стимулирования спроса населения на приобретение компьютерной техники. Государственная поддержка покупки населением персональных компьютеров является основным средством для ликвидации «цифрового неравенства» между крупными городами и более мелкими населенными пунктами.

**Традиционные отрасли промышленности.** В первую очередь здесь речь идет о развитии машиностроения, легкой промышленности и радиоэлектроники на базе современных информационных технологий.

Основной тенденцией развития промышленного производства в информационную эпоху является переход от вертикального управления к горизонтальным логистическим структурам. Все крупнейшие мировые корпорации строятся по принципу холдинговой структуры. Головное предприятие выполняет функции мозгового центра и определяет стратегию конкурентной борьбы и маркетинга, разработку новых изделий, сбытовую (дилерскую) сеть, а также управляет сетью поставщиков-партнеров.

Собственно производство осуществляется на основе широкого использования кооперации, причем предприятия-партнеры не обязательно входят в состав корпорации, а выбираются на основе оптимизации соотношения цена / качество. Предприятия-партнеры либо поставляют стандартные узлы, детали и комплектующие изделия, либо производят их в индивидуальном порядке на основе документации, разработанной головным предприятием.

Такой подход будет более актуальным в связи с постепенным переходом Беларуси на мировые цены по энергоносителям. Именно поэтому ведущие мировые производители автомобильной техники оставляют за головной компанией роль мозгового центра. Широко используется возможность международной кооперации – дешевые природные ресурсы в России, дисциплина и дешевизна трудовых ресурсов в Китае, знание английского языка для поддержания бизнес-процессов в Индии.

Основой организации современного производства являются информационные технологии, которые обеспечивают поддержку жизненного цикла изделий: маркетинговый анализ, проектирование новых изделий, подготовку производства и испытания, управление.

## **ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ И ВОПРОСОВ ПО ОСНОВАМ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

1. Современное естествознание, его структура и предметное поле исследования.
2. Междисциплинарный статус современного естествознания.
3. Синергетика в физике, химии, биологии.
4. Революции в современном естествознании и их влияние на динамику научных исследований.
5. Дисциплинарная структура современного естествознания.
6. Становление современной физики.
7. Квантово-механическая картина физической реальности.
8. Дисциплинарная структура современной физики.
9. Моделирование физических процессов.
10. Экспериментально-инструментальная база современной физики.
11. Становление современной химии.
12. Предметная структура современной химии.
13. Химия в системе производства.
14. Химическая безопасность и устойчивое развитие общества.
15. Становление биологии как науки.
16. Биология и экология.
17. Биотехнологии, их статус и функции.
18. Предметная структура современной биологии.
19. Биологическая безопасность и устойчивое развитие общества.
20. Этические и правовые аспекты развития современной генетики.
21. Эволюционизм и коэволюционизм в развитии биологических систем.
22. Роль В.И. Вернадского в становлении современного естествознания.
23. Роль А. Эйнштейна в становлении современной физики и космологии.
24. Роль Н. Бора, М. Планка в становлении квантовой механики.
25. Роль Д.И. Менделеева в становлении современной химии.
26. Роль И. Пригожина в формировании междисциплинарной теории современного естествознания.
27. Современное естествознание и высокие технологии.

28. Социальное измерение современного естествознания.
29. Имитационное моделирование живых систем и оптимизация систем управления.
30. Психофизиологическое моделирование процессов жизнедеятельности и обучения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авраменко, И.М. Природопользование: курс лекций для студентов вузов / И.М. Авраменко. – СПб., 2003.
2. Аистов, И.А. Концепции современного естествознания / И.А. Аистов, П.А. Голиков, В.В. Зайцев. – СПб.: Питер, 2005.
3. Вернадский, В.И. Живое вещество и биосфера / В.И. Вернадский. – М.: Наука, 1994.
4. Вернадский, В.И. Избранные труды по истории науки / В.И. Вернадский. – М., 1991.
5. Вернадский, В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения / В.И. Вернадский. – М., 1987.
6. Горелов, А.А. Концепции современного естествознания / А.А. Горелов. – М., 2003.
7. Грушевицкая, Т.Г. Концепции современного естествознания / Т.Г. Грушевицкая, Б.П. Садохин. – М., 2003.
8. Дубнищева, Т.Я. Концепции современного естествознания / Т.Я. Дубнищева. – Новосибирск, 2003.
9. Ишханов, Б.С. Частицы и атомные ядра / Б.С. Ишханов, И.М. Капитонов, П.П. Юдин. – М.: Изд-во МГУ, 2005.
10. Карпенков, С.Х. Концепции современного естествознания / С.Х. Карпенков. – М., 2004.
11. Николис, Г. Познание сложного / Г. Николис, И.Р. Пригожин. – М., 1990.
12. Пригожин, И.Р. Конец определенности. Время, хаос и новые законы природы / И.Р. Пригожин. – Ижевск, 1999.
13. Садохин, А.П. Концепции современного естествознания / А.П. Садохин. – М., 2007.
14. Торосян, В.Г. Концепции современного естествознания: учебное пособие / В.Г. Торосян. – М.: Высшая школа, 2003.
15. Трофимова, Т.И. Курс физики / Т.И. Трофимова. – М., 2003.
16. Хакен, Г. Информация и самоорганизация / Г. Хакен. – М., 1993.
17. Шкловский, И.С. Звезды, их рождение, жизнь и смерть / И.С. Шкловский. – М., 1995.
18. Эйнштейн, А. Собрание научных трудов: в 4 т. / А. Эйнштейн. – М, 1966.
19. Сажин, М.В. Современная космология в популярном изложении / М.В. Сажин. – М., 2002.

