

Министерство образования и науки Российской Федерации

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПЕТРА ВЕЛИКОГО

О.Д. Шипунова

ФИЛОСОФСКИЕ АСПЕКТЫ
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ

Учебное пособие

Санкт-Петербург
2022

Шипунова О.Д. **Философские аспекты междисциплинарных исследований в современной науке** : учебное пособие для аспирантов и соискателей – СПб., 2022. – 100 с.

Содержание учебного пособия соответствует программе подготовки в аспирантуре по направлению 47.06.01 Философия, этика и религиоведение, по научной специальности 5.7.6 «Философия науки и техники». Материал данного пособия соответствует дисциплине вариативной части учебного плана Б1.В.ДВ.01 «Философские аспекты междисциплинарных исследований в современной науке», обеспечивает подготовку к кандидатскому экзамену по специальности 5.7.6 «Философия науки и техники» в соответствии с паспортом специальности. В пособии рассматривается динамика взаимоотношений различных областей науки на разных этапах ее развития и в современных условиях; роль научной картины мира в интеграции знания, развитие междисциплинарной методологии науки в XX-XXI вв. Особое внимание уделено мировоззренческим и методологическим принципам информационной и синергетической парадигмы в становлении междисциплинарной эпистемологии постнеклассической науки. Выделена эволюция когнитивного подхода в исследовании природы человека и его сознания. Материал пособия способствует формированию знаний о социально-историческом характере базовых моделей научного объяснения и принципах системной аналитики в междисциплинарных исследованиях.

Предназначено для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук по философским наукам в соответствии с паспортом специальности 5.7.6 «Философия науки и техники».

Глава 1. Динамика взаимоотношений различных областей науки на разных этапах ее развития в современных условиях.

1.1 Философские аспекты взаимоотношений математики, науки и техники в Эпоху Возрождения

Эпоха Возрождения начинается со второй половины XVв., когда в Западной Европе происходит ряд социально-экономических изменений, которые сопровождаются переменами в устроении, в отношении к человеку, ремеслам и наукам, а также к античному наследию. Во Франции это – период Ренессанса, в Германии – период Реформации. Итальянцы называют это период Чинквеченто.

В период со второй половины XVв. и на протяжении нескольких столетий (вплоть до XIX в.) углубляется процесс отделения, обособления государства, науки, искусства, образования от материально-экономической и духовной власти церкви. Самостоятельность по отношению к церкви обретают экономическая и государственная жизнь, утверждается светская власть в виде абсолютной монархии. Именно в это время возникают первые мануфактуры и банки, оформляются основания современного буржуазного общества, мировой торговли и крупной промышленности. Философия, наука, искусство (в частности, ремесло и техника) приобретают светскую материальную базу в лице меценатов и государей. Это сказывается на отношении к ученому, художнику, инженеру и вообще к человеку.

Активными субъектами в средневековую эпоху выступали сословия и корпорации (ремесленный цех, родовая фамилия, орден и т.п.). Средневековый ученый или выдающийся деятель всегда был представителем системы (церкви, государства, ордена), в центре которой он стоял. Поэтому многие изобретения этого времени анонимны. Изобретатели для распространения своего детища приписывали его какому-нибудь важному авторитетному лицу.

Эпоха Возрождения создает новые установки в отношении человека и его деятельности. Идеал, сформированный в эту эпоху, - индивидуум, который представляет не корпорацию или союз, а самого себя. Приоритетный мотив его действия - стремление к самоутверждению, самостоятельности, не следование традиции, а ее изменение и создание нового. Все свои достижения он склонен приписывать самому себе и своему таланту, а не традиции и не Богу.

В эпоху Возрождения мастерство становится средством удовлетворения честолюбия и средством к жизни. Именно в эпоху Возрождения социальная

среда сознательно культивирует стремление индивидуума отличиться от всех, которое способствовало развитию наук, ремесел, искусства, но порождало сильнейшие страсти – честолюбие, жажду славы, известности. Общая атмосфера, окружающая одаренных людей, - поклонение, подобное почитанию героев в античности, святых – в средние века. Это почитание строилось не на пустом месте. Титаны Возрождения – деятели, творцы, обладающие энциклопедическими знаниями и разносторонними талантами.

В это же время формируется гуманистическая философия, главный мотив которой - возвращение к идеалам античности, возвращение человека в лоно природы. Но античное представление о человеке как части космоса существенно изменяется. Возрожденческий гуманизм подчеркивает, что человек – не просто природное существо (в античности человек признает природу своей госпожой), но он творец самого себя и этим отличается от других живых существ. Более того, он способен сотворить и природу, и светила, если найдет соответствующий материал и орудия. В европейском сознании утверждается установка, что для человека нет ничего невозможного в природе. Человек старается подражать творцу вначале, затем ищет и стремится увидеть закон построения вещей.

В античности высшим родом деятельности считалось созерцание (умозрение), ему отдавалось предпочтение перед деятельностью практической, суетной, поскольку оно приобщает человека к самой сущности природы, к тому, что всегда есть, к вечности. В средние века приоритетной деятельностью было спасение души (молитва, богослужение, культовый ритуал). В эпоху Возрождения собственная деятельность индивидуума приобретает оттенок сакральности, поскольку он своей деятельностью не только удовлетворяет непосредственные земные нужды, но творит мир, красоту и самого себя. Сотворение самого себя как самое высокое, что есть в мире – главный тезис гуманизма.

Благодаря этой мировоззренческой установке в эпоху Возрождения снимается проведенная в античности граница между естественным (нерукотворным) и искусственным (рукотворным), между наукой и практическими искусствами (художеством, ремеслом, архитектурой, строительством, механикой). Эту границу уже размыли средневековые представления об опытной науке. Благодаря новому пониманию человека и новому отношению к его деятельности эпоха Возрождения создает предпосылки для стирания грани между «природным» и «техническим», между ученым (теоретиком) и художником, инженером (практиком). Инженер и художник эпохи Возрождения - не просто искусник («хитрец»), он - творец, усматривающий природный закон построения вещей.

Особенности развитие науки в эпоху Возрождения связаны с появлением новой социальной среды, новых школ и университетов. Возникает немногочисленный слой людей, единственным занятием которой является выполнение гражданских и военных сооружений. Такие умельцы ценились королями, герцогами, горожанами, черпали свои знания и методы расчетов из математики и механики. Так, на смену традиционному ремесленному цеху приходит инженерная деятельность, опирающаяся на науку, а природа начинает рассматриваться как объект практической деятельности, подчиняющейся законам самой природы.

Появляются инженеры-самоучки, которые руководят и сами устанавливают сооружения (насосы, водяные и ветряные мельницы, чинят фонтаны и механизмы). Эти люди, расширяя свои знания и распространяя их, занимают важное место в обществе, выполняя функции учителей, организаторов научно-художественно-ремесленных школ. В подобной школе у Вероккьо учился Леонардо да Винчи, который сочетал создание художественных произведений с сооружением различных увеселительных механизмов, гидротехнических проектов, руководил фортификационными работами. Большую часть гонораров Леонардо получал как гражданский и военный инженер.

Математика в науке эпохи Возрождения

С именем Леонардо связано *распространение проектного способа познания*, предполагающего графическое изображение (визуализацию) объектов природы в виде схемы, модели. Чертеж становится одной из необходимых форм конструирования в инженерной технике и кладет начало геометрической интерпретации физических процессов. Подлинного знания природы вещей, по мнению Леонардо, можно достичь не вербальным описанием явления, а с помощью образов (геометрических построений). Его теория перспективы, в которой глаз рассматривается как рабочий инструмент (измерительное устройство), имела большое влияние на Галилея. Леонардо построил модель человеческого глаза, с помощью которой пытался объяснить его природу и действие. Эта геометрическая модель Леонардо стала первым искусственным объектом, специально созданным для объяснения естественного механизма зрения.

Художники эпохи Возрождения ценили математику, придавали ей решающее значение в овладении искусством. Перспектива, согласно Леонардо, - средство, своеобразный мост между природным объектом и его геометрическим эквивалентом, который служит для перевода трехмерных изображений реального мира в плоские геометрические фигуры, а также для изображения невидимых сил природы. Этот метод очень важен для науки,

поскольку устанавливает связь между абстрактным и конкретным, природой и геометрией. Следующий шаг в этом направлении делает уже Рене Декарт (XVIIв.), переводя геометрическую схему в алгебраическое выражение, вводя понятие функции, связующее понятия уравнения и линии в своей аналитической геометрии.

Так в эпоху Возрождения, благодаря Леонардо в познании природы распространяется новая методологическая установка, согласно которой истинное понимание естественного, природного достижимо только посредством искусственного построения (проекта, схемы, модели). Примечательно, что список инженерных изобретений, описанных Леонардо, и возможных работ (проектов) вполне реализуем.

Деятели Возрождения, в отличие от средневековой цеховой традиции, стремятся сделать свои труды и тайны мастерства всеобщим достоянием, обнародовать свое авторство и прославиться. Средневековому обществу не знакома борьба за приоритет в науке, которая с большой остротой обозначилась уже в XVII – XVIII вв.

Научная литература как особый жанр формируется в средние века в виде текстов лекций, которые читаются в университете. Наряду с энциклопедиями официальные тексты лекций издавались в виде книг. Рукописная книга уже в средние века - не только роскошь, она становится необходимым средством распространения знания в университете. Именно тогда рождается книга-учебник.

В эпоху Возрождения возникает новый жанр научной литературы: трактаты, письма, диалоги, беседы, а также техническая литература в виде энциклопедии технических знаний. Автор одного из первых трудов такого рода - «Пиротехния» (1540г.) - итальянский ученый и инженер Ваноччо Беренгуччо собрал в ней сведения и рецепты относительно производства металлов и сплавов, разведки и добывания полезных ископаемых, получения и обработки черных, цветных и благородных металлов, производства химических веществ, изготовления орудий труда и предметов домашнего обихода. В 1556г. появилась книга немецкого ученого и инженера Георгия Агриколы «О горном деле и металлургии в двенадцати книгах», вышедшая на латинском языке. Позже в жанре технической литературы издавались всевозможные «театры машин» и «театры мельниц».

Развитие идеи бесконечности в натурфилософии эпохи Возрождения связана с именами Николая Кузанского, сформулировавшего новые мировоззренческие принципы и принципы новой математики, создателя гелиоцентрической системы Николая Коперника, а также одного из

родоначальников точного экспериментального естествознания Галилео Галилея.

Внимание философов, математиков и естествоиспытателей эпохи Возрождения привлекает *понятие бесконечности*, при этом изменяется само содержание понятия бесконечного по отношению к его античной трактовке. В эпоху Возрождения снимается противоположность бесконечного и единого (что характерно для античного мировоззрения). *Бесконечное и единое* отождествляются и очищаются (абстрагируются) от количества.

В работах Николая Кузанского, который делает *бесконечность* предметом философского исследования, развивая идею совпадения противоположностей, максимума и минимума, центра и периферии, заложены основания нового мировоззрения (натурфилософии в виде пантеизма) и новой науки (в частности новой математики). Николай Кузанский разъясняет понятие максимума и минимума через количество: максимальное количество есть максимально великое, минимальное количество есть максимально малое. «Очищая максимум и минимум от количества, мысленно отбрасывая большое и малое, тебе станет очевидным, что максимум и минимум совпадают». В понятии максимума и минимума нужно освободиться от количественных определений. В действительности максимум и минимум – превосходная степень, а в понятии абсолютного количества максимум и минимум совпадают. Таким образом, у Кузанского появляется понятие «бесконечного единства», в котором соединяются противоположности, также как в понятии абсолютного количества.

В средние века актуальное бытие бога представляли как бесконечную сферу, сравнивали бесконечную истину с бесконечной прямизной, всеблагую троицу с треугольником, имеющим три равных прямых угла (бесконечный треугольник), бесконечное единство с бесконечным кругом. Бесконечная линия, бесконечная сфера, бесконечный треугольник – понятия, не приемлемые для античной математики и философии. Стремясь ввести в математику понятие бесконечность, Н. Кузанский развивает традицию средневекового мышления представлять божественное как бесконечное единство.

Новый метод в математике, который формулирует Н. Кузанский связан с требованиями: 1) рассматривать конечные математические фигуры «в их влечениях»; 2) переводить конечные фигуры в бесконечные, оставляя формальное определение фигуры; 3) исследовать основания конечных фигур, «доведя их до простого максимума, абсолютно очищенного от всякой фигуры». С этой точки зрения, фигуры (линия, треугольник, сфера) различаются, будучи конечными, но теряют свои различия, становясь

бесконечными. «Способность воображения, не возвышающаяся над видом чувственных вещей, не в состоянии представить, что линия может быть треугольником, потому что это неоднородные количества, но разумом это так легко понять».

Всякая измеримая вещь, согласно Н. Кузанскому, находится между максимумом и минимумом. Н. Кузанский утверждал, что если бы имелась бесконечная линия, она была бы прямой, треугольником, была бы кругом и была бы сферой. Очевидно, что бесконечная линия – прямая. Диаметр круга – прямая линия, а окружность – кривая линия, больше чем диаметр. По мере того, как радиус круга стремится к бесконечности (становится бесконечной прямой), окружность стремится к прямой линии, поскольку ее кривизна стремится к минимуму. В бесконечности все теряет свою завершенность, самодовлеющую природу и становится всем или ничем, поскольку противоположности в бесконечности совпадают.

Н. Кузанский открывает *новый подход к математическим объектам*, предлагая рассматривать неизмеримое, бесконечное, как истинную меру всего. Новые познавательные возможности его подхода в отличие от геометрии Евклида, где внимание сосредоточено на определенности и завершенности, связаны с рассмотрением фигур во взаимном переходе друг в друга. Это становится возможным благодаря понятию предельных переходов, где мерой выступает бесконечность. Переход от вписанного в круг многоугольника к кругу представлял собой неразрешимую проблему античной математике. Евклид и Архимед полагали, что различие круга и многоугольника не может быть преодолено, сколько бы мы не увеличивали количество сторон многоугольника. Н. Кузанский первым отважился на утверждение, что круг по своему понятийному содержанию и по бытию есть не что иное, как многоугольник с бесконечным количеством сторон. Для современного студента, знакомого с дифференциальным и интегральным исчислением, это выглядит вполне естественно.

В мировоззрении Н. Кузанского бесконечность связана с божественным всемогуществом и носит сакральный характер. Вселенная не является бесконечной, в истинном смысле бесконечен только Бог, которого он определяет как абсолютную возможность. Обоснование конечности мира у Н. Кузанского выглядит так: поскольку ограничение возможности исходит от Бога, а ограничения действия – от случайности, мир, по необходимости ограниченный случайностью, конечен.

У Николая Коперника *понятие бесконечности* играет вспомогательную роль как *натурфилософское допущение*. В своем знаменитом труде «О вращении небесных сфер» Н. Коперник формулирует семь постулатов

гелиоцентрической системы мира, противостоящей признанной системе Птолемея. Он согласен с Птолемеем только в том, что Земля и небесный свод имеют сферическую форму. В «Малом комментарии относительно установленных гипотез о небесных движениях» Коперник формулирует семь постулатов.

1. Не существует одного центра для всех небесных орбит или сфер.

2. Центр Земли не является центром мира, но только центром тяготения Лунной орбиты.

3. Все сферы движутся вокруг Солнца, расположенного в центре мира.

4. Отношение радиуса земной орбиты к радиусу вселенной меньше, чем отношение радиуса Земли к радиусу земной орбиты. Радиус Земли можно принять за исчезающе малую величину по сравнению с размером Вселенной, но такой же исчезающе малой величиной является также и земная орбита («несущий землю великий круг»).

5. Все движения, наблюдаемые у небесной тверди, принадлежат не ей самой, а Земле. Именно Земля с ближайшими к ней стихиями вращается в суточном движении вокруг неизменных своих полюсов, причем твердь и самое высшее небо остаются все время неподвижными.

6. Все замечаемые нами у Солнца движения не свойственны ему, но принадлежат Земле и нашей сфере, вместе с которой мы вращаемся вокруг Солнца, как и всякая другая планета, таким образом, Земля имеет несколько движений.

7. Кажущиеся прямые и попятные движения планет принадлежат не им, а Земле. Таким образом, одно это движение достаточно для объяснения большого числа видимых в небе неравномерностей.

Постулат Коперника об исчезающе малой величине земной орбиты неизмеримо расширил масштабы Вселенной, по сравнению с принятой до сих пор системой Птолемея, в которой допускалось, что можно принять за точку Землю по отношению к расстоянию до сферы неподвижных звезд. Коперник же утверждает, что мир сферичен, неизмерим и подобен бесконечности, то есть вселенная сравнима с бесконечностью, также как земная орбита («Великий круг») сравнима с точкой. И Вселенная, и земная орбита таковы по отношению друг к другу. Коперник называет Небо бесконечным, а расстояние от Земли до небесного свода – бесконечно большим. Величина Неба, согласно Копернику, по сравнению с Землей не является конечной и до каких пор распространяется эта необъятность, никоим образом неизвестно. Точно также и в обратную сторону – у мельчайших и неделимых телец, называемых атомами. Опираясь на аксиому Аристотеля, согласно которой бесконечное не может быть ни пройдено, ни

каким-либо образом приведено в движение, Коперник утверждает, что небо неподвижно, а все наблюдаемые феномены – результат движения Земли. Аксиому древней астрономии, что бесконечному невозможно двигаться, которая служила аргументом в пользу конечности вселенной, Коперник использует в качестве дополнительного аргумента в пользу неподвижности неба. Коперник не доказывает бесконечность Вселенной, но допускает эту бесконечность, поскольку такое допущение подкрепляет его идею о вращении Земли.

Как видим, *идея бесконечности* в эпоху Возрождения становится темой размышления не только философов и теологов, но также и математиков, которые видят в допущении бесконечности решение астрономических проблем. Коперник ищет новые гипотезы, когда ему не удается с помощью старых концепций согласовать между собой наблюдаемые факты. Гипотезы ему нужны не сами по себе, а для построения стройной системы, объясняющей наблюдаемые явления. Новые гипотезы ищутся в общепhilosophическом контексте, на мировоззренческом уровне. Коперник обращается к натурфилософским идеям, которые «носятся в воздухе». Известно, что Коперник был хорошо знаком с новыми направлениями мысли. Он учился в Италии, где широкое распространение получил неоплатонизм, был знаком с выдающимся гуманистом XVв. Пико делла Мирандолой.

Н. Коперник в вопросе о бесконечности пошел дальше Н. Кузанского, приписывавшего атрибут бесконечности только Богу. Коперник, делая оговорки, создает представление о бесконечной Вселенной. Именно на Коперника ссылается Дж. Бруно, доказывая (а не только допуская) бесконечность мира.

Взгляды Коперника и его гелиоцентрическая система мира сыграли решающую роль в становлении и развитии астрономии - науки о движении небесных тел и физики - науки о движении в целом. Постулат Коперника о вращении Земли подрывал основы аристотелевой физики, ставил под сомнение теорию естественных и насильственных движений. Сам Коперник не мог предложить новой теории движения, поэтому вынужден был признавать, что Земля, не являясь центром мира, является все же центром тяготения. Возникла проблема - каким считать движение Земли (вращательное – вокруг своей оси, и поступательное – вокруг Солнца) – естественным или насильственным. Сохраняя основные принципы физики Аристотеля, Коперник ввел новое понятие тела, которое, «пребывая в своем природном месте и в целостности», движется равномерными круговыми движениями, уподобляясь покоящемуся. Такое примирение

гелиоцентрической системы с физикой Аристотеля было искусственным, не убеждало современников Коперника и явилось одной из причин того, что гелиоцентрическая система допускалась только в качестве абстрактной гипотезы и не признавалась большинством ученых до тех пор, пока не была создана кинематика на основе принципа инерции Галилея.

В эпоху Возрождения окончательно складываются противоположные античной натурфилософии установки в понимании отношения конечного и бесконечного, выступившие мировоззренческими предпосылками новой системы математики и естествознания. Для древнегреческого ученого предел выше беспредельного, форма совершеннее материи, завершенное и целое прекраснее незавершенного, становящегося, бесконечного. Для ученого эпохи Возрождения беспредельное совершеннее формы, бесконечное предпочтительнее перед имеющим предел, становление и непрерывное превращение – выше неподвижности.

Ключевые понятия натурфилософии как системы естествознания оказываются связанными с новой трактовкой бесконечности, на основании которой складываются предпосылки математики бесконечно малых (теории пределов) и новой космологии. В основание новой системы познания природы легли следующие идеи Коперника:

- любое движение относительно;
- нет различия между движением земных и небесных тел;
- математические формулы выражение реальных закономерностей.

1.2 Соотношение математики и механики в Античности и в эпоху Возрождения.

Идеи Коперника были диаметрально противоположны античным и средневековым представлениям об отношении математики и физики, согласно которым, математика, соприкасаясь сверху с постижением первых начал, со знанием, существующим в чистой мысли, спускаясь вниз, доходит до чувственно воспринимаемых результатов. Именно поэтому возникают производные от нее знания в виде механики и оптики, а также другие виды умопознания, связанные с чувственно воспринимаемыми вещами. Механика, оптика, астрономия – сфера реализации априорных геометрических схем. В античной традиции математические сущности обладают самостоятельной реальностью и существуют еще до самих вещей. Душа порождает математические виды и рациональные построения, а затем уже в чувственно порождаемые предметы. Математика как доказательная наука не должна обращать внимания на чувственно воспринимаемое – позднее возникшее и

более неясное, - а должна «рассматривать постижимое разумом и более совершенное, нежели ведомое ощущению и мнению». Математика в античном представлении – наука о рациональных построениях разума, изучение сводится к припоминанию вечных рациональных построений, которые уже находятся в душе. Переход от знания к практическим отношениям, выявляемым в реальном предмете или явлении, всецело принадлежит искусству, а не науке.

Архимед первым истории науки привел во взаимное соответствие геометрическую схему и механическую конструкцию, введя предметно-теоретическое понятие центра тяжести – центра, вокруг которого по концентрическим окружностям располагаются уравновешенные части тела. Разделение геометрической фигуры (равномерной по толщине и однородной по весу) соответствует ее уравновешиванию, так геометрическая операция заменяется механической. Если действия тела на плечо рычага сводится к действию его центра тяжести, то при однородном распределении тяжести по объему (в случае идеальной геометрической фигуры) равновесие есть равновеликость. Мысленное взвешивание геометрических фигур становится универсальным методом решения традиционной задачи греческой геометрии: сравнение фигур по величине. Обратный переход – от геометрии к механике – продемонстрирован Архимедом в создании механической модели небесной сферы - планетарий. Архимед был механиком по роду деятельности и по духу. В его математических произведениях механика выступает важным средством решения математических задач. Его планетарий приводился в движение посредством одного вращательного движения, производимого водяным двигателем, затем возникали различные, несхожие между собой вращения небесных светил, относительно сферы неподвижных звезд. Архимед реализовал намеченный еще Анаксимандром метод рационального механического объяснения космических явлений, создав механический прототип Вселенной, который был умозрительно начертан античной наукой. Архимед обогнал свое время.

Средневековая мысль и эпоха Возрождения подготовила иной взгляд на соотношение науки и механики (техники), математики (науки) и механики (практического искусства). Лишь в эпоху Возрождения утверждается новое понимание математики как инструмента научного познания, изменяется стиль мышления, формируются новые инструменты исследования природы. В этом движении европейской мысли немаловажную роль сыграли Леонардо да Винчи, Галилео Галилей, Иоганн Кеплер.

Для Кеплера (1571-1630) было очевидно, что математические отношения отражают физические вещественные связи. В его работах математика служит

подсобным средством для обсчета физических явлений, а не предпосылается физике. Математические схемы из разряда априорных (доопытных) условий переводятся в разряд расчетных средств науки. Полагая, что астрономия и физика, тесно связаны, Кеплер создает динамическую модель Вселенной, которая заменяет формальную схему античной космологии природным законом движения планет. В модели вселенной Кеплера основой небесной механики становится физическая реальность, а не математическая схема. Геометрическое описание движения основывается на данных наблюдения за реальными движениями планет. Цель Кеплера - показать, что небесная машина является не видом божественного живого существа, а подобна часовому механизму, поскольку все ее многочисленные движения инициируются одной телесной силой, подобно тому, как в часовом механизме все приводится в движении грузилом.

Галилео Галилей (1564-1642) – итальянский мыслитель эпохи Возрождения, физик, основоположник классической механики, астроном и математик, - выступил одним из основателей экспериментального естествознания. Галилей родился в г. Пизе недалеко от Флоренции, в семье обедневшего дворянина. Став профессором математики Падуанского университета, Галилей развернул активную научно-исследовательскую деятельность в области механики и астрономии.

Галилей изобрел зрительную трубу, увеличивающую в 32 раза, которая позволила впервые увидеть пятна на Солнце, кратеры на Луне, спутники Юпитера, разглядел бесчисленные скопления звезд, образующих Млечный путь. Ему принадлежит принцип инерции, известный в физике как первый закон механики: тело движется равномерно и прямолинейно, если на него не действуют силы или все действующие силы уравновешены. Из этого принципа следовало представление о системах отсчета, причем в системе отсчета, связанной с телом, согласно принципу инерции невозможно различить состояние покоя и равномерного движения. Поэтому трудно обнаружить равномерное и прямолинейное движение Земли на самой Земле. В исследовании природных явлений, в частности движения тел, Галилей опирается на эксперимент. Известны его опыты с определением скорости падения тел разной массы, в которых он использовал Пизанскую башню. Ему принадлежит вывод о постоянстве ускорения свободного падения тел.

Галилей считал основой естествознания опыт. Заложил основы современной механики: выдвинул идею об относительности движения, установил законы инерции, свободного падения и движения тел по наклонной плоскости, сложения движений; открыл изохронность колебаний маятника; первым исследовал прочность балок. Астрономические открытия

Галилея стали наглядным доказательством истинности гелиоцентрической системы, а также идеи Дж. Бруно о физической однородности Земли и неба. Открытие звездного состава Млечного пути явилось косвенным доказательством бесчисленности миров во Вселенной.

Свои идеи Галилей изложил в «Диалоге о двух главнейших системах мира – Птолемеевой и Коперниковой» (1632). Это сочинение и послужило поводом для обвинения его в ереси. Католическая церковь терпела воззрения ученых, признававших систему Коперника в качестве гипотезы, полагая, что доказать ее невозможно. Но когда Галилей представил доказательства гелиоцентрической системы, римская церковь приняла решение запретить распространение идей Коперника, внося его труды в «Список запрещенных книг» (1616). Галилей активно защищал гелиоцентрическую систему мира, за что в 1633г. предстал перед судом инквизиции, вынудившей его публично отречься от учения Н. Коперника. До конца жизни Г. Галилей считался «узником инквизиции» и принужден был жить на своей вилле близ Флоренции. Лишь в 1992 г. папа Иоганн Павел II объявил решение суда инквизиции ошибочным и реабилитировал Г. Галилея.

1.3 Становление экспериментального метода естествознания

В истории науки основоположником экспериментально-математического метода исследования природы считается Галилей, поскольку именно в его работах этот метод обрел наиболее заверченный вид. Однако его оформлению предшествовала долгая подготовительная работа. В XV в. Леонардо да Винчи (1452-1519) дал лишь наброски подобного метода, представив схему визуализации природного объекта в виде последовательности возникновения и превращения образа: объект – физическая или визуальная модель – перспективный визуальный образ – геометрическая фигура. Со времен античности математики интересовались «правильными телами» - многогранниками, имеющими равные стороны, грани и углы. Леонардо дал трехмерное изображение пяти основных фигур (куб, тетраэдр, додекаэдр, икосаэдр, октаэдр) с таким правдоподобием, на которое не был способен ни один из его современников. Позднее И. Кеплер использовал эти многогранники в своей модели Вселенной, вписав их в орбиты известных пяти планет солнечной системы. Леонардо сформулировал своего рода трансмутационную геометрию, решая проблему обратного перехода от геометрических объектов к природным и использовал ее в решении проблемы превращения прямоугольной формы в цилиндрическую. Для демонстрации трансформации одной геометрической форму в другую он

использовал комок глины. Идею геометрических превращений он предполагал применить в исследовании трансмутации металлов. Творчество Леонардо, таким образом, связано не только с созданием картин, скульптур, архитектурных сооружений, машин и других проектов, но и с созданием нового типа инженерно-художественного мышления, для которого характерен приоритет рисунка (чертежа) над словесным описанием. Гений Леонардо оказал сильное влияние на трансформацию мышления ремесленников в инженерно-художественное мышление мастеров Возрождения, а затем в современное научное и научно-техническое мышление.

Первым ученым, который отважился заимствовать экспериментальный метод ремесленников и сообщить результаты в книге, был англичанин, доктор медицины Вильям Гильберт (1540/1544-1603) автор произведения «О магните, магнитных телах и большом магните – Земле», вышедшем в свет в 1600г. Науку о магните он представляет как новый род философии, ищущей знания не только в книгах, но и в самих вещах и опирающейся на главные доказательства, которыми выступают опыт и эксперимент. Именно благодаря опытам, причины действия магнита станут ясными и доказанными, очевидными и объясненными. Гильберт тщательно описал свои опыты, провозглашая первое и главное условие научного эксперимента – его воспроизводимость другими, благодаря чему его опыты стали ставить во всех физических кабинетах и музеях. В своей книге Гильберт для пояснения своих опытов использует чертежи, которые считает необходимыми для предварительной схематизации экспериментальных ситуаций и которые очень похожи на чертежи предлагаемых им навигационных приборов. Таким образом, Гильберту удалось установить соответствие между описаниями структурных схем экспериментов и физических явлений. Помимо этого он в начале своего труда вводит 18 новых понятий, делая первую попытку создать не только графическую (структурную), но и концептуальную (понятийную) схему описания эксперимента. Например, понятие магнетики вошло в арсенал современного естествознания благодаря Гильберту.

Значение опытного знания и опытной науки подчеркивалось и ранее в позднем средневековье. Но и в эпоху Возрождения все еще трактовали опыт как наблюдение явлений природы. Галилей положил начало практике экспериментального исследования природы, в которой опыт планируется как особая познавательная ситуация: исследователь задает вопросы природе и получает ответы, сформулировал важнейшие принципы механики, дал развернутое изложение экспериментального метода в естествознании.

Благодаря книге Гильберта и деятельности Галилея в практику научного познания входит материальный и мысленный эксперимент.

Эксперимент – специально спланированное в целях исследования проблемы или с целью проверки теории действие, которое предстает в форме сложно организованной практической деятельности. Материальный эксперимент позволяет проверить гипотезу в данный момент, в актуальном времени и в конечном фрагменте действительности. Не менее важным было введение практики мысленного эксперимента в виде конструирования идеального объекта (виртуальной ситуации) и манипулирование созданными конструктами в условно задаваемых ситуациях. В дальнейшем развитии научного знания мысленный эксперимент стал одним из способов предварительной проверки гипотез.

Галилей тесно увязывал атомистические представления о природе с математикой и механикой, полагая, что книгу природы невозможно понять, если не овладеть ее математическим языком. Работы Галилея положили начало точному экспериментальному естествознанию. Галилей начал свои исследования с траектории движения снаряда. Ориентируясь одновременно на инженерную практику и математическое знание Галилей доказал и продемонстрировал, что движение будет происходить по определенной кривой – параболе. Сравнивая траекторию полета снаряда с известными в геометрии кривыми, в частности со спиралью Архимеда, Галилей выделил особый род движения – естественно ускоренное, или свободное падение. Приступив к построению теории свободного падения, он обнаружил, что сконструированные им модели не могут полностью объяснить эмпирические знания о свободном падении тел. Усложняя и перестраивая идеальные объекты, Галилей связал воедино теоретическое и опытное (экспериментальное) обоснование. Согласно представлениям Галилея, модели и идеальные объекты должны объяснять не всю сумму знаний, относящихся к изучаемому объекту, а лишь те знания, которые получены в эксперименте, в соответствии с определенной теоретической установкой.

Стиль научного мышления Галилея определялся соотношением математического объекта (например, точка) с физическим (например, камень) и с искусственно созданным техническим объектом (например, пушечное ядро). В современной литературе вклад Галилея в становление науки характеризуется как «геометризация» движений и силовых взаимодействий. Фактически Галилей положил начало геометрической интерпретации физических явлений, создав очень емкую (информативно сжатую, хотя и абстрактную) конструктивную эвристическую схему описания, расчета и прогнозирования механических движений. С этим

абстрактно-геометрическим методом каждый современный школьник знакомится при изучении раздела «Кинематика» в курсе физики. Галилей конструирует новые - теоретические объекты. Так, в процессе эксперимента исследуемый объект преобразуется в «экспериментальный объект», который не совпадает с наблюдаемым явлением или процессом, а представляет собой инженерную (искусственную) реализацию мыслимого объекта, созданного на основании теории. Именно такого рода идеализации и схематизации лежат в основе современного естественнонаучного и технического знания. Еще одно открытие Галилея, таким образом, связано с введением в систему естественнонаучной мысли понятия абстрактной (формальной или виртуальной) физической реальности.

Значение законов механики, открытых Галилеем и его современником Иоганном Кеплером, который придал строгую математическую форму законам движения планет вокруг Солнца, велико. Впервые в истории человеческой культуры понятие закона природы приобретает собственно научное содержание (в современном смысле). Стремясь объяснить устройство Вселенной, Галилей утверждал, что Бог, когда-то создавший мир, поместил Солнце в центр мира, а планетам сообщил движение по направлению к Солнцу, изменив в определенной точке их прямой путь на круговой. На этом деятельность Бога завершилась. С тех пор природа обладает собственными объективными закономерностями, изучение которых – дело только науки. Такого деистического взгляда на природу впоследствии придерживались многие (если не большинство) мыслители XVII-XVIII вв.

Главную роль в последующем становлении науки сыграло расширение понятия «опыт» по сравнению со средневековой наукой, которое привело к практике точного планирования эксперимента. Согласно Галилею научное исследование природы должно включать:

- наблюдение за естественными процессами, происходящими в природе (без вмешательства человека);
- наблюдение за функционированием каких-либо искусственных сооружений;
- искусственный, инженерный опыт, т.е. теоретически спланированный и технически выполненный эксперимент.

Необходимым условием экспериментирования для Галилея было использование математики, прежде всего геометрии. Это выразилось в мысленном (теоретическом) замещении конкретного физического пространства абстрактным пространством евклидовой геометрии. Развитая Галилеем кинематическая схема природных явлений с геометрической интерпретацией (знакомой каждому школьнику) была подготовлена

художниками-инженерами Возрождения и стала основой всего последующего экспериментального и математического естествознания.

1.4 Теоретические модели в развитии взаимных отношений математики, физики и техники в период научной революции XVII в.

Галилей создал первую систему идеализированных объектов, схем и исходных мысленных экспериментов, на базе которых развертывался в дальнейшем мир теоретической механики. В частности, Гюйгенс продолжал исследование природы в конструктивном, синтетическом, мысленно-экспериментальном стиле Галилея, изобретая новые механические конструкции и их геометрические изображения в виде проектных чертежей.

По мере создания мира теоретических конструкторов (как особого рода объектов) в науке XVI-XVII вв. разворачивалась аналитическая работа по исследованию условий принципиального существования подобных объектов, т.е. поиск фундаментальных законов всеобщей механики. Стремление к опытному исследованию природы в Новое время (XVI-XVII вв.) привело к образованию новых социальных структур – научных обществ и академий наук. Эти общества возникали в виде объединения отдельных ученых для совместного проведения и финансирования научных экспериментов и находились обычно под покровительством влиятельных лиц. Таковыми были: возникшая в 1560 г. в Неаполе Академия тайн природы; Академия деи Линчеи, членом которой был Галилей, учрежденная в 1603 г., Академия дель Чименто (эксперимента), основанная во Флоренции в 1657 г., Лондонское королевское общество (1660), Парижская академия наук (1666), Научное общество в Берлине (1700), Петербургская академия наук (1724). В рамках этих обществ возникает и формируется новая в науке фигура ученого-экспериментатора (в отличие от теоретика).

В то же время одним из главных направлений в науке Нового времени стала *разработка теоретических схем естествознания*. Образец новой физической науки, опирающейся на математическое представление физических процессов и конструктивную теоретическую схему физического эксперимента, дали работы Х. Гюйгенса (1629-1695). Главный вклад Гюйгенса связан с созданием *теории колебаний маятника*, а также с тем, что он убедительно продемонстрировал, как можно построить научное знание и как это знания использовать в решении технических задач.

Гюйгенс поставил себе цель – создать точные часы, которые можно было бы использовать в качестве морского хронометра. При этом он опирался на принцип маятника, открытый Галилеем. Простой маятник нельзя

считать надежным и равномерным измерителем времени, однако при помощи геометрии Гюйгенс нашел новый способ подвешивания маятника, вследствие чего ход часов стал чрезвычайно правильным и надежным, что показали испытания на суше и на море. Он не только изобрел новую конструкцию часов, но организовал их изготовление и проверил в реальных морских условиях. Часы Гюйгенса вместе с компасом и секстантом позволяли успешно ориентироваться в море.

Часы Гюйгенса – воплощенная теория, первый аппарат, конструкция которого основана на законах науки. Гюйгенс фактически реализовал путь приложения научных знаний, намеченный Галилеем: от математической, геометрической схемы (циклоида, по которой должен двигаться маятник) к физическим представлениям и процессам (качание маятника) и далее к схеме устройства (механизм часов). Гюйгенс создал теорию физического маятника как частную теоретическую схему, описывающую определенные физические процессы, а также способ взаимодействия естественнонаучного знания с инженерной деятельностью, который впоследствии стал основой технических наук (взаимодействие схемы физического процесса и структурной схемы нового экспериментального устройства).

Математические методы и картезианская физика

Разработка математических методов описания движений в XVII в. связана с именем Р. Декарта (1596-1650), который ввел символику, позволившую свести геометрическую интерпретацию движений к арифметическим операциям сложения, умножения, деления. Главная идея Декарта заключалась в утверждении однозначного соответствия поля вещественных чисел и поля прямолинейных отрезков. Аналитическая геометрия Декарта устанавливала связь между линиями на плоскости и алгебраическими уравнениями с двумя неизвестными, что позволило совершать численные операции не только с отрезками прямой, но и с геометрическими фигурами, а также представленными геометрически движениями в физическом трехмерном пространстве. Вкладом Декарта в естествознание стала не только система координат, носящая его имя, но также соотнесение реальных физических движений с алгебраическими понятиями переменной величины и функции. Разрабатывая аналитическую геометрию, Декарт вводит физический принцип движения в математику.

Фактический вклад Декарта можно оценить как *создание методов математической физики*. Именно благодаря работам Декарта научная мысль получила возможность оперировать математическим аппаратом описания движений, соединяющим воедино функционально-геометрические и численные (алгебраические) методы. Органичное соединение численных и

геометрических методов описания движения положило начало слиянию математической и физической реальности.

Для мировоззрения Декарта характерно отождествление материи и пространства. Из всех качеств он признавал за материей только протяженность и движение, поэтому считал геометрию универсальным инструментом познания природы. По Декарту, математическое есть физическое и наоборот, поскольку всякое природное тело имеет протяженность в длину, глубину и ширину, т.е. обладает главным признаком природной материальной субстанции. Физические тела (движущиеся или покоящиеся), таким образом, могут быть описаны математическими средствами исчерпывающим образом. Система алгебраических символических обозначений, введенная Декартом, с небольшими изменениями используется и в современной науке.

В механике Декарт, независимо от Галилея, чья судьба была ему известна и заставила быть очень осторожным в своих публикациях, утверждал относительность движения и покоя. Ему принадлежит формулировка закона сохранения количества движения при соударении неупругих тел, а также закона действия и противодействия. Основанием сохранения количества движения Декарт полагал божий промысел. В оптике Декарт известен как автор первой математической теории радуги, указавший причину ее возникновения.

В физиологии Декарт ввел понятие рефлекса, установив рефлекторную схему двигательных реакций. Тело человека он рассматривал как сложный механизм, состоящий из материальных (протяженных) элементов и способный совершать сложные движения, вследствие механического воздействия на него окружающих предметов. Декарт стремился объяснить движения души человека как физик, полагая, что к автоматическим движениям (двигательным рефлексам), у человека, в отличие от животного, к телу присоединяется сознательная жизнь души. Позиция Декарта в отношении естественнонаучного объяснения природы человека получила название психофизического дуализма, поскольку в душе (сознании) человека, полагал Декарт, нет ничего от протяженности, а в жизни тела нет никакой души, только законы кровообращения.

Учение Декарта о природе получило название картезианской физики. В ее основании легли не только упомянутый принцип относительности перемещения и взаимодействия, но также космогоническая концепция о естественном происхождении и развитии Солнечной системы, которое обусловлено только свойствами материи и движением ее разнородных частиц. Космогоническая гипотеза Декарта известна как теория вихрей. В

ней предполагалось наличие во Вселенной материального круга (или кольца) одновременно и совместно движущихся тел. Вселенная, согласно Декарту имеет три области: первая – вихрь вокруг Солнца, вторая – вихри вокруг звезд, третья – все, что находится вне первых двух областей. Земля вместе со своим вихрем движется по орбите вокруг Солнца, вращаясь вокруг своей оси.

В картезианской физике мир представал в виде абстрактно-геометрической (протяженной) реальности, распространение и движение которой не имеет предела (что противоречило средневековому представлению о конечности мира), и которая не имеет пустот (везде материя=протяженность=пространство), поэтому бесконечно делима (что противоречило античному атомизму, а впоследствии классической механике Ньютона). Декарт сводил физические явления к относительному перемещению тел, подобно Аристотелю отвергал пустоту, утверждая, что взаимодействие осуществляется только через механический контакт. Такой принцип взаимодействия в истории физики получил название принципа близкодействия, но в качестве основного принципа физического взаимодействия стал применяться только в конце XIX в. с оформлением полевой концепции материи.