20. Князева, Е.И. Основания синергетики / Е.И. Князева, С.П. Курдюмов. – М., 2002.

21. Черепашук, А.М. Вселенная, жизнь, черные дыры / А.М. Черепашук, А.Д. Чернин. – М., 2003.

# ФИЗИКА

## Вопросы для самопроверки

1. Чем обусловлено особое место физики в системе естественно-научного знания?
2. Какие виды материи различают в современном естествознании?
3. Назовите основные типы фундаментальных взаимодействий.
4. Какие особенности квантовой теории следуют из принципа дополнителности?
5. Назовите и объясните релятивистские эффекты.
6. Как формулируются постулаты Эйнштейна в СТО?
7. Объясните суть понятия «неравновесная термодинамика».
8. Почему эволюционная проблема стала основной в астрономии и космологии?

## Темы рефератов

1. Место физики в системе естественно-научного знания.
2. Проблема «строения материи» в современной физике.
3. Квантовая физика и ее особенности.
4. Концепция вакуума в современной физике.
5. Вселенная как объект космологии.
6. Релятивистская космология и дискуссии вокруг нее.
7. Открытия в физике и научно-технический прогресс (вторая половина XX века).

## Термины

**Адроны** – частицы (барионы и мезоны), участвующие в сильных взаимодействиях.

**Античастицы** – частицы, отличающиеся от соответствующих частиц знаками электрического заряда, магнитного момента, барионного или лептонного заряда.

**Астрономия** – наука о строении и развитии космических тел и всей Вселенной.

**Атом** – мельчайшая частица элемента, являющаяся носителем его химических свойств.

**Аттрактер** – относительно устойчивое состояние системы, которое как бы притягивает к себе все множество траекторий развития, возможных после точки бифуркации.

**Барионы** – сильно взаимодействующие частицы с полуцелым спином.

**Бифуркация** – раздвоение, вилообразное разделение.

**Великое объединение** – попытка единого объяснения электромагнитных, слабых и сильных взаимодействий.

**Волновая функция** – в квантовой механике основная величина, описывающая состояние системы и позволяющая находить вероятностные и средние значения физических величин.

**Гамма-квант** – фотон большой энергии. Возникает при квантовых переходах в атомных ядрах и реакциях элементарных частиц.

**Глюонное поле** – поле, осуществляющее взаимодействие между кварками и удерживающее их внутри адронов.

**Дифракция** – отклонение световых лучей при прохождении мимо препятствия, обусловленное волновой природой света.

**Инвариантность** – неизменность величины при изменении физических условий или при каких-либо преобразованиях.

**Калибровочная инвариантность** – инвариантность электродинамических явлений при изменениях векторного потенциала, сохраняющих величину и направление электрического и магнитных полей в каждой точке.

**Квант** – наименьшая порция энергии – фотон, энергия которого пропорциональна частоте электромагнитного излучения. В настоящее время понятие кванта как наименьшей дискретной частицы действия расширено.

**Квантовые числа** – числа, характеризующие состояния или внутренние свойства частиц: момент, заряд, энергию.

**Константа** – постоянная, неизменяющаяся величина.

**Корпускула** – частица в классической (неквантовой) физике.

**Космология** – физическое учение о Вселенной как целом, основанное на результатах исследования наиболее общих свойств той части планеты, которая доступна для астрономических наблюдений.

**Масса** – одна из основных физических характеристик материи, являющаяся мерой ее инерции и гравитационных свойств.

**Поле** – совокупность значений некоторой физической величины во всех точках пространства в данный момент времени, например, силовое поле – область действия силы.

**Реликтовое излучение** – электромагнитное излучение, оставшееся от того времени, когда Вселенная была сверхплотной, и охлаждавшееся из-за расширения Вселенной.

**Сильное взаимодействие** – самое сильное из фундаментальных взаимодействий элементарных частиц. В сильном взаимодействии участвуют адроны.