1.5 Философские аспекты взаимоотношений математики, науки и техники в XVIIIв.

Последователем картезианской физики и математики был Лейбниц (1646 - 1716), деятельность которого была чрезвычайно разнообразна. Он занимался разработкой технических проблем, усовершенствовал счетную машину Паскаля. В математике независимо от Ньютона разработал дифференциальное и интегральное исчисление. В естествознании во многих направлениях предвосхитил последующие открытия. Выдвинул идею об истории Земли, поддерживал учение об эволюции как разворачивании и свертывании вечных зародышей. В истории логики Лейбниц известен как родоначальник современной символической логики. Ему принадлежала идея и первая попытка создать единый язык доказательства, изобразив логические операции символами.

В развитии естествознания заслугой Лейбница была попытка показать и уточнить значение математики как универсального языка природы. При этом он продолжил, развил и применил декартово представление о переменной величине, благодаря которой в математику вошло движение (непрерывность), что в свою очередь сделало возможным построение исчисления бесконечно малых. В истории математики введение понятий

бесконечно малой величины и бесконечно малого приращения по своему влиянию на последующее развитие математики (и естествознания) считается второй революцией. Первая революция была связана с введением иррациональных чисел в античности. Третьим революционным открытием в математике считается теория множеств Г.Кантора и формализация математической бесконечности: актуально бесконечного и потенциально бесконечного.

Проблема исчисления бесконечно малых восходит к апориям Зенона (Стрела, Дихотомия). Бесконечная делимость и бесконечно малые величины были камнем преткновения в математике со времен античности. Только в XVII в. на основе представления о переменной величине было найдено формальное решение парадоксов Зенона через отношение одной бесконечно малой к другой бесконечно малой. Такое отношение – отношение бесконечно малых - представляет собой знак пропорции, всегда конечно и имеет численное выражение. Таким образом, был открыт путь к формализации и исчислению бесконечных величин и обозначению их пределов. Дифференциальное и интегральное исчисления, в сущности, преобразовывали бесконечные приращения в конечные числовые и символические алгебраические действия. Сразу возникла проблема эмпирического смысла бесконечно малых. Попытка объяснения, физической интерпретации бесконечно малых приращений и их отношений была сделана Ньютоном, рассматривавшим отношение бесконечно малого приращения расстояния к бесконечно малому приращению времени как мгновенную скорость ($v = \Delta x / \Delta t$). Это понятие стало одним из основных понятий классической и современной физики. Более того, математика заимствовала физическую интерпретацию в целях популяризации теории бесконечно малых в обучении основам математического анализа.

Однако Лейбниц, который исходил из картезианского положения о непрерывности протяженной материи и того, что природа «написана языком исчисления бесконечно малых», пришел к такой математизации мироздания, в которой мир представал в качестве грандиозной машины, а его непрерывность сменялась физическим атомизмом. Итогом его философских размышлений стала монадология, где монада – единица бытия (единица мира) – двойственна. Она предстает как деятельная сущность, наделенная влечением и представлением, а физически - как материальная точка (бестелесный силовой центр), которая отличается от других материальных точек своим физическим состоянием.

1.6 Натурфилософия и рациональная механика И. Ньютона

Ньютон Исаак (1643 – 1727), английский математик, механик, астроном и физик, создатель классической механики, член (1672) и президент (1703) Лондонского королевского общества. Фундаментальные труды – «Математические начала натуральной философии» (1687), «Оптика» (1704). Разработал (независимо от Г.Лейбница) дифференциальное и интегральное исчисления. Открыл дисперсию света, хроматическую aberrацию, исследовал интерференцию и дифракцию, развивал корпускулярную теорию света, высказал гипотезу, сочетавшую корпускулярные и волновые представления. Построил зеркальный телескоп. Сформулировал основные законы классической механики. Открыл закон Всемирного тяготения, который лег в основание теории движения небесных тел - небесной механики. Пространство и время считал абсолютными. Работы И.Ньютона намного опередили общий научный уровень его времени, были малопонятны современникам. Был директором монетного двора, привел в порядок монетное дело в Англии. Известный алхимик, Ньютон занимался хронологией древних царств, теологией.

С именем Ньютона связано построение классической естественнонаучной теории, в которой устанавливаются математическое зависимости, выражающие общие законы природы. Теоретические модели, построенные до него в механике, Ньютон обобщил в первой научной картине мира, сформулировал всеобщие принципы механики, позволяющие не только описывать и объяснять, но и предсказывать природные явления. Он создал математизированную теорию, в которой «геометрическая действительность» (функциональные схемы) была поставлена в четкое соответствие «механической онтологии» (поточным схемам), а последняя в свою очередь – структурным съемам «гипотетических экспериментальных ситуаций. В своей главной работе «Математические начала натуральной философии» Ньютон, подчеркивая связь механики и математики и особую инструментальную роль математики, отмечает, что «геометрия основывается на механической практике и есть не что иное, как та часть общей механики, в которой излагается и доказывается искусство точного измерения».

Ньютоновская механика обобщила модели и законы таких видов механического движения как колебания маятника, свободное падения тел, движение тел по наклонной плоскости, по окружности, движение планет (законы Кеплера). Сам Ньютон определял построенную им теорию как рациональную механику, «учение о движениях, производимых какими бы то

ни было силами, и о силах, требуемых для производства каких бы то ни было движений, точно изложенное и доказанное».

Ньютон начинает изложение своей теории с формулировки основных определений. Он определяет количество материи и массы как произведение объема и плотности, величину движения – как произведение массы и скорости, величину действующей силы – как произведение массы и ускорения. Важнейшими понятиями в его системе выступают пространство и время. Ньютон рассматривал пространство и время как самостоятельные реальности, не влияющие друг на друга и не зависящие от материального мира и его движения. В своих «Началах» Ньютон выделил два рода пространства и времени: абсолютное и относительное. Абсолютное пространство по своей сущности безотносительно к чему бы то ни было внешнему, всегда остается одинаковым и неподвижным. Предстает неким вместилищем, где происходят мировые события. Относительное пространство – это трехмерное пространство, которое характеризуется рядоположенностью и мерой, определяется нашими чувствами по положению относительно некоторых тел. В обыденной жизни именно это трехмерное пространство принимается за неподвижное пространство. Абсолютное время, истинно математическое время по своей сущности безотносительно к чему-либо внешнему протекает равномерно и иначе называется длительностью. Относительное, кажущееся или обыденное время есть точная или изменчивая, совершаемая при посредстве какого-либо движения, мера продолжительности, постигаемая чувствами, как-то: час, день, месяц, год.

Далее Ньютон так формулирует три общих закона движения:

«Закон I. Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного и прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменять это состояние.

Закон II. Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.

Закон III. Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе – взаимодействие двух тел друг на друга между собою равны и направлены в противоположные стороны».

Несмотря на то, что первый и второй законы уже использовал Галилей, обобщенная формулировка и ряд важных следствий принадлежит Ньютону. Величайшим достижением Ньютона стал закон всемирного тяготения, согласно общей формуле любые два тела притягиваются друг к другу прямо пропорционально своей массе и обратно пропорциональной квадрат

расстояния между ними. Этот закон, также как и закон инерции Галилея не очевиден, требовал мысленного эксперимента. До Ньютона ученые обращали внимание на притягательную силу Солнца, но дать математическое доказательство того, что сила управляет движением планет, смог только И. Ньютон. Он отождествил эту силу с земной тяжестью и дал формулировку закона, известного в физике как закон всемирного тяготения.

Ньютон был сторонником экспериментального изучения природы, большинство описанных им экспериментов были не только хорошо задуманными проектами, но и тщательно проведенными опытами, в которых количественно фиксировался характер наблюдаемых процессов. В частности опыты по открытой им дисперсии (рассеянии) света долго не могли повторить. Показав, что искажение изображения в телескопах связано главным образом с дисперсией света, Ньютон разработал совершенно новую конструкцию отражательного телескопа. Идея была простой, свойства вогнутых зеркал давать увеличенное изображение известно, но на пути реализации идеи возникли технические трудности. Во-первых, требуемое качество шлифовки зеркальной поверхности выходило за пределы возможности существующей техники изготовления зеркал. Ньютон придумал способ полировки металлической поверхности, нашел подходящие сплавы. Первая модель такого телескопа – создана самим Ньютоном, была результатом кропотливого труда.

Система взглядов и рациональная механика Ньютона в европейской культуре и науке получили название классической механики. Ее установки и принципы надолго определили развитие естествознания. Физические теории вплоть до начала XX в. развивались на основе понятий материальной точки, Ньютоновского понимания пространства и времени и принципа дальнего действия, согласно которому сила передается мгновенно и независимо от расстояний и среды. Именно допущение сил тяготения, передающихся мгновенно на любые расстояния независимо от среды (и в пустоте), предполагающих непонятное действие, стало объектом критики Ньютона уже XVII-XVIII вв.

Глава 2. Роль научной картины мира в интеграции знания

2.1 Универсальные принципы научной картины мира

Под научной картиной мира в философии и науке понимается система принципиальных положений универсального характера, которая раскрывает *принцип единства мира* небольшим набором категорий.

Первая картина мира, выделяющая естественные первоначала и причины явлений, складывается в Античной натурфилософии. В XVIIв. введение в исследование явлений природы экспериментального метода, идеализированных объектов, математического расчета подготовило почву для перехода от натурфилософского взгляда на мир к научно-теоретическому. Первая научная в современном смысле механическая картина мира сменила геоцентризм - натурфилософскую систему мира Аристотеля-Птолемея, которая определяла мировоззрение ученых почти две тысячи лет.

Философские проблемы становления классического и современного естествознания связаны с обоснованием научной картины мира, ее базовых понятий, определяющих статусы новых физических объектов и принципов их взаимодействий. Мировоззренческая составляющая в развитии науки, предполагающая интеграцию существующих знаний о природе представлена обобщенным абстрактным знанием (скорее натурфилософским, чем конкретно-научным), в прагматичном мире науки его либо не признают, либо отождествляют с физикой.

История науки, тем не менее, показывает, что построение картины мира выступает главным познавательным стимулом развития математики и физики, начиная с научной революции XVIIв. Система классического естествознания Галилея-Декарта-Ньютона возникает как математизированная натурфилософия, которая оперирует абстракцией физической реальности, раскрывающей онтологические принципы единства мира и причинного действия. Развитие представлений о физической реальности выступает целью построения научной картины мира на протяжении всей дальнейшей истории естествознания. В философии науки (позитивизм) формулируется установка на сведение всех естественнонаучных построений к языку физического описания природы, получившая название физикализм.

В начале XXв. возможность сведения всех феноменов к физическому описанию на основе интерпретации квантовой теории составляет одну из важнейших вопросов физики, однако универсальность принципа физической

редукции оказывается под сомнением. В формировании картины мира в естествознании конца XXв. ключевую роль играют междисциплинарные принципы системности и самоорганизации

Эпоха Возрождения в лице Коперника и Галилея (XVIв.) и наука XVII в., введя в исследование явлений природы (в частности, движения тел) экспериментальный метод, идеализированные объекты (геометрические модели), математический расчет и мысленный эксперимент, подготовил почву для перехода от натурфилософского взгляда на мир к научно-теоретическому. Первая научная в современном смысле картина мира – механическая – сменила натурфилософскую систему мира Аристотеля геоцентризм, которая была признанной картиной мира почти две тысячи лет.

Общая картина мира в науке предстает в виде некоторой универсальной теоретической модели физической реальности, которая дает представление о фундаментальных основаниях мира и общем принципе взаимодействия на основании признанных в данное историческое время за истину научных фактов. Представление о мире в науке далеко не всегда совпадает наблюдаемыми в обыденной жизни явлениями. Например, в отношении движения Земли теоретическая картина прямо противоположна повседневному опыту человека.

Научная картина мира (НКМ) – это умозрительная система представлений об общих свойствах и законах природы, в которой соединяются естественнонаучный и мировоззренческий (философский) уровни знания. Содержательно НКМ определена концепциями естествознания, раскрывающими природу материи, пространства, времени, движения, взаимодействия.

Умозрительные картины мира, выделяющие естественные первоначала и причины явлений, складываются в Античности. Создание и обоснование такой картины – главная цель натурфилософии. Но уже в XVII в. естественнонаучная и натурфилософская картины мира не совпадают. Научная картина мира абстрагируется от религиозных, философских, мифологических, житейских представлений о мире, стремится представить мир и его законы независимо от сознания людей и духовных предпочтений. Все же она не свободна от мировоззренческих, религиозных, познавательных установок своей эпохи.

Научную картину мира как признанную сообществом теоретическую модель характеризуют:

- натурализм (отрицание существования сверхъестественных сил),
- связь с физическими представлениями о природе материи и принципах взаимодействий,

- обоснованность;
- эмпирическая проверяемость (или возможность опытного опровержения);
- историчность (содержание НКМ постоянно обновляется).

Особенность современной науки - наличие разных моделей реальности, определенных теоретическими принципами соответствующих областей знания (физики, химии, биологии, кибернетики и др.). Общая научная картина мира синтезирует достижения в разных предметных областях. Помимо этой мировоззренческой функции НКМ играет роль своеобразного неэмпирического критерия в процессе обоснования научного статуса выдвигаемых проблем и гипотез. Теоретические построения в той или иной области всегда проходит двойную проверку - на эмпирическую проверяемость фактами и соответствие признанной НКМ. Не менее важна коммуникативная функция НКМ, которая связана с распространением новых идей и теоретических установок в самых разных интеллектуальных слоях общества. Популяризация сложных построений современной науки разворачивается на уровне общих представлений о мире. Ведущую роль играет философия.

Начиная с Галилея и Ньютона, фундаментальные основания для синтеза знания в общей картине мира давало развитие физических теорий. Однако в конце XX в. в интеграции знания о мире фундаментальное значение приобрели нефизические принципы системности, самоорганизации, эволюции.

2.2 Исторические этапы эволюции научной картины мира

В истории науки можно выделить три периода, которые связывают с научными революциями, кардинально меняющими фундаментальные принципы интеграции знания в картине мира.

1. Механическая картина (XVII – XIXв.), в основании которой лежат принципы теоретической механики Ньютона, соответствует периоду классической науки. Стиль научного мышления, определенный установками механической картины мира, - классический идеал научной рациональности.

2. Физическая картина, в которой прослеживаются два этапа: электродинамический и квантово-механический (XXв.), соответствует периоду неклассической науки.

3. Синтетическая картина (конец XX в.), в основании которой лежат принципы системности, самоорганизации, глобального эволюционизма, соответствует периоду постнеклассической науки.

История становления научной картины мира начинается с создания механической картины мира, начало которой положил Галилей (XVI в.), введя в исследование движения тел идеализированные объекты (геометрические модели), математический расчет, реальный и мысленный эксперимент. Известная фраза Галилея: «если факты не укладываются в теорию, тем хуже для фактов», - подчеркивала особенность теоретических построений, относящихся к идеализированным (мыслимым) объектам, не сводимым полностью к наблюдаемым в реальности предметам и процессам. Аналитическая геометрия Декарта и классическая механика И.Ньютона (XVII в.) содержали основные теоретические принципы и формальный аппарат описания наблюдаемых движений и взаимодействий. Окончательное оформление механической научной картины мира получила в трудах П.Лапласа (XVIII в.).

Механическая картина (МКМ) опирается на два общих принципа: атомизм и детерминизм. Согласно атомистическому учению, материя имеет дискретную (прерывистую) структуру. В МКМ материя выступает преимущественно в виде материальных (вещественных) тел, имеющих атомарное строение. Главная механическая характеристика тела - масса, которая определяется как мера инерции тела. Для теоретического описания взаимодействий и движений тел используется понятие материальной точки. Точечным механическим эквивалентом любого тела выступает его центр тяжести. Естественным состоянием тела полагается его движение относительно других тел.

Главной характеристикой взаимодействия в МКМ выступает совокупность (сумма) сил, которые могут передаваться мгновенно на большие расстояния независимо от среды. Взаимодействие тел теоретически описывается через параметры их состояния (координаты, время, массу, силу, энергию). Универсальными теоретическими принципами описания механических взаимодействий выступают: принцип суперпозиции (согласно которому действие равно геометрической сумме приложенных сил) и принцип дальнего действия (согласно которому действия могут передаваться в пустом пространстве со сколь угодно большой скоростью, т.е. мгновенно).

Движение и взаимодействие тел происходит в пространстве и времени, которые представляют собой две независимые друг от друга формы бытия. В математическом описании механических взаимодействий координаты и время выступают независимыми переменными.

Универсальный характер в МКМ имеют: законы механики, позволяющих построить четкое математическое описание движения макроскопических тел и их взаимодействий, законы сохранения, закон

всемирного тяготения, на основании которого строится математическая и геометрическая модель движения космических тел в Солнечной системе.

Причинно-следственная связь событий имеет жесткую форму так называемого механистического (или лапласовского) детерминизма. Согласно этому принципу случайность не учитывается в мировой схеме взаимодействий, движения тел подчиняются с необходимостью законам механики, выступая в качестве законов природы. Все состояния тел (прошлые настоящие, будущие) могут быть математически точно рассчитаны.

Механическая картина представляет мир наподобие гигантской заводной игрушки. Все тела взаимодействуют только механически через столкновение или мгновенное действие гравитационной силы. Возможно точное прогнозирование событий на основании расчета характеристик движения и взаимодействия, поскольку каждое тело определяется параметрами положения и состояния, а действующие на них силы складываются.

Большим достоинством МКМ было утверждение движения в качестве основного состояния материальных тел и разработка универсального математического аппарата описания механических явлений. Вплоть до начала XX века МКМ оставалась господствующей концептуальной базой развития естественнонаучных теорий. Однако XVIII и особенно XIX в. накопили проблемы, которые выходили за рамки описания, предложенные МКМ. Самые первые сомнения были связаны с неясной природой дальнего действия гравитационной силы. Исследование тепловых, электрических, магнитных явлений и попытки их теоретического описания на основе законов механики обнаружили ограниченность МКМ в понимании природы материи. Механические законы не давали ответа на вопросы о природе света и электромагнитного поля. Природа света в МКМ объяснялась с помощью мифического вещества – светоносного эфира. Однако постоянство скорости света, зафиксированное как эмпирический факт, противоречило классическому принципу относительности и закону сложения скоростей. Попытки по обнаружению эфира и положили начало становлению новой физической картины мира в начале XX в.

2.3 Эволюция физической картины мира в XX в.

Обнаружение наряду с вещественными макроскопическими телами нового вида материи - электромагнитного поля привело в начале XX в. к изменению представлений не только о структуре материи, но также о

пространстве, времени и принципах взаимодействия. Складывается немеханическая картина мира, в основании которой лежит представление о полевой (непрерывной) структуре материи.

В оформившейся в 20-е гг. *электродинамической картине мира* основными понятиями, раскрывающими природу материи, выступают излучение и поле. В отличие от дискретного вещества, поле как вид материи не обладает массой покоя и характеризуется непрерывностью. Спектр длин волн электромагнитного поля охватывает практически все наблюдаемые излучения, поэтому его характеристики принимаются за фундаментальные параметры материи. Наряду с полем в качестве исходной формы материи признаются элементарные частицы: электрон, протон, нейтрон (открыт в 1932 г. английским физиком Дж.Чэдвиком).

Фундаментальное теоретическое основание электродинамической картины мира составили: электромагнитная теория строения атома Э.Резерфорда (1911), специальная теория относительности А.Эйнштейна (1905), теория фотоэффекта, объясняющая излучение света на основании понятия квантов света - энергетической порции излучения, пропорциональной определенной длине волны.

Движение в электродинамической картине мира представляет собой процесс распространения колебаний (или волн), который предшествует наблюдаемому движению тел. Скорость распространения действия имеет предел, равный скорости распространения света. Кванты света (фотоны) – фундаментальный физический параметр взаимодействий на микроуровне, которые приводят к наблюдаемым событиям. Поэтому движение трактуется как излучение.

Универсальным принципом взаимодействия выступает близкодействие: любые взаимодействия передаются непрерывно через поле (колебания поля, волны, флуктуации). Наряду с электромагнитными взаимодействиями, подчиняющимися принципу близкодействия, признается фундаментальность гравитационных взаимодействий, подчиняющихся принципу дальнего действия. Концептуальной основой в описании единства взаимодействий выступает общая теория относительности А.Эйнштейна, которая представляет собой попытку свести гравитационные взаимодействия к полемому принципу близкодействия.

Надо заметить, что это была не первая попытка создания единой теории поля. В 1918-1921 гг. теории единого поля на базе четырехмерных и пятимерных геометрий предложили Вейль, Калуца, Эддингтон, пытаясь найти адекватную математическую форму обобщенного описания электромагнитного и гравитационного полей. Эйнштейн продолжил

математическую программу, развивая идею геометризации физического взаимодействия, понимаемого как классическое поле. Геометризация гравитации стала одним из принципов общей теории относительности.

В электродинамической картине мира универсальный характер в описании мировых событий имеют: релятивистские законы движения (специальная теория относительности), законы релятивистской динамики, закон эквивалентности массы и энергии. Признается универсальность общей теории относительности, выступающей в качестве единой теории поля.

Новая картина мира отличается от МКМ трактовкой пространства и времени. В электродинамической картине мира пространство и время взаимосвязаны и относительны. Все события происходят в мировом четырехмерном пространственно-временном континууме. В космологии утверждается неразрывность взаимосвязи между пространством, временем и центром тяготения. Геометрия пространства - времени определяет мировые линии движения и зависит от величины гравитационных масс. Поэтому возможны пространства разной кривизны.

Основные проблемы электродинамической картины мира были связаны с объяснением строения атома. В частности, выяснилось, что электромагнитных сил недостаточно для соединения и удержания вместе элементов ядра. Проблема строения материи вылилась в исследование элементарных частиц, которое привело к открытию микромира. Классическая физика, включая электромагнитную теорию, оказалась не пригодной для объяснения явлений микромира.

Электродинамическая картина мира сыграла свою конструктивную роль в становлении научной картины мира, выявив фундаментальность статистических закономерностей. Принцип причинно-следственной связи в электродинамической картине допускал случайность в ходе развития событий. Исследование природы элементарной частицы привело к представлению о корпускулярно-волновом дуализме микрочастицы (Луи де Бройль), которое отразило неопределенность ее природы и роль случайности в описании ее проявлений.

В середине XXв. в качестве основополагающей универсальной концепции, объясняющей закономерности фундаментальных физических процессов, утверждается квантовая теория. Складывается *квантово-механическая картина мира*. Ее основаниями выступили: квантово-механическая теория строения атома Н.Бора (1912), протонно-нейтронная теория строения атомного ядра (В.Гейзенберг, Иваненко, Тамм - 1932), открытие античастиц (П. Дирак - 1928, 1932) и нестабильных элементов ядра с очень коротким сроком жизни – мезонов (Юкава – 1935).

В квантово-механической картине мира соединяются две крайние позиции во взгляде на природу материи: атомизм, утверждающий прерывность (дискретность) материи и полевая физика, утверждающая непрерывность (континуальность) материи. Ключевым понятием выступает квант – порция энергии (М. Планк - 1903).

Материальный мир в квантово-механической картине предстает в виде резко разграниченных уровней макро- и микромира, которые различаются величиной скоростей, характером взаимодействий и описывающих их законов. Микроуровень материя характеризуется взаимным превращением элементарных частиц и излучений. Каждая элементарная частица имеет определенную длину волны, характеризуется непрерывностью (т.е. имеет полевую характеристику в виде волновой функции Шредингера) и дискретностью (определенные размеры, которые в свою очередь связаны с дискретностью, порционностью излучений).

Движение в квантово-механической картине рассматривается как частный случай физического взаимодействия, которое разворачивается в 4-мерном континууме пространства-времени. Движение и взаимодействие микрочастиц кардинально отличается от движения макрообъектов, которое можно точно описать законами классической механики, зная скорости, координаты, импульсы. У элементарных частиц эти параметры неопределенны. Язык описания физической реальности микрообъекта в квантово-механической картине определяется представлением о корпускулярно-волновом дуализме микрочастицы (Луи де Бройль) и принципом неопределенности (В.Гейзенберг), согласно которому человек как наблюдатель, вторгаясь со своими приборами в явление микроуровня, нарушает объективное течение событий, поэтому наблюдает то одну, то другую ипостась элементарной микрочастицы.

В квантово-механической картине утверждается четыре типа взаимодействий: гравитационные, электромагнитные, сильные, слабые. Два последних типа наблюдаются только в ядерных взаимодействиях. Классификация обнаруженных микрочастиц (к концу 90-х гг. количество элементарных частиц и античастиц приближается к 400) ведется по типу взаимодействия, характерному для данной частицы.

Под сильным взаимодействием понимают сцепление нуклонов (протонов и нейтронов) в ядре атома. Частицы и античастицы, сравнимые по своим параметрам с элементами ядра – протонами и нейтронами, были названы субатомными (доатомными) частицами, исходя из предположения о более плотном и горячем прасостоянии материи. Частицы, вступающие в сильные взаимодействия, - адроны (адрон – греч. большой, сильный) - это

тяжелые микрочастицы. Подавляющее большинство субатомных частиц относится к адронам. Их масса и размер сравнимы с массой и размером протона ($m \approx 1,6 \cdot 10^{-24}$ г; $r \approx 10^{-23}$ см). Группу слабо взаимодействующих частиц составляют частицы с массой, сравнимой с массой электрона ($0,9 \cdot 10^{-27}$ г) - лептоны (лептон – греч. мелкий, тонкий). К ним относят электроны, мюоны, тау- частицы и нейтрино.

Размеры всех элементарных частиц сравнимы с длинами волн де Бройля, указывающими на порционное излучение энергии при взаимодействиях. Поэтому теоретическое описание поведения элементарных частиц строится в соответствии с законами волновой квантовой механики, где фундаментальным параметром состояния выступает волновая функция. Французский физик-теоретик Луи де Бройль показал, что при значительной массе частицы корпускулярные свойства преобладают, ее физические свойства и характер движения описываются на основании классического понятия материальной точки. У субатомных частиц (с массой и размерами порядка атомных) преобладают волновые свойства. С каждой движущейся частицей он связал волну определенной длины. Описание поведения таких частиц является частным случаем общей волновой механики.

Квантовая теория оказалась рациональной и продуктивной в отношении построения фундаментальной картины мира, поскольку позволила теоретически описать любой микрообъект в виде некоторого ансамбля (системы) посредством статистических закономерностей. В признанной статистической интерпретации квантовой механики, предложенной немецким физиком Максом Борном, утверждается, что квантово-механические законы предсказывают не события, а их вероятности. Волновое уравнение квантовой механики определяет лишь вероятность определенного положения частицы в каждый момент времени.

В квантово-механической картине мира неопределенность выступает фундаментальной характеристикой реального мира, и фундаментальной категорией физики микромира. Поскольку вмешательство исследователя влияет на исследуемую ситуацию, один и тот же опыт при повторении дает разные результаты. Позиция исследователя играет решающую роль в описании физического явления. Теоретическая картина природы явления становится неопределенной. Утверждается универсальность принципа дополнительности, согласно которому адекватное описание микроявлений можно построить только как квантово-механическое, представляющее две фундаментальные теоретические модели микрообъекта (динамическую и волновую) с определенными ограничениями.

Следствием принципа дополнительности Н.Бора и принципа неопределенности Гейзенберга стало изменение классического представления о характере законов и характере причинности. С признанием универсальности квантовой теории в физическом объяснении явлений преобладает принцип статистической закономерности, который выражается на языке теории вероятностей. Классический детерминизм сменяется позицией вероятностного детерминизма.

2.4 Философские проблемы физической картины мира

В конце века квантово-механическая картина мира приобретает вид квантово-полевой картины, в основу которой легли новые представления о видах фундаментальных взаимодействий и полевых видах материи.

Переход от полевой концепции строения материи к современной квантовой концепции совершается на базе развития представления о квантовом поле, которое, с одной стороны, непрерывно (не имеет четкой пространственной локализации), с другой, - дискретно (характеризуется квантовыми уровнями энергии). Квант – количественный параметр в физике, который указывает на наименьшую порцию энергии, характеризующую состояние поля или частицы. Квантовая теория - основной аппарат физики элементарных частиц, раскрывающий природу их взаимодействия и взаимопревращения. С точки зрения квантовой теории поле - физическая система с бесконечным числом степеней свободы, которая может проявляться в виде физического вакуума, электромагнитного поля, элементарных частиц и античастиц.

Понятие «вакуум» (vacuum - лат. пустота) в традиционном смысле характеризует состояние газа в откачанном объёме или свободном пространстве, например, в космосе. В квантовой теории поля физический вакуум – низшее энергетическое состояние квантованного поля. Среднее число частиц – квантов поля в вакууме равно нулю. Но состояние физического вакуума характеризуется флуктуациями, в результате которых может происходить рождение виртуальных частиц. В возбужденном, неустойчивом состоянии физического вакуума такие частицы превращаются в реальные элементарные частицы, античастицы и излучение.

Полагается, что квантовое поле физического вакуума содержит волновые свертки электронов и позитронов с нулевыми значениями массы, заряда и спина. Главной характеристикой элементарной частицы выступает ее энергия, пропорциональная длине волны ($E = h\nu$). Поэтому в квантово-

полевой картине мира элементарная частица суть квант поля – единичная волна.

В квантово-полевой картине мира физика вновь возвращается к идее атомизма в строении материи, но на уровне уже не атомов, а кварков, из которых состоят все тяжелые субатомные частицы - адроны (барионы – из трёх кварков, мезоны – из двух кварков и антикварка). Кварки представляют собой бесструктурный элемент строения материи на уровне сильных ядерных взаимодействий. Косвенно экспериментальным путем обнаружены шесть типов кварков: u , d , s , c , b , t . В свободном состоянии кварки не наблюдались.

12 фундаментальных микрочастиц: 6 кварков (u, d, c, s, t, b) и 6 антикварков, - объясняют почти все многообразие элементарных частиц, за исключением легких частиц – лептонов, которые оказываются бесструктурным (неразложимым) элементом на уровне слабых взаимодействий. Лептоны и антилептоны (электроны, нейтрино и их античастицы) не выводятся из кварков и существуют параллельно.

Современный квантовый атомизм во взгляде на строение материи заключается в утверждении, что все многообразие вещества Вселенной можно свести к 8 фундаментальным микрочастицам (с учетом античастиц выделенных кварков и лептонов).

В квантово-полевой картине мира утверждается активность материи на уровне взаимных превращений элементарных частиц и состояний квантовых полей (в частности, физического вакуума). В предшествующих теоретических моделях мира – механической и электродинамической - материя сводилась к веществу с неизменным строением, неизменной массой тела или распространению электромагнитного поля. Происхождение материи, ее эволюция не рассматривались. В квантово-полевой картине мира идея всеобщей взаимосвязи явлений конкретизируется энергетической связью элементарной частицы с окружающими ее квантовыми полями. В представлении о флуктуациях квантовых полей, взаимных превращений частиц и излучений просматривается идея эволюции материального единства мира. Утверждается взаимосвязь разных уровней физических явлений: микромира элементарных частиц, квантовых полей и излучений, макромира визуально наблюдаемых физических явлений, мегамира, определенного космическими масштабами происходящих явлений. Однако становление и взаимосвязь этих уровней физических явлений остается проблемой. Более того, как отмечал И.Пригожин, теоретические модели физического описания, которые опираются на законы сохранения и

фундаментальные физические константы, противоположны эволюционному принципу усложнения и самоорганизации.

Проблемы квантово-полевой картины мира связаны с построением единой физической теории поля. Ее основание составляют три фундаментальные концепции современной физики:

Концепция о калибровочной природе взаимодействий, в основании которой лежит представление о фундаментальных симметриях.

Концепция о лептонно-кварковом строении вещества.

Концепция спонтанного нарушения симметрии физического вакуума. Асимметричность вакуума связывается с неустойчивостью, порождающей новые образования в виде полей и элементарных частиц.

Исходный уровень материи – квантовое поле с определенными энергетическими состояниями. Число и характер элементарных частиц и, в конечном счете, все многообразие дискретной материальной макросреды, которую мы наблюдаем, определяются состояниями квантового поля.

Одна из проблем квантовой картины мира связана с физической интерпретацией волновой функции, которая имеет значение основного параметра квантового поля и элементарной частицы. Сформулированное австрийским физиком Эрвином Шредингером в 1926 г. волновое уравнение квантовой механики представляет собой особую запись закона сохранения полной энергии для корпускулы, но операторы дифференцирования по времени и по координатам применяются не к материальной точке, а к волновой функции. Шредингер стремился показать, что дискретное строение материи производно от ее волновой (непрерывной) структуры. Однако физический смысл волновой функции, которая выступает дополнительной (по отношению к импульсу) характеристикой в квантовом описании поведения микрочастиц, до конца не ясен.

Парадоксы квантовой механики (в частности корпускулярно-волновой дуализм микрообъектов) порождают различные интерпретации. Основная интерпретация квантовой механики - статистическая - связана с утверждением, что ее законы предсказывают не события, а их вероятности.

Копенгагенская интерпретация квантовой механики, предложенная Максом Борном и Нильсом Бором, провозглашала принцип дополненности, который был связан с отказом от классического принципа детерминизма, утверждавшего однозначную причинную связь событий. Количественным выражением принципа дополненности выступило соотношение неопределенности Гейзенберга, которое фиксировало границы применимости кинематических и динамических переменных в их классическом выражении к описанию квантовых объектов (микрочастиц).

Принцип неопределенности подчеркивал, что в мире квантовых явлений нельзя пренебречь взаимодействием между измерительным прибором и изучаемым явлением, поскольку это взаимодействие составляет неотъемлемую часть самого явления.

Наиболее парадоксальная интерпретация квантовых взаимодействий, получившая название многомировой, была предложена Х.Эвереттом, согласно гипотезе, которого кроме реальной Вселенной существуют множество ее параллельных двойников – теневых миров, где обитают наши «дублиеры». Эти двойники никак себя не проявляют за исключением квантового уровня. В случае прохождения электрона сквозь щели, электрон и его двойник взаимодействуют, снимая неопределенность. Именно этот странный мир взаимодействий, где порогом той или иной реальности выступает очень узкое место – щель, и описывает квантовая механика.

Проблемные точки в физической картине мира возникли с попытками введения в круг фундаментальных понятий «нефизических» представлений о целостности и эволюции. Проблема системности и целостности в понимании физической реальности наиболее явно выражена в дискуссиях о современных интерпретациях квантовой теории (5 интерпретаций), о возможности построения единой физической теории. Стимулом послужил парадокс не силовой корреляции микрообъектов (эффект Эйнштейна-Подольского-Розена), который обострил вопрос о физической причинности и индетерминизме. (100 лет квантовой теории. История. Физика. Философия. М. 2002). Не менее важным фактором проблематизации физической картины мира оказался вопрос о взаимосвязи микро-, макро и мега уровней физического мира.

Идея эволюции в физической картине мира получила развитие преимущественно на уровне космологических моделей строения и происхождения Вселенной, в которых астрофизические исследования и расчеты строятся в соответствии с общей теорией относительности и квантовой теорией. Космические объекты представляются в космологии в качестве исторических образований. Опытными установленными фактами, подтверждающими эволюцию Вселенной, выступают:

- Расширение Вселенной, в соответствии с обнаруженным красным смещением в спектрах удаленных космических объектов, открытым Э.П. Хабблом.

- Преобладание вещества в структуре Вселенной, асимметрия между веществом и антивеществом.

- Однородность и изотропность светящейся материи в масштабе расстояний 100 мегапарсек.

- Существование реликтового фонового излучения, энергия которого соответствует температуре $\sim 2,7$ К.

- Существование галактик и галактических скоплений, имеющих разный возраст.

- Ячеистая структура Вселенной на метagalacticком уровне.

Попытки увязать идею эволюции и сохранение физического мира, для которого характерны фундаментальные мировые константы, привели к концепции «тонкой подстройки Вселенной» и формулированию нефизического объясняющего принципа, декларирующего наличие взаимосвязи между параметрами Вселенной и существованием в ней разума, который получил название антропного принципа.

Термин «тонкая подстройка Вселенной» подчеркивает фундаментальное сохраняющее значение фундаментальных физических постоянных, фундаментальных калибровочных симметрий и определенной асимметрии физического вакуума (в качестве исходного состояния праматерии Вселенной). Содержание концепции тонкой подстройки определяется положением, что универсальные физические константы однозначно определяют (предопределяют) структуру нашей Вселенной.

Основанием концепции тонкой подстройки послужила численная взаимосвязь параметров микромира (постоянной Планка, заряда электрона, размера нуклона) и глобальных характеристик Вселенной (ее массы, размера, времени существования). Анализ возможных изменений основных физических параметров показал, что даже незначительное изменение мировых физических констант, приводит к невозможности существования нашей Вселенной в наблюдаемой форме и не совместимо с появлением в ней жизни.

В среде физиков возникла идея о существовании некоторого фундаментального принципа, в соответствии с которым осуществляется тонкая подстройка Вселенной (А.Эддингтон, П.Дирак, Дж. Барроу, Р.Дикке, Б.Картер). Взаимосвязь между параметрами Вселенной и появлением в ней разума была выражена в формулировании антропного принципа космологии.

Слабый антропный принцип, был сформулирован и обоснован Р.Дикке: имеющиеся во Вселенной физические условия не противоречат существованию человека.

Согласно Р.Дикке, жизнь во Вселенной не может возникнуть раньше, чем проэволюционирует хотя бы одно поколение звезд и по галактике рассеется вещество, содержащее углерод, кислород и другие химические элементы, лежащие в основе органической и живой материи. После

образования обычной звезды второго поколения начинается звездное время, когда возможно зарождение жизни. Этот момент эволюции Вселенной можно вычислить. Звездное время определяется произведением двух фундаментальных констант: величины, обратной гравитационной постоянной тонкой структуры, и постоянной, выражающей возраст современной Вселенной. Р.Дикке сделал вывод о том, что гравитационная постоянная тонкой структуры в качестве мировой константы направляет эволюцию Вселенной к возникновению человека, которое возможно только когда возраст Вселенной сравняется с определенным числовым значением.

Антропный принцип Р.Дикке вызвал много возражений разного характера. Возражения физиков против антропного принципа были связаны с тем, что возраст современной Вселенной определен только двумя универсальными постоянными.

Сильный антропный принцип, который утверждает взаимосвязь фундаментальных физических параметров Вселенной с возможностью и необходимостью появления в ней разума, был сформулирован Б.Картером: фундаментальные параметры Вселенной, от которых зависит ее устойчивость, должны быть такими, чтобы в ней на некотором этапе эволюции допускалось существование разумного наблюдателя.

Достаточного физического обоснования сильный антропный принцип пока не имеет. Проблема его обоснования положила начало формированию междисциплинарной концепции глобального эволюционизма. Общая идея обоснования сильного антропного принципа предполагает дополнение фундаментальных физических констант универсальными переменными величинами, которые в современной науке связываются с активностью материи, в частности с ее способностью к самоорганизации.

2.6 Проблемы физической редукции в описании единства мира

Особенности развития физики в конце века связаны с введением в теоретическую модель единства мира принципа целостности (который в квантовой теории трактуется как принцип дополнительности в описании явлений микромира). Современная наука в стремлении создать единую теорию универсума приходит к представлению об универсальном поле, к описанию характеристик которого можно применить аппарат квантовой механики. Это стремление просматривается в сведении всех структурных проявлений материального мира к флуктуациям физического вакуума, который в современной физике наделяется энергетическими (физическими) и информационными (в частности, семантическими) характеристиками.

На основе философского принципа целостности построена физическая концепция топологии пространства академика М.А. Маркова, в которой две исходные идеи принципиально отличаются от классической и квантовой физики. Первая идея заключается в том, что структурные части материи могут строиться из элементов не меньшей, а большей массы. Избыточная масса трансформируется в жесткое излучение в соответствии с законом сохранения массы-энергии А. Эйнштейна. Вторая идея предполагает способность элементарных частиц превращаться друг в друга, спонтанно возникать и исчезать из вакуума. Принцип неразличимости, тождественности элементарных частиц в качестве фундаментального выделял также Р. Фейнман. Элементарных частицы М.А. Марков представил как почти замкнутые автономные вселенные, которые назвал фридмонами (по имени русского ученого Александра Фридмана, выдвинувшего в первой половине века концепцию нестационарной Вселенной). С этой точки зрения, размеры Вселенной относительно малы, она может оказаться микроскопической частицей. И наоборот, микроскопическая частица может содержать в себе Вселенную. Именно такие решения дает система уравнений Эйнштейна – Максвелла. Из-за большого гравитационного дефекта масс полная масса замкнутой вселенной равна нулю. А если она замкнута не полностью, то ее масса может быть сколь угодно малой, например, равной массе элементарной частицы. В истории мысли похожая идея принадлежала Лейбницу, но его монада была замкнутой единицей вселенной (ее зеркалом). С точки зрения теории относительности, монада Лейбница и должна быть идеальной сущностью, а не материальной, поскольку ее масса равна нулю.

Теория относительности и квантовая теория не дают ответа на вопрос о происхождении наблюдаемых структур Вселенной. Почему возникает именно такая Вселенная, которая характеризуется именно такими законами сохранения и ограниченным набором физических констант, - остается открытыми в современной физике.