**Симметрия** – инвариантность физических объектов относительно каких-либо преобразований, например, относительно сдвигов и поворотов системы координат.

**Синергетика** – наука о самоорганизации физических, биологических и социальных систем.

**Слабое взаимодействие** – одно из фундаментальных взаимодействий, в котором участвуют все элементарные частицы, обуславливает большинство распадов (слабые распады) элементарных частиц, взаимодействие нейтрино с веществом и т. д. В слабом взаимодействии нарушаются пространственная четкость (зеркальная симметрия) и временная обратимость.

**Спин** – количественная характеристика вращательного движения элементарных частиц.

**Стохастический** – случайный, вероятностный.

**Точка бифуркации** – состояние системы, после которого возможно некоторое множество вариантов ее дальнейшего развития.

**Фазовый переход** – переход вещества из одного состояния в другое, отличающееся характером симметрии (параметром порядка), например, переход жидкости в кристалл.

**Флуктуации** – случайные отклонения физических величин от средних значений, вызываемые тепловым движением или квантовомеханической неопределенностью.

**Шредингера уравнение** – основное уравнение нерелятивистской квантовой механики, которое позволяет определить возможные состояния системы, а также изменения состояний во времени.

**Электрон** – стабильная элементарная частица с единичным отрицательным электрическим зарядом. Входит в состав всех атомов и молекул.

**Энтропия** – функция состояния термодинамической системы, мера неупорядоченности системы.

# ХИМИЯ

## Вопросы для самопроверки

1. Что такое химический элемент?
2. В чем различие формулировки Периодического закона, данной Д.И. Менделеевым, и современной интерпретации этого закона?
3. Какое из фундаментальных физических взаимодействий реализуется в химической связи?
4. Назовите наиболее распространенные виды химических связей.
5. В чем заключаются основные положения атомно-молекулярного учения в химии?
6. Что понимается под эволюцией химической системы?

## Темы рефератов

1. Строение современной химической теории.
2. Концептуальные системы химии и их эволюция.
3. Вещество как предмет химии.
4. Место реакции Белоусова–Жаботинского в химии и в современной науке.
5. Химия и физика: редукция или интеграция?
6. Теоретическая химия и современная химическая промышленность.

## Термины

**Атом** – мельчайшая частица химического элемента, сохраняющая его химические свойства.

**Атомная масса** – средняя масса атома, выраженная в атомных единицах (1/12 часть массы углерода).

**Атомный номер** – порядковый номер элемента в Периодической таблице, определяет число протонов в атомном ядре и его заряд.

**Валентность** – свойство атома данного элемента присоединять определенное количество атомов другого.

**Изомеры** – вещества, одинаковые по составу, но с разным расположением атомов в молекуле и, следовательно, с различными свойствами.

**Изотопы** – разновидности химического элемента, в ядре которого при одинаковом числе протонов находится различное число нейтронов.

**Ковалентная связь** – образуется между атомами, если некоторые электроны принадлежат одновременно разным атомам.

**Молекула** – наименьшая частица вещества, обладающая его химическими свойствами, состоит из атомов, число которых колеблется в очень широких пределах, до сотен тысяч.

**Полимеризация** – цепная реакция синтеза полимеров (высокомолекулярных соединений), при которых взаимодействие молекул мономеров не сопровождается выделением побочных низкомолекулярных соединений.

**Равновесие химическое** – создается одновременно протеканием прямой и обратной реакций в закрытой системе.

**Реакция** – превращение одних веществ в другие, отличающиеся от исходных по составу и свойствам.

**Связь** – соединение атомов друг с другом. Различают ионную (противоположно заряженные атомы, притягиваются друг к другу), ковалентную (связь между двумя атомами, осуществляемая общими для них электронами) и металлическую (связь между ионами металла и свободными электронами – самая прочная).

**Синтез** – получение сложных химических соединений из более простых.

**Цепная реакция** (химическая) – тип реакции, в которой появление каждой активной частицы втягивает в реакцию большое число молекул исходных веществ.

**Элемент** – совокупность атомов, обладающих одинаковым зарядом ядра (номером в периодической системе).

# ГЕОЛОГИЯ

## Вопросы для самопроверки

1. Назовите основные гипотезы образования Земли.
2. Как называется оболочка Земли, состоящая из земной коры и верхней части мантии?
3. Назовите три слоя, составляющие материковую земную кору.
4. Перечислите важнейшие функции гидросферы Земли. Каким образом вода осуществляет терморегуляцию планеты?
5. Какова роль гидросферы в круговороте веществ в природе?
6. Почему теория тектоники литосферных плит носит глобальный характер?
7. В чем сущность геохимического учения В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере?