Происхождение наблюдаемого в настоящее время строения материи Вселенной стало новой (эволюционной) проблемой в физике. Одна из концепций, развивающая эволюционно-физический взгляд на мир, сформулирована Л.В. Лесковым на основе понятия «мэон», обозначающего особое состояние физического вакуума, соотносимое с чисто информационной характеристикой. Мэон – своего рода представитель элементарного информационного поля в изначальной структуре физического вакуума. В концепции, биоэнергоинформатики В.Н. Волченко постулируется три проявления Вселенной: информация (сознание), энергия (материя), смысл. В этой модели Вселенной, наряду с информационно-

энергетическим пространством, существует семантическое пространство, в котором заложены смыслы эволюции. Все системы несут информацию и могут рассматриваться как живые, обладающие неким эквивалентом сознания. Информационно-энергетическое пространство Вселенной образует Мир Сознания, единый для вещественных и чисто информационных систем. Потенциальный информационно-энергетический барьер, существующий между вещественным и «тонким» миром преодолевается благодаря «туннельному эффекту». При этом информация понимается как структурно-смысловое разнообразие, которое может быть не проявленным, проявленным и отраженным.

Глава 3. Междисциплинарная методология науки XX-XXI вв.

3.1. Междисциплинарные принципы интеграции знания в постнеклассической науке

Становление междисциплинарной области естествознания связано с появлением наук о сложных системах, предметом которых стали процессы управления и организации, рассматриваемые в абстракции от физической природы самих систем. На этой почве оформился новый общенаучный понятийный аппарат естествознания.

Историческую роль в этом движении концептуальной интеграции наук сыграла *кибернетика*, методологическим следствием которой стали междисциплинарные познавательные стратегии в виде системного, функционального, информационного подходов, и новые дисциплины, такие как информатика, системный анализ, искусственный интеллект, когнитивистика.

Термин «кибернетика» (*κυβερνητική* – греч. «искусство управления») впервые употребил французский физик Анри Ампер в 1834г., обозначив им особое искусство управления обществом. В 50-е гг. XXв. кибернетика оформляется как особая наука об управлении, связи и переработке информации. Начало этому положили исследования и обобщения американского ученого Норберта Винера (1894-1964), который разрабатывал технику управления полетом самонаводящихся автоматических систем. Книга Н.Винера «Кибернетика или управление в животном и машин», вышедшая в 1948г., став бестселлером, определила новый стиль технического и научного мышления второй половины века не только в естествознании, но и в широкой междисциплинарной области научных исследований, в том числе в социогуманитарной.

Разработка теоретических оснований кибернетики связана с именем математика и логика Джона фон Неймана (1903-1957), принявшего непосредственное участие в создании первых цифровых вычислительных машин (1943). В работе «Общая и логическая теория автоматов» он сформулировал основные принципы строения управляющих систем.¹

Самое общее определение представляет кибернетику как науку о закономерностях процессов управления и передачи информации в технических, биологических, социальных системах. Особый общенаучный, статус кибернетики как новой области естествознания определялся ее задачами в изучении природы: 1) установлением фактов, общих для любых систем и их совокупностей; 2) выявлением общих законов поведения систем;

3) выявлением ограничений, свойственных управляемым системам; 4) практическим использованием установленных закономерностей в технических устройствах - автоматах.

Основной объект кибернетики - *абстрактные системы*, которые в принципе могут иметь любое материальное (и не только материальное) основание, ту или иную структуру. Примеры кибернетических систем: автоматические регуляторы в технике, ЭВМ, человеческий мозг, биологические популяции, человеческое общество. Каждая из перечисленных систем представляет собой множество взаимосвязанных элементов, способных воспринимать, запоминать и перерабатывать информацию, а также обмениваться ею.

Исследование целенаправленного поведения живых систем и технических автоматов в кибернетике привело к более широкому пониманию действия как поведения, которое отличалось от установившегося понимания действия в классической физике. Поведение любого объекта, благодаря Н.Винеру, стали трактовать через действие, направленное на достижение конечного состояния, при котором объект вступает в определенную связь в пространстве и времени с другими объектами или событиями.²

В кибернетике, строго говоря, рассматривается некоторое единство взаимосвязанных систем, в котором выделяется управляющая и управляемая

¹ Русский перевод был опубликован в книге А.Тьюринга «Может ли машина мыслить?» - М.,1960. Став профессором Принстонского университета в 1930г., Джон фон Нейман жил в США. В 1951-53гг. был президентом Американского математического общества. Работал в различных областях математики, имел подготовку инженера-химика. В истории науки Дж.фон Нейман известен как один из создателей теории игр, математической экономики, кибернетики. Книга Дж. фон Неймана и О.Моргенштерна «Теория игр и оптимальное поведение» (1944) оказала большое влияние на становление электронно-вычислительной техники. Идея Дж. фон Неймана о вероятностном подходе в теории создания надежных автоматов из ненадежных компонентов, высказанная в середине века, оказалась конструктивной для становления теории самоорганизации.

² Винер Н. Кибернетика. М.1968. С.288

системы. При этом состояние каждой из них характеризуется неопределенностью, а поведение имеет вероятностный характер, поскольку связано с выбором в поле возможностей. К необходимым элементам, обеспечивающим поле выбора действий в кибернетике относят: каналы сбора информации, каналы воздействия, цель управления, способ или алгоритм, позволяющий достичь цели, располагая информацией о состоянии системы и среды ее обитания.

Специфика кибернетики как дисциплины в системе естествознания связана с обнаружением фундаментального характера наблюдаемого в природе, социуме и технике *процесса управления*. В общем случае (для систем любой природы) под *управлением* понимается избирательное воздействие на объект в соответствии с имеющейся информацией, направленное на организацию и улучшение функционирования данного объекта.

Концептуальную базу кибернетики составили: теория информации, теория алгоритмов, теория игр и автоматов. Сама кибернетика выступает теоретической базой автоматизации информационной и интеллектуальной деятельности. Наиболее яркое следствие этой установки - интеллектуальная технология и теория искусственного интеллекта.

Основные понятия кибернетики: управление, система, информация, обратная связь, функциональный подход, системный анализ, - имеют общенаучный статус в системе современной науки.

Под системой понимается единство взаимосвязанных элементов или структур, которое отличается от простой совокупности (суммы частей, множества) наличием внутренних и внешних связей. Система обладает особыми свойствами, которые характеризуют ее как целое, определяют динамику всей системы и ее развития.

Системные свойства нельзя отнести к элементам, составляющим систему. Такие свойства называют эмерджентными³ (возникающими сами собой, как бы ниоткуда). Для них невозможно указать конкретное субстратное основание. Например, человек испытывает страх, но отнести это ощущение к определенному органу тела невозможно. В человеческом организме есть пять органов чувств, но нет органа страха. То же можно сказать об инстинктах, эмоциях, образах и мыслях.

В кибернетике принципиально различаются простые и сложные системы.

³ Эмерджентность (от лат. *emergere* – появляюсь, возникаю) – несводимость свойств системы в целом к свойствам ее элементов

Простые системы состоят из относительно небольшого числа элементов, взаимные отношения между которыми поддаются анализу и математическому расчету. Строение простых систем мало изменяется во времени. Поэтому, можно сказать, что они не обладают внутренней динамикой. Поведение простых систем строится по принципу однозначной причинно-следственной связи, имеет линейный характер, поэтому точно прогнозируется. Система может иметь и большое число элементов, но быть простой, если все взаимодействия унифицированы, и ее поведение можно достаточно просто описать математически. К простым системам можно отнести объекты, рассматриваемые в физике или астрономии. Например, можно предсказать положение звезды или планеты, рассчитать рост кристалла. По сравнению с кристаллом, живая клетка уже представляет систему сложную.

Сложные системы состоят из большого числа динамичных структур (подсистем), взаимодействие между которыми постоянно изменяется. Например, движущиеся потоки воздуха в атмосфере. Практически невозможно точно рассчитать их путь. Вывести точный закон в метеорологии (подобно закону движения жидкости или газа в классической механике) невозможно из-за непредсказуемости, случайности элементов, из которых складываются климатические явления. Поведение такой системы отличается фундаментальной неопределенностью. Точный расчет в этом случае заменяется вероятностным прогнозом, который более надежен в долгосрочном варианте: прогнозируется тенденция поведения системы, а не ее конкретные действия.

Под поведением в кибернетике понимается любое изменение объекта по отношению к окружающей среде. Сложные системы отличаются собственным внутренним законом поведения, или *целесообразностью*. Их подсистемы также могут иметь собственные цели, не всегда совпадающие с целями системы в целом. Поведение сложных систем строится по принципу *обратной связи*, который выделяет зависимость между воздействием на систему и ее реакцией. Если поведение системы усиливает внешнее воздействие, то имеем дело с положительной обратной связью, если уменьшает, то имеем дело с отрицательной обратной связью. Возможен и третий вариант, когда система не реагирует на внешнее воздействие, сохраняя свои параметры. Такой характер взаимосвязи системы и ее окружения называют гомеостатическим. Примером может служить постоянство температуры тела у человека, которое поддерживается организмом независимо от температуры окружающего воздуха. Правда эта независимость тоже имеет свои пределы.

Со сложными системами человек сталкивался задолго до кибернетики, управляя машинами и людьми, исследуя регуляцию жизненных процессов в природе. Однако понятие цели и целесообразности противопоставлялось представлению о естественной (объективной) причине явлений природы, сложившемуся в физике. Накопленные знания об управлении и организации носили локальный характер, и относились к области философии и искусства политики.⁴

В современной системе знания теоретическое становление кибернетики связано с *выделением общих закономерностей управления сложной системой* (а не специфики отдельных процессов управления в том или ином классе событий). Именно такая познавательная установка привела к оформлению совершенно новой междисциплинарной области естествознания, обращенной к исследованию целостности одной системы и систем объектов, а также природы в единстве ее взаимосвязей.

Сложные системы описываются в кибернетике не только структурно (из чего они состоят), но и функционально (как себя ведут). Главной характеристикой сложной системы выступает ее *целостность*. Это подчеркивается выделением *инвариантов* – особых структурно-функциональных свойств, которые при любых внешних воздействиях на систему остаются постоянными, не меняются в потоке событий. *Инварианты системы* определяют ее качество. Другими словами, представляют собой такую характерную черту системы, которая позволяет установить ее идентичность в различных условиях и в разные периоды ее развития.

Сложную динамическую систему характеризует внутренняя направленность поведения – *целесообразность*. Это свойство не вызывает сомнения в отношении живого организма. В технике целенаправленные машины получили название сервомеханизмов. Пример: торпеда, имеющая систему поиска цели. Целенаправленное поведение технической системы основывается на механизме обратной связи и прогнозе первого, второго и далее порядков. Поэтому наиболее точное определение кибернетики представляет ее как науку о сложных целенаправленных технических системах, которая распространяется на все возможные системы с внутренней динамикой.

В истории естествознания развитие представлений о системах было связано с выявлением универсального механизма действия. Новое время

⁴ В 1843г. польский мыслитель Б.Трентовский опубликовал книгу «Отношение философии к кибернетике как искусству управления народом». А.Ампер в книге «Опыт философских наук» составил новую классификацию наук, в которой кибернетика как наука о текущей политике и практическом управлении государством стоит на третьем месте.

(XVII-XVIII вв.) было веком часов, XVII-XIX вв. – веком тепловой (паровой) машины, XX в. стал веком универсальной связи и управления, принципы которого являются предметом кибернетики.

Управление понимается как процесс (особый вид движения, изменения), в котором начало и конец имеют целенаправленный характер, в отличие от физического или химического процесса, протекающего в природе на основании законов сохранения энергии или вещества (такие процессы определяются как самопроизвольные). В процессе управления определяющим является *целенаправленный вызов изменений в системе* или перевод ее из одного состояния в другое в соответствии с избранной целью. Сложность такого процесса связана с необходимостью прогноза изменений, которые получит система после управляющего воздействия (например, сигнала, несущего руководящую информацию). В реализации эффективного управления (достигающего поставленной цели) существенное значение приобретает качество передачи информации, максимальное избежание разночтения (устранение ситуации «испорченный телефон»), скорость и своевременность управляющих сигналов.

Свойством управляемости обладают далеко не все системы, хотя в общей совокупности природы, конечно, все системы взаимосвязаны. Простые системы образуют уровень физических систем, сложные – уровень органических систем.

В качестве необходимого условия управляемости системы выступает ее *организованность*, которая связывается с наличием потенциальных возможностей выбора действия. Простую систему характеризует наличие определенной структуры. Концепции строения вещества и атома в физике раскрывает именно эту сторону простых систем. *Организованность сложной системы* определяется не только структурной организацией (тела), но и некоторой внутренней программой, обеспечивающей целесообразность действия. Поэтому в кибернетике особое значение придается раскрытию содержания понятия *целесообразность*, а также связанных с ним понятий: цель, целевая причина, целевая установка.

В истории мысли понятие *целевой причины* было введено Аристотелем, который таким образом разграничил принцип внутреннего действия, характерный для живой природы, и принцип внешнего действия, характерный для неживой природы. Естествознание развивалось именно как знание о действующих (физических) причинах, которое строится по принципу следования естественной логике природы. Успехи теоретической науки были достигнуты, прежде всего, в области физики, описывающей внешние действующие причины. Самый сложный период в развитии физики

связан с введением в описание событий целевой установки. Именно на это указывало соотношение неопределенности Гейзенберга, устанавливающее влияние субъективного взгляда наблюдателя на выбор модели описания микропроцессов субатомного уровня (волновая модель или структурная).

В отношении биологических систем принцип целенаправленного действия был сформулирован в теориях эволюции XIX в. В качестве природной (биологической) целесообразности поведения организма рассматривалось стремление организмов к выживанию и размножению.

В кибернетике целевая причина выступает в качестве исходной при описании сложной системы, ее поведения и управления. Эффективность процесса управления, его надежность связывается с достижением цели управления. *Цель* понимается абстрактно как некоторая внутренняя установка, определенная внешней средой, внутренними потребностями системы или потребностями субъекта управления. Введение в систему науки субъекта управления в его абстракции (безотносительно к Богу или человеку) – еще одно приобретение естествознания, связанное с развитием кибернетики.

Благодаря кибернетике *целевая модель объяснения* происходящих событий получила научный статус, вопреки ее изгнанию в область метафизики в предыдущую эпоху развития естествознания. В конце XX в. целенаправленность рассматривается очень широко – в применении к разнообразным классам систем и организации работы искусственных управляемых систем. Вводится представление об иерархии целей и акцентируется внимание на прагматических целевых установках программы. Один из принципов надежности управления в кибернетике гласит: цель управления должна быть принципиально достижимой.

3.2. Методология функционального подхода в научном исследовании

Кибернетический способ исследования сложных систем на основе обратной связи получил название *функционального подхода*, характерной особенностью которого является установка на изучение реакций системы в ответ на внешнее воздействие сигнального характера.

Система предстает в качестве «*черного ящика*», имеющего вход (на который поступает некоторый сигнал) и выход (действие, реакция, программа поведения). Внутренняя структура сложной системы не конкретизируется и вообще не рассматривается, анализируются только ее наблюдаемые ответные действия и необходимые для их реализации функции.

До кибернетики подобный *поведенческий подход* разрабатывался в психологии. Особенно эффективно - в дрессировке животных. Поведенческий подход стал основанием бихевиоризма (behavior - англ. поведение) – популярной концепции в психологии, трактующей психику через отношение «стимул-реакция». Кибернетика использовала поведенческий принцип для разработки абстрактных принципов эффективного управления системой. Утверждая универсальность принципа обратной связи в изучении и конструировании сложных систем, строение которых невозможно точно описать, кибернетика распространила функциональный подход на широкий класс явлений неживой и живой природы.

В основании функционального подхода лежат две идеи:

- 1) общность закономерных процессов связи и управления для разнородных материальных систем;
- 2) взаимосвязь целесообразности и управления в организации действия системы.

Закономерности, которые открыла кибернетика, позволили выделить новую область функциональных свойств и новые объекты научного исследования - *функциональные системы*.

Предложенная академиком П.К.Анохиным теория функциональной системы,⁵ давала описание взаимосвязи систем разного уровня организации в живой природе на основе понятия опережающего отражения и информации, выделяла особое значение в функционировании сложной системы систематизирующего фактора, которым выступает результат действия. Базовым исходным принципом в теории П.К.Анохина выступил принцип единства структуры и функций, применение которого к анализу биологических систем привело к выводу, что фундаментальным фактором становления и эволюции сложных организмов в живой природе является возникновение особых *функциональных органов*, назначение которых – обеспечить реализацию необходимого, жизненно важного действия. Пример функционального органа - инстинкт. Более того, потребность в определенных функциях в ходе адаптации и выживания вида становится потенциальным фактором структурного изменения тех или иных систем организма. Так, в процессе эволюции человека подобные изменения могла приобрести гортань с тем, чтобы обеспечить возможность речевой функции, которая в человеческом сообществе играет роль наиболее эффективного способа коммуникации и управления поведением.

⁵ Анохин П.К. Избранные труды: Философские аспекты теории функциональной системы. М.: Наука, 1978. – 400с.

В функциональном подходе целесообразность и управление рассматриваются в качестве фундаментальных оснований живых (в общем случае, организмических, или органичных) систем. Эти основания образуют два полюса существования такой системы и оказываются так тесно переплетенными, что отдать предпочтение какому-то одному из них невозможно. Органичная система строится по принципу дополнительности. Любой элементарный процесс управления предполагает цель, а целесообразное поведение, так или иначе, управляемо. Поскольку управление всегда имеет в основании некоторую информацию, информационные качества, связанные с потенциальными возможностями в адаптации системы, определяют ее жизненный горизонт.

Со стороны конкретных наук функциональный подход опирается на теорию информации, оперирующую понятием абстрактного информационного процесса и теорию управления, оперирующую понятием автономного процесса управления, который строится на основе обратной связи. Автономный процесс управления (самоуправление) и первичная информация в системе - две взаимно дополнительные сущности каждого элементарного действия органичной системы. Главное положение функционального подхода – нет информации вне управления и наоборот. Таким образом, информацию можно считать и предпосылкой процесса управления и его результатом.

Общие законы, сформулированные в кибернетике, относятся к надежности управления действиями сложных систем.

Закон разнообразия: эффективное управление системой возможно только в том случае, если разнообразие управляющей системы выше разнообразия управляемой.

Закон сложности: чем выше сложность системы, тем менее она управляема. Существует порог сложности системы, за которым тотальный контроль поведения системы становится невозможным из-за нарастания системных эффектов.

3.3 Теория систем и системный подход в истории науки XXв.

История становления *теории систем* начинается еще в античности, когда формулируется представление о «едином» в отличие от «многого». В эпоху Возрождения это различие становится основанием мировоззренческой позиции, получившей название *пантеизм*. Главный принцип пантеизма – неразличимое единство природы и Бога. Благодаря такой установке распространяется представление о самостоятельном творчестве природы, а в описании природных явлений нематериальные силы заменяются силами

физическими. В XIX в. идея единства, взаимосвязи мировых событий разного уровня (в частности, развития материи и духа) разрабатывается в немецкой классической философии. В панлогизме Гегеля заявлена идея некоторого общего принципа (абсолютной идеи) становления единства мира, единства природы и духа. Мировоззренческий контекст XIX века и развитие эволюционных теорий в биологии способствовал распространению системных идей в начале XX в.

Системный принцип утверждается в процессе научной систематики строения растений и животных, становления эволюционного учения. Хотя этот принцип явно не выделен в биологических учениях XIX в., именно он составляет концептуальную основу теории эволюции Ламарка, теории катастроф Кювье, теории естественного отбора Дарвина.

Теория систем как междисциплинарная общенаучная концепция сложилась во второй половине XX в. Австрийский ученый Людвиг фон Берталанфи (1901-1972) в 30-40 гг. попытался дать определение понятия системы в его общем (общенаучном) значении, сформулировал принципы системного подхода и успешно применил этот подход в изучении биологических процессов. После второй мировой войны он выдвинул идею разработки общей теории систем. Его теоретическая программа включала:

1) выявление общих принципов и законов поведения систем независимо от их происхождения, природы составляющих элементов и отношений между ними;

2) выявление и формулирование объективных законов для биологических и социальных явлений;

3) синтез современного знания на основе сходства законов, описывающих разные сферы жизни природы, человека и общества.

Общая теория систем, по замыслу Берталанфи, должна была стать наукой о системах любых типов.⁶ Главная трудность в создании общей теории систем - различие общетеоретического и конкретного знания. Стремление к универсальности в описании систем приводило к абстрактности, более характерной для философии, чем для естествознания.

Наибольшее развитие во второй половине XX века получили прикладные математические теории моделирования поведения систем и процессов, использующие аппарат теории множеств. Однако усилия Берталанфи не пропали даром. Благодаря заявленной программе

⁶ Берталанфи Л. Общая теория систем: критический обзор // Исследования по общей теории систем. М., 1969. С. 23-82; см. также: Уемов А.И. Системный подход и общая теория систем. М., 1972; Садовский В.Н. Системный подход и общая теория систем: статус, основные проблемы перспективы развития // Системные исследования. 1987. М., 1987. С. 29-54

распространилась новая познавательная стратегия в естествознании, получившая название системного подхода, появились новые междисциплинарные методы исследования, новый стиль мышления.

Еще одно достижение несостоявшейся теории систем связано с формированием особого класса общенаучных понятий, которые играют коммуникативную роль в развитии современного научного дисциплинарного и междисциплинарного знания, образуя своеобразный концептуальный мост между науками, использующими различные языки описания природных явлений.

В конце XX века *системный подход становится общенаучной методологией* и применяется практически во всех науках (естественных и социогуманитарных). В современной системе междисциплинарных знаний, сложившихся в конце века на базе системного подхода, выделяют:

- техническую кибернетику (изучающую созданные человеком, искусственные системы),
- экономическую кибернетику (исследующую приложения общих законов об управлении системами к экономике),
- биокибернетику (исследующую живые организмы, поведение и мышление человека, его высшую нервную деятельность, субстратом которой рассматривается мозг и его тонкие нейрофизиологические структуры),
- интеллектуально-информационную технологию,
- когнитивистику (в основании которой лежит теория искусственного интеллекта, обобщающая исследования мышления и интеллектуального действия на основании выбора в пространстве возможных решений, компьютерной парадигмы интеллектуального действия, информационной парадигмы в описании деятельности мозга и мышления).

3.4. Методология системного анализа

Применение понятий системного подхода к анализу прикладных проблем в разных сферах привело к выделению *системного анализа* в отдельную концептуальную и предметную область.

В *предмет системного анализа* входит не только изучение объекта, явления или процесса, но главным образом исследование проблемных ситуаций. Одной из главных задач системного анализа выступает постановка цели или задачи, определяющей процесс управления (самоуправления) поведением сложной системы. Теоретическую основу системного анализа

составили: кибернетика, теория информации, теория игр и принятия решений, анализ систем голосования.⁷

Проблемы развития системного анализа связаны с заимствованием конкретных приложений и инструментария из смежных областей, уже сложившихся в науке, в частности в кибернетике и прикладной математике. Основные понятия системного анализа совпадают с аппаратом теории систем: система, целостность, элемент, структура, эмерджентность. Чтобы отделить строго научный смысл понятия «система» от обыденных ассоциаций (вроде системы отопления или системы розыгрыша кубка европейских чемпионов) предлагаются термины: органичность (org), целостность (hole), интегральность, - подчеркивающие универсальные качества системы.

Несмотря на то, что в общенаучном контексте система рассматривается как целое, в системном анализе базовым понятием выступает математическое понятие множества, которое допускает возможность применения к изучению и описанию системы различных операций. При этом подчеркивается *организованность*, которая позволяет говорить и исследовать структурно-функциональную архитектуру системы, которая не присутствует в математических множествах (чисто количественных).

Значение организации и организованности в начале XXв. выделил А.А.Богданов (Малиновский), опубликовавший труд «Тектология», в котором обосновывал новую науку об организации в обществе. Принцип структурной организованности в первой половине века развивается также в гештальтпсихологии, которую Бергаланфи считал одним из предшественников теории систем. В гештальтпсихологии разрабатывалась динамическая теория мышления, в основании которой лежало понятие структуры мышлеобраза, или гештальта (Gestalt – нем. образ) и процесса его переструктурирования в ходе постановки и решения проблем. Динамическая теория мышления Макса Вертгеймера опиралась на: 1) принцип целостности природных процессов, из которого следует, что психические процессы определяются не единичным воздействием, а структурой воспринимаемой ситуации в целом; 2) принцип динамичности, согласно которому течение психических процессов определяется изменяющимися соотношениями, возникающими в самом процессе. Решение формируется подспудно, когда осознается структурное нарушение мышлеобраза, и возникает неожиданно (что принято обозначать термином *инсайт*). В процессе мышления при этом последовательно осуществляются операции: перецентрирования гештальта –

⁷ Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. М. 1989

мыслеобраза ситуации (переход к видению, диктуемому объективной ситуацией); изменение смысла (перестановка частей в соответствии с их местом и ролью в данной структуре); анализ ситуации в терминах «хорошей структуры».⁸

В конце XX века фундаментальным понятием, раскрывающим общий смысл системности с точки зрения структурной и функциональной организации, выступает понятие *архитектура*, фиксирующее различие между набором элементов и целым (например, между кучей камней и зданием, между органическими молекулами и живой клеткой).

Термин «архитектура», взятый из области искусства, оказался очень конструктивным в области системного анализа, поскольку наилучшим образом позволил развести низкие уровни организованности систем (приближавшиеся к простой сумме элементов) и высокие.

В 90-х гг. XXв. *методология прикладного системного анализа* распространяется в сфере социальных исследований. Английские ученые Р.Флад и М.Джексон, помимо деления всех систем на простые и сложные, которые различаются по степени зависимости (независимости) от внешней окружающей среды, а также по способности эволюционировать, ввели критерий участия элементов и подсистем (групп и индивидов) в организации деятельности системы и предложили новую классификацию систем. Были выделены: *унитарные системы* с высокой степенью согласия относительно целей, ценностей и установок; *плюралистические системы*, в которых интересы и ценности различаются, но согласовываются посредством компромиссов и выработки приемлемых решений; *принудительные системы*, в которых различие ценностей, целей и установок приводят к конфликтам и навязыванию решений. Новая классификация определяла шесть типов систем, поскольку каждый из перечисленных типов может относиться и к простой и к сложной системе.⁹

Методология исследования унитарных систем объединила методы, ориентированные на исследование систем с четкой, неизменной структурой. Применение формализованных количественных методов описания поведением системы в этом случае наиболее эффективно.

К *унитарной методологии прикладного системного анализа* относят: исследование операций, системотехнику (для простых систем), методологию жизнеспособных систем, предложенную С.Биром для сложных систем.¹⁰ В

⁸ Вертгеймер М. Продуктивное мышление. М. 1987.

⁹ Плотинский Ю.М. Модели социальных процессов. М., 2001. См.: Глава 2. Основные направления прикладного системного анализа.

¹⁰ В основе методологии жизнеспособной системы – аналогия между функционированием мозга человека и управлением социальной организацией. Бир С. Мозг фирмы. М., 1993.

основе методологии системного анализа жизнеспособной системы – аналогия между функционированием мозга человека и управлением социальной организацией

Методы исследования операций имеют четкое приложение в решении задачи оптимальной организации производственных процессов.¹¹ Нахождение оптимальных (эффективных) решений ведется на базе математики и компьютерной техники, поэтому исследование операций рассматривается как раздел информатики.

Системотехника представляет собой совокупность класса методов проектирования технических изделий, автоматов и систем автоматической обработки информации. В последнее время это направление включает интенсивно развивающуюся область компьютерного моделирования и проектирования. В конце века это направление привело к созданию CASE технологии (Computer Aided Software/ System Engineering – применение ЭВМ для проектирования систем). Эта технология предполагает моделирование систем через построение взаимосвязанных наборов графических диаграмм, а также технологию группового моделирования проблемы, в основе которой лежит метод структурного описания и анализ систем. При этом заранее предполагается, что исследуемая система простая, которая, несмотря на большое число элементов, разбивается на простые части и допускает достаточно простое формализованное описание.¹²

Представление об унитарных системах, которое возникает в 70-х гг. и опирается на кибернетический (функциональный, алгоритмический) подход, в применении к анализу социальных систем получило название *жесткого системного подхода*. Несколько десятилетий спустя в общую системную методологию вносятся изменения, которые позволяют создать более адекватные методы описания социальных систем. Этому способствует формирование представления о *мягких системах*, для которых характерна слабая структурированность и плюрализм внутренних установок. Принципы исследования таких систем были предложены У.Черчменом и представляли собой коммуникативную стратегию принятия коллективного решения в виде деловой игры, общая организация которой определяется установками на участие в процессе решения всех заинтересованных сторон, учет различных точек зрения, их интеграцию и синтез на уровне общего плана решения проблемы, а также обучение.

¹¹ Исследование операций. Методологические основы и математические методы: в 2-х тт. / Под ред. Дж. Моудера и С. Элмаграби. М., 1981.

¹² Кальянов Т.К. CASE-структурный системный анализ. М., 1996

Большое влияние на развитие прикладного системного анализа оказали труды американского ученого Р.Акоффа, который, проанализировав эволюцию организаций в XXв., ввел историческую координату в характеристику социальных систем. Он пришел к выводу, что до 60-х гг. социальные системы можно было рассматривать как унитарные, жесткие «машины», служащие создателям и собственникам, либо как организмы, в которых цели подсистем подчинены общей цели системы. После 60-х гг., когда персонал становится более образованным и склонным к самостоятельному принятию решений, цели подсистем далеко не всегда совпадают с общей целью. В этих условиях более адекватной методологией системного анализа социальной системы выступает *интерактивный подход*, в котором развитие системного подхода в существенной мере оказываются связанными с коммуникативными моделями поведения и стилем мышления. В этом варианте системного подхода *информация* – главный ресурс управления.

3.5. Понятия и принципы информационной парадигмы

Исходный смысл термина «информация» связан со сведениями, сообщениями и их передачей. В 1948г. Клод Шеннон предложил количественный способ измерения потока информации, содержащегося в одном случайном объекте на основе двоичной системы. С тех пор количество информации измеряется в битах и байтах (байт - набор из 8 бит, т.е. количество информации в трех двоичных разрядах).

Первое научное расширение понятия информации дают математические «теории информации» (комбинаторная, топологическая, семантическая), в которых информация предстает измеримой величиной.

К свойствам информации относят:

- способность управлять физическими, химическими, биологическими и социальными процессами;
- способность передаваться на расстоянии (при перемещении носителя информации);
- способность подвергаться переработке;
- способность сохраняться в течение любых промежутков времени и изменяться во времени;
- способность переходить из пассивной формы в активную.

Общее определение информации Н.Винера имеет негативный характер: Информация – не материя и не энергия. В позитивном определении понятия *информация* ученые не достигли согласия. Можно выделить три основных подхода в интерпретации его содержания.

1) Физический подход представляет информацию как негэнтропию. Понятие энтропии в физике – это мера нарастания хаоса (беспорядка), следовательно, информация – это мера нарастания организованности (Л.Бриллюэн).

2) Кибернетический подход представляет информацию как меру разнообразия (У.Р.Эшби).

3) Философский подход представляет информацию как отраженное разнообразие (А.Д.Урсул и др.) или функциональное отражение.

В современной системе научных знаний общая тенденция в истолковании феномена информации представлена переходом от конкретных математических дефиниций информации как неопределенности, вероятности, алгоритма к мировоззренческому контексту, в котором основными выступают категории: отражение, различие, взаимосвязь, отношение.

Функциональный подход выделяет прагматический и ценностный аспекты информации, которые в математических теориях не рассматриваются. Информация соотносится с наличием в природе активного вида отражения, характерного для живого организма.¹³ Проблемным оказывается вопрос, обладают ли информацией только организмы, или уже на клеточном уровне можно говорить об информации. Во всяком случае, генетический код в микробиологии трактуется именно как информативная структура (несущая наследственную информацию).

Более широкий мировоззренческий подход к содержанию понятия информация развивается на основе понятия разнообразия (У.Эшби) и отражения (А.Д.Урсул). Трактовка информации через разнообразие открывает перспективу единого концептуального описания всех систем с различной степенью организованности. Концепция отраженного разнообразия опирается на представление о состоянии и измененном состоянии системы. Отражение в этом случае – возникает как особое состояние взаимодействующих систем, а информация - как особое отношение систем, которое определено реальным и возможным изменением их состояний. Информация как отраженное разнообразие функциональна по своей природе, опирается на отношение систем и представляет собой скорее свойство целого (отношения, связи систем), чем отдельно взятой системы, изъятой из этой связи (которая выступает только одной стороной отношения). Поэтому причинно-следственные связи в природе являются цепями передачи информации.

Термин «отраженное разнообразие» подчеркивает отношение систем, в котором существенную роль играет результат отношения системы к процессу отражения. Это отношения связано с обособлением системы, ее автономностью,

¹³ П.К.Анохин использует понятие *опережающее отражение*.

обусловливающей границы внутренних изменений и относительность (прагматическую и ценностную) информации для разных систем, вступивших во взаимодействие. В обособленной системе отражается не все разнообразие мира, которое объективно стремится к бесконечности. Этот термин, таким образом, подчеркивает ценностный аспект информации, избирательный характер реагирования системы в соответствии с ограничением поступления информации. С этой точки зрения фактором организации действия системы выступают не только цели, но и некоторые общие критерии целесообразности, ценности и идеалы, которые играют роль критериев ограничения пространства выбора (поля действия).

Наиболее развитое определение информации связано с выделением функциональной роли результата взаимосвязи (структурного отображения, образа, гештальта) в действии системы и прогнозировании ее поведения. Поэтому *феномен информации* характеризуют как *метасистемный*. Он всегда выражает больше, чем любое конкретное состояние системы, поскольку включает в себе еще и свойства более широкой системы (метасистемы).

Информация, характеризуя внешний мир в собственных параметрах состояния систем и ценностных установках, становится фактором управления поведением системы.

Особое значение в жизни системы приобретает *информационная среда*, в которую погружена система. Информационная среда определяет и некоторое внутреннее пространство системы, которое в современной системе знания называют семантическим (смысловым) пространством. Именно в этом пространстве, которое можно назвать пространством внутренней детерминации действия, формируются ценностные критерии и целевые установки, возникает свой (субъективный) регулирующий и управляющий фактор – «информация об информации». Благодаря этому поведение сложноорганизованной системы определяется не только актуальным взаимодействием и предшествующими причинами, но и будущим, представленным в прогнозе ситуации, внутренней целевой установке, идеальном конечном результате (идеале).

Представление о внутренней детерминации раскрывают понятия целесообразности, целеполагания, целевой причины. В науке конца века фундаментальное значение приобретает понятие рефлектирующей системы, принципом организации и самоорганизации которой выступает цель, внутренняя установка, ее оценка и осмысление (рефлексия).

Современная наука выделяет информационные процессы в качестве фундаментальных процессов, наравне с физико-химическими. С этой точки зрения информация составляет главный ресурс не только общества, но лежит в основании всего сущего. Например, в качестве фундаментальных характеристик физического вакуума современная наука рассматривает его информационные характеристики.

Исходные мировоззренческие положения информационной парадигмы в современном естествознании определяются положениями об универсальности информационных процессов и фундаментальности единства материи–энергии–информации в основании наблюдаемого мира и его эволюции.

Эти положения создают концептуальную базу в построении новой «информационной картины мира» в конце XXв. В стремлении создать единую теорию универсума современная наука (в частности физика) приходит к представлению об универсальном поле сознания, к описанию характеристик которого можно применить аппарат квантовой механики.¹⁴ В концепции Семантической Вселенной Л.В.Лескова за исходное берется понятие универсального оператора смысла (аналог сознания) и информация, содержащаяся в знаке. Антиэнтропийная направленность универсального оператора (сознания) может проявиться только в том случае, если существует внешний по отношению к нему источник негэнтропии в виде информационного поля. В концепции Лескова - это состояние физического вакуума, названное *мэоном*. В *мэон-био-компьютерной концепции* (МБК-концепции) Л.В.Лескова информационные качества системы, в частности физического вакуума, получают базовое мировоззренческое значение. Объяснение механизма эволюционной динамики связывается с семантическим давлением на систему, способным вызвать ее разрушение.¹⁵

В концепции «Биоэнергоинформатики» В.Н.Волченко постулируются три проявления Вселенной: информация (сознание), энергия (материя), смысл. В этой модели Вселенной, наряду с информационно-энергетическим пространством, существует семантическое пространство, в котором заложены все смыслы эволюции. Все системы несут информацию и могут рассматриваться как живые, обладающие неким эквивалентом сознания. Информационно-энергетическое пространство Вселенной образует Мир Сознания, единый для вещественных и чисто информационных систем. Потенциальный информационно-энергетический барьер, существующий между вещественным и «тонким» миром преодолевается благодаря «туннельному эффекту». Понимая информацию как структурно-смысловое разнообразие, которое может быть не проявленным, проявленным и

¹⁴ Московский А.В. Платон, Флоренский и современная наука // Сознание и физическая реальность. 1996. №1-2. С.33-41. Джан Р.Г., Данн Б.Д. Границы реальности. Роль сознания в физическом мире. М.1995. Сафронов И.А. Человек. Вселенная. Время. СПб.1997.

¹⁵ Лесков Л.В. На пути к новой картине мира // Сознание и физическая реальность. 1996. Т.1. №1-2. С.42-54.

отраженным, автор проецирует на нее принцип Троицы: соответственно - Абсолют, Логос и Дух.¹⁶

Информационные модели объяснения распространяют представление об информационной причинности на все явления микро-, макро- и мега мира, а также на все биосферные, химические, психические, сознательные, культурные и социальные явления. На этой базе утверждается информационная парадигма, выступающая в качестве концептуальной основы новых проблемных областей исследования, в частности, в теоретической биологии, биохимии, биофизике.

Под *информационной причинностью* понимается закономерность действия системных требований, которая имеет кодовый характер и проявляется в запуске последовательности действий (или программы действия), приводящих к определенному результату. Суть информативного кода нормирование некоторого потенциального жизненного пространства системы. Такого рода системная причинность, выраженная кодом, указывая неявные границы действий, задает параметры самоопределения системы.

Распространение информационного подхода связано с введением новых общенаучных концептов, обладающих эвристическим потенциалом. Представление об *информационных качествах системы* связано с определением потенциальных возможностей ее адаптации, т.е. ее жизненного горизонта. Предпосылкой такого представления служит взаимосвязь системы со средой. Сложная динамическая системы (в частности биосистема) всегда погружена в некую жизненную среду (не только природную, но и информационную). Ситуативная связь с жизненной средой жизни и ее регуляция выражается понятиями адаптации и целесообразности действия. Более узко информационные качества системы соотносятся с количеством снятой неопределенности, что может быть выражено математически.

Информационный процесс понимается как некий обобщенный процесс, предполагающий выбор. Динамика такого процесса предполагает формирование структур подобных знанию в качестве базы прогнозирующего целесообразного адаптивного действия. Выбор – это не сам процесс, а его завершение, результат действия. По традиции в естествознании процесс понимается как изменение системы во времени. Не каждый процесс завершается выбором, поэтому информационные процессы характерны только для определенного класса систем и процессов.

¹⁶ Волченко В.Н. Принятие Творца современной наукой // Сознание и физическая реальность. 1997. №1. С.1-7.

Информационная система – система, способная воспринимать, запоминать, генерировать макроинформацию, извлекать ценную информацию и использовать для достижения своих целей.

Выбор, который не запоминается системой, соотносится с понятием *микроинформации*. Выбор, который запоминается и становится базой для генерации новой информации, для прогноза и саморегуляции системы, – с понятием *макроинформации*.¹⁷

Информационная среда в широком смысле соотносится с объективным существованием пространства потенциального выбора действий (потенциальных возможностей в прогнозировании действия). Информационные среды могут быть внешними и внутренними. Иерархия информационных сред, например, в социальном пространстве предполагает сложную семантику, которая играет ключевую роль в формировании жизненного мира индивидуума. Достаточно просто перечислить семантические (смысловые) уровни, к которым можно отнести архетипы подсознания, культурные смыслы, социальные нормы, языковые традиции, интеллектуальные и профессиональные среды, чтобы убедиться в жизненном значении информационной среды.

Информационная парадигма определяет методологию исследования и обоснования результатов в проблемно ориентированных дисциплинах, соединяющих традиционно различные концептуальные области, предметом которых выступают биологические (и органичные) системы.

Ключевое понятие *информация* в контексте теории динамических систем (биосистем) определяется как случайный и запомненный выбор одного варианта из нескольких возможных и равноправных. Таким образом, под информацией подразумевается только зафиксированная выбором информация.¹⁸ Что в известной мере совпадает с представлением о некотором подобии знания и структуре знания, составляющей базовый концепт *когнитивного подхода*,¹⁹ заявленного в области искусственного интеллекта.

¹⁷ См.: Чернавский Д.С. Синергетика и информация. М., 2004

¹⁸ Кастлер Г. Возникновение биологической организации. М.: Мир, 1967

¹⁹ Предложен М.Мински в 70-х гг. Термин *когнитивный* происходит от лат. cogito (мыслю). Когнитивный подход строится на базовом представлении о когнитивных процессах, в основании которых лежат структуры знания и операции с ними. Общая методологическая платформа для физиологии, нейропсихологии, лингвистики, антропологии, информационной технологии во взгляде на когнитивный процесс – представление о некоторой единой архитектуре поведения человека, животного, машины, основание которой связывается с обработкой информации.

Глава 4. Философия и синергетика

4.1 Теоретические и экспериментальные основания синергетики

Начиная с 50-х гг. XXв. внимание ученых различных отраслей естествознания привлекают процессы самоорганизации в сложных системах, наблюдаемые не только в живой природе, но также на уровне химическом и физическом (в виде самопроизвольно возникающих структур и периодических процессов - автоколебаний).

В 1951г. советский химик Б.П.Белоусовым установлен особые закономерности в автокаталитических химических реакциях: строгую периодичность смены цвета в процессе определенной окислительно-восстановительной реакции, которую можно было проверять по часам. Периодичность изменения цвета, говорила о периодическом чередовании промежуточных продуктов реакции. В 60-х гг. биофизик А.М.Жаботинский объяснил механизм реакции Белоусова, исследовав сходные химические реакции. Периодичность возникновения промежуточных продуктов химических реакций указывала на сходство протекания таких химических реакций с автоколебаниями, характерными для различных физических (механических, электромагнитных) систем и биологических ритмов.