## Темы рефератов

1. Проблема происхождения Земли в современной геологии.
2. Земля и ее оболочки.
3. Становление геологии как науки.
4. Геологический календарь.
5. Теория мобилизма.
6. Сущность геохимического учения В.И. Вернадского о биосфере и ноосфере.
7. Инженерная геология и гидрогеология: их место и роль в инженерной практике.
8. Геология и экология.

## Термины и понятия

**Абиогенное вещество (процессы)** – вещество (процессы), возникшее (протекающее) без участия живых организмов.

**Анаэробная среда** – среда, лишенная свободного кислорода.

**Аэробная среда** – среда, содержащая свободный кислород.

**биогенное вещество** – вещество, создаваемое в процессе деятельности живых организмов.

**Биогеохимический круговорот** – процессы превращения вещества в биосфере.

**Биокосная система** – область распространения жизни на Земле (часть атмосферы, гидросферы и верхняя часть земной коры).

**Геосинклираль** – подвижная область земной коры, где отмечается интенсивное складкообразование и магматическая деятельность, область длительного прогибания и накопления морских осадков.

**Живое вещество** – совокупность живых организмов биосферы.

**Косное вещество** – вещество, возникшее без участия живых организмов.

**Литосфера** – наружная, «твердая» оболочка Земли, включает земную кору и часть верхней мантии.

**Магма** – расплавленная масса сложного состава, находящаяся в недрах Земли.

**Магнитосфера** – область околоземного пространства, физические свойства которого определяются магнитным полем Земли.

**Мантия** – оболочка твердой Земли, расположенная между земной корой и ядром на глубине от 5–70 км до 2900 км от поверхности.

**Платформы** – области земной коры, не способные к смятию, покрытые спокойно залегающими осадочными породами. На платформах наблюдаются медленные колебательные движения.

**Полезные ископаемые** – природные скопления минералов или горных пород, используемых человеком.

**Складки горных пород** – волнообразные изгибы пластов горных пород различной формы и величины.

**Ядро Земли** – центральная часть земного шара. Радиус ядра 3471 км.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ТЕМА 1. СИСТЕМА ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО ЗНАНИЯ: ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ И ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ .....	5
1.1. История развития естествознания до современного его состояния .....	5
1.2. Становление современного естествознания .....	7
1.3. Структура современного естествознания .....	10
ТЕМА 2. ФИЗИЧЕСКАЯ КАРТИНА МИРА.....	18
2.1. Физика как система знаний.....	18
2.2. Физическое моделирование и описание природных явлений и фундаментальных взаимодействий .....	38
ТЕМА 3. ХИМИЯ В КОНТЕКСТЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА .....	59
3.1. Химия в структуре естествознания .....	59
3.2. Химический элемент.....	61
3.3. Структура вещества и его свойства.....	64
ТЕМА 4. ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОЛОГИИ.....	67
4.1. Геология как наука, ее предмет и задачи .....	67
4.2. Гипотезы образования Земли .....	71
4.3. Понятие биосферы .....	78
ТЕМА 5. СПЕЦИФИКА, СТРУКТУРА И ПРОБЛЕМНОЕ ПОЛЕ СОВРЕМЕННОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОЗНАНИЯ .....	81
5.1. Биология как наука .....	81
5.2. Биобезопасность: правовые аспекты регулирующего биотехнологии.....	90
5.3. Этические аспекты биотехнологии .....	93
ТЕМА 6. СОЦИАЛЬНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ .....	98
6.1. Естествознание и высокие технологии .....	98
6.2. Разнообразие высоких технологий .....	101
6.3. Инновационные структуры как фактор практического использования достижений естествознания .....	104
ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ И ВОПРОСОВ ПО ОСНОВАМ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ.....	106
ЛИТЕРАТУРА .....	108

ФИЗИКА.....	110
Вопросы для самопроверки.....	110
Темы рефератов.....	110
Термины.....	110
ХИМИЯ.....	113
Вопросы для самопроверки.....	113
Темы рефератов.....	113
Термины.....	113
ГЕОЛОГИЯ.....	115
Вопросы для самопроверки.....	115
Темы рефератов.....	115
Термины и понятия.....	115

Учебное издание

ЛОЙКО Александр Иванович  
СТАРЖИНСКИЙ Валерий Павлович  
ФОНОТОВА Эльвира Андреевна  
КАНАРСКАЯ Валентина Иосифовна

ОСНОВЫ  
СОВРЕМЕННОГО  
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

Методическое пособие

Редактор Т.В. Кипель  
Компьютерная верстка Д.А. Исаева

---

Подписано в печать 16.09.2011.

Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 6,92. Уч.-изд. л. 5,41. Тираж 300. Заказ 702.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Белорусский национальный технический университет.  
ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.  
Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.