В *теории автоколебательных процессов*²⁰ было введено понятие «автоволны» (академик Р.В.Хохлов - 1926-1977), обозначающее особый род волн, автоматически поддерживающих свои физические параметры за счет среды, в которой они распространяются. Теория автоколебаний нашла применение в нейрофизиологии. В частности, нервный импульс, который бежит без затухания по длинному (до 1,5 м) тонкому нервному волокну (диаметром менее 0,025 мм), представляет собой пример автоволны.²¹

В 60-х гг. выдвигается концепция автокатализа в химии (А.П.Руденко), объясняющая способность катализаторов к собственному структурному совершенствованию в ходе химической реакции. Это оказывается возможным за счет энергии базовой химической реакции в случае открытой системы. При своевременном отводе отработанной энергии и усвоении

²⁰ В отечественной науке в середине века разрабатывалась школами академика Л.И.Мандельштама (1873-1944) и академика А.А.Андропова (1901-1952).

²¹ По такому же принципу работают сердце и головной мозг. Обработка информации в коре головного мозга происходит на уровне взаимодействия между автоволнами возбуждения и торможения, которые охватывают обширные участки головного мозга. Работа сердца также регулируется волной возбуждения, которая с периодичностью в секунду распространяется по сердцу, вызывая сокращение сердечной мышцы. Волна возбуждения связана с временным уменьшением разности электрических потенциалов между наружной и внутренней сторонами мембраны сердечных клеток, которая регистрируется на электрокардиограмме в виде периодического всплеска.

свежей энергии базовой химической реакции каталитическая система поэтапно совершенствуется (эволюционирует).

Исследуя поведение органических макромолекул на уровне неживых, доклеточных структур, микробиолог М.Эйген установил закономерности усложнения организации макромолекул на предбиологическом уровне, к которым применимо понятие естественного отбора и применил термин самоорганизации в описании наблюдаемых процессов.²²

Одной из предпосылок возникновения нового направления в исследовании сложных систем, несомненно, послужили работы в области кибернетики, где еще в 50-х гг. XXв. была поставлена задача создания самосовершенствующихся автоматов. Найти решение тогда не удалось, но начало исследованию проблемы самоорганизации в широком междисциплинарном контексте было положено. Исследуя диффузионные процессы, Н.Винер совместно с биологом А.Розенблютом рассмотрел задачу о радиальном несимметричном распределении концентрации в сфере. Английский математик А.Тьюринг предложил модель структурообразования (морфогенеза) в виде системы двух уравнений диффузии с дополнением, которое описывало реакции между возникающими структурами («морфогенами»). А.Тьюринг показал, что в реактивной диффузионной системе (обменивающейся со средой энергией) может существовать неоднородное распределение концентраций, которое периодически меняется в определенные промежутки времени. Непрерывная модель самовоспроизведения автоматов Дж. фон Неймана также основывалась на нелинейных дифференциальных уравнениях в частных производных, описывающих диффузионные процессы в жидкости.

В области физики процессы самоорганизации сначала исследовались в связи с изучением турбулентности и созданием новой лазерной техники. Союз математиков и физиков в отечественной науке опирался на достижения первой половины века в развитии математических методов нелинейной динамики (А.М.Ляпунов, Н.Н.Боголюбов). К проблеме самоорганизации приводили исследования неравновесных структур плазмы в термоядерном синтезе, разработка теории активных сред, биофизические исследования. В 60-х гг. процессы самоорганизации исследовались в рамках отдельных дисциплин (химии, биологии, физики), между которыми ученые не видели связей. В 60-70 гг. была создана теория турбулентности (А.Н.Колмогоров,

²² Эйген М., Шустер П. Гиперцикл. Принципы самоорганизации макромолекул. М.: Мир, 1982.

Ю.Л.Климонтович). За теорию генерации лазера группа ученых (Г.Б.Басов, А.М.Прохоров, Ч.Таунс) получила Нобелевскую премию.

В следующем десятилетии предметом анализа становится аналогия процессов самоорганизации в системах различной природы. Шаг к концептуальному обобщению в объяснении процессов самоорганизации был сделан в 70-х гг. Группа бельгийских ученых во главе с И.Пригожиным сопоставила реакцию Белоусова-Жаботинского с абстрактной моделью самоорганизации английского математика и кибернетика А.Тьюринга и выдвинула собственную теоретическую модель самоорганизации физических и химических систем. Источник процесса самоорганизации И.Пригожин связал со случайными неоднородностями (флуктуациями, микрочастицами, микросредами), которые до некоторых пор гасятся силами внутренней инерции. Нарастание случайных микрофлуктуаций ведет к состоянию внутреннего хаоса в системе. Но когда в систему с хаотическим состоянием поступает достаточно большое количество внешней энергии, то возникают определенные *макроскопические конфигурации (или моды)*, представляющие собой коллективные формы поведения множества микрочастиц. Среди возникающих мод происходит отбор наиболее устойчивых.

Следующий и самый решительный шаг в становлении общей науки о самоорганизации сделал немецкий физик Герман Хакен, выделивший особое значение коллективных процессов в организации поведения всех сложных систем. Общность и значение этих процессов для самоорганизации сложной системы он и подчеркнул введенным термином «синергетика» (*συνεργητικός* – греч. совместный, согласованно действующий). В Штутгартском Институте синергетики и теоретической физики Профессор Г.Хакен объединил усилия большой международной группы ученых, создавших серию книг по синергетике.

Исследуя согласованные процессы в различных физических и химических системах, Г.Хакен подчеркнул фундаментальную роль коллективного поведения подсистем в процессе самоорганизации – возникновении новой устойчивой неравновесной структуры. Переход системы от неупорядоченного (хаотичного) состояния к упорядоченному, по мнению Г.Хакена, происходит за счет совместного, синхронного действия многих образующих ее элементов. С этого времени синергетика ассоциируется с теорией самоорганизации.

Под *самоорганизацией* понимается возникновение упорядоченных структур и форм движения из первоначально неупорядоченных,

нерегулируемых форм без специальных, упорядочивающих внешних воздействий.²³

Новое направление в естествознании, возникшее в 80–90-х гг. XXв., в качестве основного предмета исследования выделило поиск общих закономерностей согласованного поведения сложных систем различной природы. Системный подход, ставший к этому времени традиционным, претерпевает существенные изменения. В отличие от кибернетики, исследующей саморегуляцию в равновесных сохраняющихся системах на основе отрицательной обратной связи, в новом направлении главный акцент ставится на положительной обратной связи, выводящей систему из состояния равновесия, и механизмах возникновения нового упорядоченного состояния.

В современной литературе синергетику часто определяют как науку о самоорганизации в системах, далеких от равновесия. Такие системы характеризуются нелинейностью (процессы в них описываются математическими уравнениями второй и третьей степени), открытостью (способностью за счет обмена энергией удерживать состояние вне термодинамического равновесия).

В конце века синергетика как общая теория самоорганизации становится популярным научным направлением, ориентированным на исследование связей между структурными элементами, которые образуются в открытых системах (биологических, физико-химических и др.) благодаря интенсивному обмену веществом и энергией с окружающей средой в неравновесных условиях. Особый понятийный аппарат синергетики разрабатывается на базе физической химии и термодинамики, математической теории случайных процессов, нелинейных колебаний и волн. В современной литературе синергетика определяется как одна из фундаментальных теорий постнеклассической науки, изучающая поведение сложных нелинейных систем.²⁴

4.2 Теория самоорганизации

Источниками теории самоорганизации, изучающей единый алгоритм перехода от менее сложных и неупорядоченных состояний к более сложным и упорядоченным - стали работы в области математической теории катастроф (Р.Том, В.И.Арнольд), неравновесной термодинамики (И.Пригожин), согласованных (когерентных) процессов в физике (Г.Хакен).

²³ Новое в синергетике. Загадки мира неравновесных структур. М., 1996, с.61.

²⁴ Лебедев С.А. Философия науки: Словарь основных терминов. М., 2004. С.225.

Математическая теория катастроф была сформулирована в 70-х гг. XXв. По влиянию на умы появление этой системы в математике и науке сравнивается с переворотом, вызванным введением дифференциального исчисления. В три последних десятилетия века теория катастроф с успехом применялась в естествознании, технике, экономике, лингвистике, психологии, социологии. Наиболее эффективно - в обосновании хлопков упругих конструкций, в теории опрокидывания кораблей.

Основной предмет теории катастроф – ситуации, когда небольшие постепенные изменения ведут к неожиданному резкому, непредсказуемому поведению системы. Термин «катастрофа» связывается именно с такими скачкообразными изменениями, возникающими при плавно меняющихся параметрах. В теории катастроф разрабатываются методы факторного анализа. Математические модели критических ситуаций, которые были построены на этой основе, выявили зависимость поведения системы в критических ситуациях от ее предыстории (явление «гистерезиса»). Факторный анализ, позволил анализировать поведения системы режиме возникающего беспорядка.²⁵

Теория катастроф выделила *нелинейность* в качестве фундаментальной характеристики поведения сложной системы в критической ситуации, ввела в оборот понятие *бифуркации* (*bifurcus* - лат. раздвоенный). Содержание этого понятия в математике определено изменением числа (или устойчивости) решений уравнений определенного типа для модели, описывающей систему при изменении управляющих параметров. В точке бифуркации система имеет разные ветви решений, и как бы совершает «выбор», который определяет ее дальнейшую эволюцию. Этот «выбор» не зависит от случайных, непредсказуемых факторов.

Теория неравновесных процессов в термодинамике сформулирована бельгийским ученым Ильей Романовичем Пригожиным (1917-2003), Нобелевским лауреатом 1977г. в области физической химии. И.Пригожин с группой сотрудников исследовал процессы в незамкнутых системах, обменивающихся с окружающей средой веществом и энергией. Его теория сформулирована на экспериментальном материале исследования фазовых переходов. Отправным пунктом в исследованиях Пригожина стала чувствительность неравновесных фазовых переходов к конечным размерам образца, форме границ и другим факторам, в отличие от обычных фазовых переходов.

²⁵ Арнольд В.И. Теория катастроф. М., 1990.

Само представление о равновесии сложной системы в физике конца века претерпело изменение. С точки зрения молекулярно-кинетической теории в замкнутой изолированной системе положению равновесия отвечает состояние с высокой энтропией, равнозначное состоянию максимального хаоса (в смысле броуновского движения частиц). Сложная система, двигаясь к так понимаемому равновесию (состоянию с максимальной энтропией), не всегда его достигает из-за ограничивающих условий, которые могут быть постоянными, а могут изменяться. Если ограничения постоянны (например, определенная температура на границах), то переменные состояния системы стремятся к независимым от времени величинам, достигая квазистационарного или стационарного состояния. Такие состояния сложной системы Л. фон Бергаланфи назвал *текущим равновесием*.

В сложной системе процессам, нарушающим текущее равновесие, противостоит внутренняя релаксация (восстанавливающий, возвратный процесс). Если возмущающие процессы менее интенсивны, чем релаксационные, то говорят о локальном равновесии (существующем в малом объеме), которое может возникать независимо от состояний других частей системы. Идею локального равновесия И. Пригожин иллюстрировал на примере газа, находящего между плоскостями, нагретыми до 100 С и 0 С. Поскольку процесс теплопередачи происходит медленно, газ находится в неравновесном состоянии, но где-то найдется малая область локального равновесия газа.

Равновесное и неравновесное состояние тел в термодинамике характеризуется количеством энтропии. В 1947г. И. Пригожин сформулировал *теорему о минимуме производства энтропии в стационарном состоянии* (в состоянии текущего равновесия), которое отвечает небольшим значениям температурных градиентов. Если граничные условия не позволяют системе прийти в устойчивое равновесие, в котором производство (прирост) энтропии равно нулю, то система придет в состояние с минимальным производством энтропии. Устойчивость стационарных состояний с минимальным производством энтропии получила название *устойчивого неравновесного состояния*. Эта идея Пригожина перекликалась с принципом Ле Шателье, сформулированным в 1884г.: если в системе, находящейся в равновесии изменить один из факторов равновесия, то происходит реакция, компенсирующая это изменения и возвращающая систему в состояние равновесия.²⁶ Способность возвращаться в исходное

²⁶ Современный вид этот принцип получил после обобщения его немецким физиком Карлом Брауном в 1887 г. и звучит так: система, выведенная внешним воздействием из состояния с минимальным производством энтропии, стимулирует развитие процессов, направленных на ослабление внешнего воздействия.

состояние – свойство саморегулирующихся систем, которые в природе встречаются довольно часто. Этот принцип известен в физике как принцип наименьшего действия, в биологии – как закон выживания, в экономике – как закон спроса и предложения. Общее для всех этих случаев состоит в том, что система стремится выйти из преобразований с наименьшими потерями.

Принцип локального равновесия и теорема о минимуме производства энтропии в стационарных состояниях были положены И.Пригожиным в основу *термодинамики необратимых процессов*. По его мысли, неравновесная термодинамика должна преодолеть разрыв двух картин мира: физической (структурной и стационарной, описывающей обратимые процессы, происходящие в абстрактном геометрическом мире – события предстают траекториями в неизменном трехмерном евклидовом пространстве) и биологической (эволюционной, описывающей необратимые процессы, происходящие в функциональном мире, локализованном во времени и пространстве).²⁷

В физической картине базовым состоянием системы считается состояние термодинамического равновесия – самого простого из всех возможных состояний. Поэтому мир подобен заведенной когда-то игрушке, сложные взаимодействия в которой поддерживаются законами сохранения. Тенденция в развитии системы только одна – разрушение, или стремление к состоянию термодинамического хаоса. Квантовая теория не изменила этого общего представления, но внесла сомнение относительно его объективности и универсальности. В физической картине упорядоченное состояние и высокоорганизованные формы, наблюдаемые в доступной части Вселенной – случайные явления. Жизнь, для которой характерна эволюционное усложнение структур и функций систем, как таковая не имеет оснований в физическом мире. Она противоестественна, поэтому ее существование можно объяснить либо «сотворением», либо случайностью.

Идея И.Пригожина состояла в поиске четкого определения разных уровней научного описания явлений и выяснения условий, позволяющих переходить от одного уровня описания к другому. Фактически он заявил проблему единого описания физических и биологических явлений природы средствами современного языка науки, в частности на базе термодинамики. Именно эта область физики давала возможность ввести в описание всех событий и явлений фактор времени. Второе начало термодинамики

²⁷ Эти концепции «геометрического мира» и «организованного, функционального мира» в современном естествознании не сводятся одна к другой. Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках. М., 1985.

позволяло связать необратимые процессы с тепловыми, энергетическими процессами через возрастание энтропии.

Одну из первых попыток физического описания биологических структур предпринял ранее Э.Шредингер в своей книге «Что такое жизнь с точки зрения физика» (1944), в которой подчеркивал статистический характер тех физических и химических законов, которые играют важную роль в жизни организмов. Развитие его идей в 60-х гг. XXв. привело к возникновению термодинамики открытых систем, состояние которых может меняться в широких пределах в зависимости от влияния внешней среды. С тех пор стали различать термостатику (теорию, описывающую законы поведения изолированных стационарных систем) и термодинамику (теорию неравновесных, открытых систем). Это различие связано еще и с тем, что в термостатике процессы можно описать математическими уравнениями первого порядка, т.е. через линейную зависимость параметров состояния. В открытых системах неравновесные процессы выражаются уже не линейными зависимостями, а уравнениями второго и более порядков. Поэтому в концепции И.Пригожина необратимость процессов выражается через понятие *нелинейности*.

Главным объектом термодинамики необратимых процессов выступают *неравновесные системы*, которые поддерживают относительную устойчивость своего состояния за счет притока вещества и энергии. Для характеристики таких систем И.Пригожин ввел понятие *диссипации* (dissipatio – лат. рассеивать, разгонять).

Формальное описание поведения неравновесных систем в концепции И.Пригожина опирается на представление о *функции диссипации*, под которой понимается внутреннее производство энтропии за единицу времени, и *диссипативных (рассеивающих) систем*, в которых эта функция отлична от нуля. В таких системах энергия упорядоченного движения переходит в энергию неупорядоченного движения, в конечном счете, в тепло. Практически все системы в природе являются диссипативными, поскольку трение и другие силы сопротивления приводят к рассеянию (диссипации) энергии. В отличие от замкнутых изолированных систем, которые рассматриваются классической термодинамикой, такие системы стали называть *открытыми системами*, т.е. системами, обменивающимися энергией со средой.

Локальные упорядоченные образования, возникающие в диссипативных системах в ходе необратимых неравновесных процессов, Пригожин назвал *диссипативными структурами* (летучими, возникающими при рассеивании свободной энергии). Их образование стимулируется не внешним

воздействием, а происходит за счет внутренней перестройки системы. Такой процесс стихийной внутренней перестройки системы (*самоорганизации*) для макроскопических функций системы описывается математически нелинейными уравнениями второго и третьего порядка.²⁸

Исследуя термодинамику неравновесных систем, Пригожин пришел к выводу, что когда сложная система, эволюционируя, достигает точки бифуркации (состояния максимальной хаотичности), линейное, детерминистическое описание ее состояний (по принципу необходимости, на основании причинно-следственной связи) становится невозможным. Дальнейшее развитие событий имеет не один путь, а множество возможных. Характеристикой критического состояния выступает зона ветвления возможных посткритических состояний. В точке бифуркации состояние системы подобно неустойчивому положению шарика на выпуклой поверхности. Любой случайный фактор может сыграть роль причины смены состояния.

В общем случае существование неустойчивости И.Пригожин рассматривал как результат *флуктуации* (случайного отклонения параметров состояния от средних значений), которая сначала была локализована в малой части системы, а затем распространилась и привела к новому макроскопическому образованию. В неустойчивом состоянии любое малое воздействие может вывести систему из критического состояния, вынудив ее выбрать ветвь, по которой будет происходить дальнейшее ее развитие. При этом выход из критической ситуации – процесс, который характеризуется фундаментальной неопределенностью, так же как и бросание монеты. Предсказать с дальнейший путь эволюции системы принципиально невозможно. Но можно говорить о вероятностном прогнозе некоторого конечного пункта в нелинейном (скачкообразном) переходе системы от точки бифуркации к устойчивому состоянию. Закономерность такого перехода в эволюции неравновесной системы описывается с помощью понятия *аттрактор* (*attrahere* – лат. притягиваю, *to attract* - англ.

²⁸ Классический пример образования диссипативной макроскопической структуры – ячейки Бенара. Этот феномен был выявлен в 1900г. Фотография возникшей структуры, напоминающей пчелиные соты, была опубликована в статье Х.Бенара, который наблюдал ее в ртути, налитой в широкий плоский сосуд, подогреваемый снизу (типа сковороды). Слой ртути после того, как градиент температуры достиг некоторого критического значения, распался на одинаковые шестигранные призмы с определенным соотношением между стороной и высотой. В центральной части такой призмы жидкость поднималась вверх, по граням – опускалась. По поверхности жидкость растекалась по краям, а в придонном слое – к центру. Эту устойчивую макроскопическую структуру, возникающую за критическим значением разницы температуры, назвали «ячейками Бенара». Другими примерами самоорганизующихся макроскопических структур выступают: турбулентности в движении газа или жидкости, химические реакции типа Белоусова - Жаботинского, переход лазера в режим генерации.

притягивать), которое было введено в теории катастроф в качестве аналога равновесия.²⁹

Наглядно процесс нелинейного перехода через точку бифуркации можно продемонстрировать на примере шарика, лежащего на вершине выпуклой поверхности (например, не горке), и находящегося в положении неустойчивого равновесия. Наличие достаточно большой потенциальной энергии неминуемо заставит шарик скатиться вниз. Если бы он был живым, он постарался бы адаптироваться в такой ситуации, меняя свои функции или внутреннюю структуру, чтобы удержать неустойчивое равновесие. В нашем случае его возможное поведение предполагает некоторое множество состояний на полусфере, которые, в конечном счете, завершатся движением вниз. Критическая ситуация для шарика связана с неустойчивостью. Разрешается ситуация обретением устойчивого равновесия внизу (минимум потенциальной энергии). Это состояние как бы притягивает все возможные траектории движения шарика. Аттрактор в нашем примере - множество траекторий движения шарика к конечному пункту (вниз). Образ аттрактора, который дает современная математика, - воронка, обращенная узким горлом к устойчивому состоянию, а широким – к зоне ветвления возможных путей выхода из критического состояния. Шарик может скатиться вниз не из одной точки, а из некоторого множества смежных точек.

Принципы, разработанные И.Пригожиным для анализа неравновесных химических процессов, были распространены на широкий класс явлений в физике, молекулярной биологии, а также в социологии и в анализе процессов эволюции.

Идея И.Пригожина о конструктивной роли необратимых процессов в физическом мире и биологическом легла в основание *общей теории самоорганизации*. Исследуя закономерность согласованных процессов в микроэлектронике, в частности переход лазера в режим генерации, Герман Хакен получил уравнения движения, которые имеют вид дифференциальных уравнений второго порядка, описывающих упорядоченный колебательный процесс. Оказалось, что подобным уравнением можно описать и другие наблюдаемые случаи автоколебаний и согласованных процессов, независимо от природы происходящих событий. Общим оказывается выбор равновесных мод и исследование их устойчивости. Случайное событие вызывает

²⁹ Простейший аттрактор можно наблюдать при затухающих колебаниях маятника на нити или скатывании шарика в ямку. Маятник останавливается в нижней точке, а шарик на дне ямки. Эти особые точки положения равновесия – аттракторы, они притягивают к себе все траектории движения маятника и шарика. Более интересные примеры аттракторов: орел парит в восходящем потоке, пинг-понговый шарик висит в вертикальной струе воздуха выдуваемого пылесосом, полотнище флага мерно колеблется на ровном ветру.

неустойчивость системы, а неустойчивость служит толчком для возникновения новых конфигураций (мод).

В предисловии к своей книге «Синергетика» Г.Хакен подчеркнул, что название новой дисциплины указывает не только на исследование совместного действия многих элементов системы, но и на то, что «для нахождения общих принципов, управляющих самоорганизацией, необходимо кооперирование многих различных дисциплин». Таким образом, синергетика как общая теория самоорганизации изначально имеет междисциплинарный статус в естествознании.

Распространение идей неравновесной термодинамики и эволюции систем от хаоса к упорядоченности в широкой междисциплинарной области исследований привело к оформлению новой познавательной стратегии, выделившей три основных принципа научного исследования: принцип сложности (системности), принцип эволюции (развития), принцип самоорганизации.

4.3 Методологические принципы синергетической парадигмы

В конце XXв. можно говорить о становлении *синергетической парадигмы* (paradigma – греч. пример, образец), определяющей новую модель системного исследования и формального описания природных явлений, которая наряду с информационным и системным подходом открывает перспективу построения целостного знания о закономерностях эволюции сложных систем неорганической и органической природы.

Междисциплинарная методология на базе синергетики формируется как новый системный подход, выделяющий фундаментальность и всеобщность процессов самоорганизации в природе. Его основанием выступают представления, развитые в теории нелинейных динамических систем.

Самоорганизация отождествляется со способностью к разнообразному, сложному, но адекватному внешним воздействиям поведению, которое интерпретируется как скачкообразный переход системы из одного состояния в другое упорядоченное состояние. Особое значение придается *информационным взаимодействиям* в процессах самоорганизации.

Исторически обобщенный механизм организации в динамике сложных систем был выделен кибернетикой в связи с исследованием возможности создания эффективно действующих информационных систем, поддерживающих или заменяющих интеллектуальные действия человека.

Современную теорию самоорганизации (синергетику) отличает фундаментальная мировоззренческая интенция. Феномен самоорганизации в

конце 20в. трактуется широко. Одна из гипотез синергетического подхода в качестве универсального механизма самоорганизации рассматривает закономерность возникновения вихреобразной формы движения.³⁰

Одна из главных особенностей нового системного, подхода в естествознании - признание самоорганизации в качестве всеобщего свойства материи и распространение принципа эволюции на все рассматриваемые явления. Эта установка сама по себе задает определенную исследовательскую программу в широком спектре наук о природе, а также о человеке и обществе.

В качестве основных мировоззренческих и методологических *принципов синергетической парадигмы* выступают: 1) принцип вероятного детерминизма; 2) признание универсальности согласованных процессов в природе; 3) признание универсального характера эволюции и адаптации как закономерного поведения сложной самоорганизующейся системы любой природы.

Ключевые понятия синергетической парадигмы: хаос, порядок, неустойчивость, нелинейность, открытость, флуктуация, бифуркация.

Описание эволюции сложной динамической системы и группы систем в синергетике опирается на представление о фазовом пространстве и математические методы факторного анализа. В отечественной науке разработкой теории самоорганизации на базе математического и компьютерного моделирования занимается школа академика А.А.Самарского и члена-корреспондента РАН С.П.Курдюмова.

Фазовое пространство - абстрактное пространство с числом измерений, равным числу переменных, характеризующих состояние системы. Например, пространство, определенное координатами и скоростями частиц системы, позволяет наглядно описать их степени свободы.

Элементарным объектом в синергетике выступает колеблющийся элемент (или циклический процесс) – *осциллятор*. Пример: маятник. Для линейного гармонического осциллятора, имеющего одну степень свободы (маятник на нити), размерность фазового пространства равна 2 (координата – x , скорость – v). Фазовое пространство такого маятника представляет собой плоскость. Картина эволюции системы представляется графически - как непрерывное изменение координаты и скорости. Точка изображающая состояние системы, движется по фазовой траектории, которая для линейного осциллятора (пример, маятник в виде шарика на нити) представляет собой эллипс. В случае затухания колебаний фазовые траектории при любых

³⁰ Климонтович Ю.Л., «Введение в физику открытых систем», М, 1998. Саниев К.Б. О возможном механизме самоорганизации материи // Философские исследования. М.2000. С.16-27.

начальных условиях заканчиваются в точке, которая соответствует состоянию покоя в положении равновесия. Эта особая точка в фазовом пространстве как бы притягивает к себе со временем все фазовые траектории, поэтому получила название *аттрактора* (to attract - англ. притягивать). Другой вид аттракторов (помимо особой точки) представлен предельными циклами, которые указывают на некоторый установившийся ритмический режим, например, биение сердца.

Аттрактор выступает обобщением понятия равновесия и позволяет получить некий фазовый портрет системы. Например, маятник из-за трения замедляет колебания, затем останавливается. На фазовой диаграмме откладывают угол отклонения от первоначального равновесного состояния (вертикальное положение маятника на нити), по другой оси – скорость изменения этого угла отклонения. Получается фазовый портрет системы в виде точки, движущейся вокруг начала отсчета, которое в данном случае и представляет аттрактор системы. В более сложных движениях, например, маятника часов с грузом на цепи, груз играет роль элемента, подкачивающего энергию маятника, вследствие чего маятник не замедляет движения.

Свойства аттракторов задаются набором траекторий в фазовом пространстве в общем случае n переменных, зависящих от времени. В обычном аттракторе эти траектории просты, среди них есть замкнутые, называемые предельными циклами. Однако в случае возмущения системы и ее хаотического движения фазовые траектории перемешиваются, возникает область фазового пространства, заполненная запутанными траекториями. Аттрактор системы в этом случае похож на клубок траекторий из двух склеенных лент. Точка, характеризующая состояние системы, «бежит» по аттрактору хаотично, попадая то на одну, то на другую ленту. Такого рода *странные аттракторы* впервые описал метеоролог Лоренц в 1963г., моделируя задачи прогноза погоды. Теоретическое изучение странных аттракторов начинается в работах Д.Рюэля, Ф.Тakensа, Л.П.Шильникова.

Переход системы в режим странного аттрактора означает, что в ней наблюдаются сложные непериодические колебания, которые очень чувствительны к незначительному изменению начальных параметров.³¹ Две близкие траектории странного аттрактора со временем расходятся. Как бы точно не измерялись начальные данные, поведение системы на больших

³¹ Этот эффект получил название “эффекта бабочки” по аналогии с ситуацией из фантастического рассказа Р.Бредбери “И грянул гром”, в котором описана виртуальная ситуация из будущего, где путешественник нечаянно задавил бабочку, а вернувшись в свое время обнаружил, что политическая ситуация в его историческом времени кардинально изменилась.

временных интервалах спрогнозировать нельзя. Но математический (графический) портрет странного аттрактора определяющего хаотическое поведение системы, всегда занимает ограниченную область фазового пространства. Траектории хаотического движения не могут выйти за границу аттрактора. Таким образом, определение границ области хаоса позволяет дать вероятностную оценку поведения системы и в этой ситуации.

Свойство странных аттракторов к умножению траекторий в языке современной математики выражает термин *фрактальность*. Динамические объекты, проявляющие по мере увеличения все большее количество деталей (фракталы), начали изучать с появлением мощных компьютеров. Известно, что в природе нет идеальных форм наподобие окружности и т.п., ей свойственны ветвящиеся формы, например, коллоиды, отложения солей, клеточные популяции. В широком смысле фракталы выступают объектом изучения динамики образных форм. Этим термином обозначают структуру, состоящую из частей, которые в каком-то смысле подобны целому.³² В новой области геометрии - *фрактальной геометрии* (основатель – Бенуа Мандельброт), которая складывается в последние десятилетия века, разрабатываются компьютерные технологии, которые позволяют эффективно распознавать и хранить образную информацию.

Синергетическая парадигма утверждает новое представление о системе. Она понимается как открытая сложная, содержащая очень большое, иногда бесконечное (неисчислимо) множество элементов, находящихся в сложном взаимодействии друг с другом. Например, атомы в кристалле лазера, молекулы в химическом растворе, люди в обществе, нейроны мозга. Процессы в сверхсложной системе строятся как массовые кооперативные процессы. Главным свойством такой системы выступает способность к самоорганизации.

В то же время в синергетике утверждается *относительность простоты и сложности* системы, поскольку всякую систему одновременно можно рассмотреть на макроуровне – как целостность, описываемую достаточно просто немногими параметрами порядка, и на микроуровне – как сложное взаимодействие множества элементов. Эволюция системы анализируется в терминах порядка и хаоса.

Общая картина эволюционного процесса в синергетике предстает как смена условных состояний порядка и хаоса, которые соединены фазами перехода к хаосу (гибель структуры) и выхода из хаоса (самоорганизация). Из четырех состояний лишь одно состояние порядка стабильно, три другие,

³² Федер Е. Фракталы. М. 1991, с.19.

так или иначе, связаны с хаосом и относятся к становлению или кризису. Длительный кризис истощает адаптационные возможности системы, исчезает ее системная целостность и она погибает.

В основании универсального языка описания условных состояний порядка и хаоса лежат 7 основных принципов: два принципа (гомеостатичность, иерархичность) позволяют построить описание относительно устойчивого бытия системы, пять других принципов (нелинейность, неустойчивость, не замкнутость - открытость, динамическая иерархичность, наблюдаемость) позволяют построить содержательное и формальное описание ее становления и кризиса. Поэтому в современной литературе синергетику называют теорией порядка и хаоса.

Глава 5. Когнитивная парадигма в современной науке

5.1 Установки когнитивного подхода в постнеклассической науке

Согласно Декарту, «*cogito*» связано с осознанием факта существования «Я», спецификой человеческого существования. В современной науке: в психологии, системотехнике, информационной технологии, - «*cogito*» понимается гораздо шире как в отношении субъекта, так и в отношении операций. Когнитивные процессы в качестве познавательных, имеющих отношение к знанию, исследуются и как процессы восприятия, и как процессы логического вывода, и как процессы памяти и воображения. Всякое адаптивное прогнозирующее действие, связанное с переработкой информации, определяется в качестве когнитивного. Это соответствует распространенной в современной науке компьютерной метафоре, в рамках которой мышление суть процесс переработки информации, а мозг – сложная информационная машина. Любой тип когнитивной деятельности связан с оперированием некоторыми структурами (образными, языковыми, символическими, концептуальными). Такое расширение принципа «*cogito*» приводит к замене речевой и мыслительной деятельности когнитивной. Термин «когнитивная деятельность» нейтрален в отношении субъекта-носителя (не только человек) и конкретен в отношении комплекса составляющих процедур.

Рассматривая генезис когнитивной парадигмы, С.Крэмер выделяет пять последовательных этапов: 1) введение десятичной символической системы счета, 2) развитие идеи «*cogitatio symbolica*» Лейбница (благодаря которой исчисление становится идеалом в теории познания), 3) массовое распространение принципа Тьюринга (в результате которого человеческое

мышление описывается преимущественно в терминах счетных машинных операций), 4) формирование «искусственного интеллекта» (как направления, в рамках которого когнитивные процессы приписываются не только человеку, но и машине или системе), 5) становление «компьютерной теории разума» («computational theory of mind»), в которой принцип действия компьютера переносится на сознание (дух). Таким образом, внеперсональная теория когнитивных процессов становится онтологией сознания. Современный мотив междисциплинарных и эпистемологических исследований - стремление создать некое неантропологическое, неантропоцентрическое понятие духа (сознания). В психологии бихевиоризм, ограничивающий сознательные механизмы чисто поведенческой схемой: стимул – реакция, сменяется вопросом об онтологии духа. В рамках когнитивной науки онтологическая реабилитация духа просматривается в контексте основного положения, представляющего мышление как исчисление ментальных репрезентаций.

Новое методологическое расширение принципа «cogito» связано с позицией У.Матураны и ее влиянием на когнитивные исследования. В «Биологии познания» У.Матураны «cogito» становится принципом, объясняющим поведение и эволюцию живой системы. Под когнитивной системой понимается система, способная поддерживать идентичность внутреннего состояния посредством прогноза возможных физических взаимодействий, который опирается на знакомые системе внутренние состояния. Прогнозирование – выводная функция, познавательная, поэтому живая система – всегда прогнозирующая и, следовательно, когнитивная, а «жизнь как процесс представляет собой процесс познания». Это касается всех организмов, располагающих и не располагающих нервной системой. В организме без нервной системы или ее функционального эквивалента взаимодействия имеют физический и химический характер (происходит поглощение молекулы, инициируется процесс ферментизации, захватывается фотон и т.д.). Нервная система расширяет область взаимодействий организма, в результате чего внутренние состояния в ней модифицируются не только посредством физических событий, но и «чистыми отношениями». В единство возможных взаимодействий включаются взаимодействия со своими собственными состояниями. Единство взаимодействий образует когнитивную область системы.

У.Матурана подчеркивает, что живая система не целенаправленна. Она замкнута на себя и свои внутренние состояния, которые модулируются взаимодействиями. Поведение живой системы подобно движению самолета вслепую по показаниям приборов. Главная функция нервной системы

состоит в обеспечении необходимого кругового процесса живой организации. Однако включение в нее области «чистых отношений» создает возможность нефизических взаимодействий между организмами, в которых они ориентируют друг друга на взаимодействие внутри когнитивных областей. Ориентирующее поведение составляет основу коммуникации.

Новое расширение принципа «*cogito*» подводит методологическую базу под бессознательные прогнозирующие процедуры, однако делает неразличимыми простые и сложные организмы. В этой связи уместно вспомнить теорию функциональной системы П.К.Анохина, представляющую механизм прогнозирования как «опережающее отражение» - информационный механизм, работающий на уровне химических цепочек, обеспечивающий «вписанность» клетки и более сложного образования в пространственно-временной континуум физического мира. Позиция У.Матураны не отрицает фундаментальности информационно-отражательного механизма прогностической функции. Парадигмальный методологический поворот состоит в том, что в процессе жизни система не отражает независимую среду, а конструирует, создает свою нишу, которая и есть реальность, но только не объективная (среда), а когнитивная (единство прогнозируемых, определенных организацией системы взаимодействий).

Когнитивная система всегда определена собственным способом существования. Эта позиция поддерживается со стороны современного естествознания положением нелинейной динамики: самосохраняющаяся система поддерживает собственное равновесие, организуя ближайшую среду в своих интересах (уменьшая энтропию). Со стороны философии – фундаментальной онтологией М.Хайдеггера, в которой изначально присутствие в мире, благодаря чему экзистенциальный аспект онтологически определяет систему. Вопрос о субъекте «*cogito*» сам собой снимается. На вопросы: «кто думает?», «кто действует?», - следует ответ: «думается» и «действуется». Субъективность, по М.Хайдеггеру, берет начало в структуре бытия-в-мире, проходит через чувственное восприятие ситуации, проекцию конкретных возможностей и направлена к проблеме интерпретации и языка. Подчеркивая эту линию фундаментальной онтологии, П.Рикер пишет, что «в начале мы имеем бытие-в-мире, затем мы понимаем его, затем интерпретируем и уже затем говорим о нем». Отсюда вытекает задача – выяснить, в каких онтологических структурах возникает язык, образующий и поддерживающий семантическое пространство экзистенции.

5.2 Эволюция когнитивных представлений в междисциплинарную эпистемологию радикального конструктивизма

Междисциплинарная научная мысль стремится сформировать уже не просто теорию искусственного интеллекта, не просто компьютерную теорию сознания, а эпистемологию когнитивного действия в качестве новой философии познания. В этом движении радикальный конструктивизм представляет собой междисциплинарную эпистемологическую парадигму, объединившую установки и результаты исследований в области нейрофизиологии, биокибернетики, теоретической биологии, психологии, социологии. Основные положения радикального конструктивизма касаются природы знания, понятия когнитивной системы и когнитивной реальности.

Фундаментальное положение радикального конструктивизма повторяет кантовский принцип гносеологии: знание активно конструируется познающим субъектом. При этом функции познания (когнитивные функции) носят адаптивный характер и служат для организации опыта, а не для открытия онтологической реальности. Существование множества различных версий реальности – результат коммуникации, а не отражения, поэтому нет никакой одной извечной и объективной истины. И вообще, строго говоря, нет объективной реальности, не связанной с субъектом и независимой от его области взаимодействий, которая единственно определяет то, что является для субъекта реальностью.

Радикальный конструктивизм вводит общее понятие когнитивной, или аутопоэтической (самосоздающейся) системы (autos – с греч. «само»; poiein – с греч. «делать»). Любая динамическая целостность (в частности, клетка и живой организм) рассматривается в качестве аутопоэтической системы, организационный принцип которой предполагает взаимосвязь элементов, которые в процессе взаимодействия образуют сеть производительной активности как нечто единое в области пространства, занимаемого этими элементами, и таким образом имеющего собственную реальность, отдельную от фона (например, структурно биологического). Подтверждением этой мысли служит активность живого организма. Главная особенность живых существ в том, что единственным продуктом их организации являются они сами: производитель и продукт выступают в одном лице. Экзистенциальное тождество бытия и активности становится признаком такой системы. «Существование и активность любой аутопоэтической единицы неразделимы, что и составляет особенность ее организации», - утверждают У.Матурана и Ф.Варела. Это положение непосредственно указывает на принцип “*cogito ergo sum*”, поэтому аутопоэтические системы – всегда

системы когнитивные, стремящиеся к самосохранению и самоидентификации.

Любая целостность остается самоидентичной, пока неизменен тип ее организации. Принцип сохранения характеризует только целостность и касается только типа организации данной системы, любые другие ее характеристики (физико-химический состав, энергетические состояния, структурные связи, формы взаимодействия с окружающей средой и т.д.) подвержены изменению. Структура сложной целостности определяет некое пространство взаимодействий как одно неделимое целое, которое и является пространством существования сложной целостности. Оно может подвергаться влиянию извне, однако, без изменения целостности. Таким образом, принцип качественного различия систем переносится с внутренней структуры на поле взаимодействий, что предполагает нечеткость границ целостности (в биологии этому соответствует концепция сознания как полевой функции мозга). Две пространственно разделенные системы могут иметь одинаковую организацию, но различные материальные структуры. Это открывает новые познавательные возможности, позволяя отождествлять организационные, функциональные и когнитивные структуры сложных систем разной природы.

Область всех взаимодействий аутопоэтической системы, не нарушающих ее целостность, составляет когнитивную область, которая изменяется в процессе онтогенеза. Способ организации определяет когнитивную область системы и весь ее поведенческий спектр, поэтому когнитивная область, в сущности, - это область возможных описаний (прогнозов) системы, которые она может производить. Когнитивная система, по определению У.Матураны, суть система, действующая значимо для поддержания самой себя в области взаимодействий, детерминированных ее способом организации, а процесс познания суть актуальное поведение в этой области. Таким образом, жизнь как процесс представляет собой процесс познания. Тождество жизни и познания делает когнитивными все органические образования.

Знание в контексте теории аутопоэза характеризует область взаимодействий системы и ее поведение. Процесс познания направлен на расширение этой области. Знание никогда не передается в коммуникации и познании, оно всегда заново создается системой и не может быть представлено обособленно от конкретного когнитивного организма, не может быть универсализировано. В этом положении, на наш взгляд, заявлен генетический принцип, определяющий процесс порождения в качестве

фундаментального механизма существования когнитивной системы любой природы.

Человек отличается от комаров, собак и кошек тем, что знание в его системе жизни отделяется от существования (обособливается), что становится возможным с появлением функций самосознания. Сознание, самосознание, интеллект - феномены, возникающие внутри языковой реальности. Собственно самосознание может быть интерпретировано только в связи с коммуникацией и языком, вне которого никакое самосознание невозможно. Объективность как новая характеристика знания также связана со способом оперирования языковой реальностью. С точки зрения радикального конструктивизма, объекты - это функциональные отношения вербальной области поведения. Таким образом, принцип объективности знания оказывается жестко привязанным к социокультурной традиции, а понятие истинности практически отождествляется с общезначимостью. При этом априорно сформированные критерии истинности и правильности, которые, упорядочивая идеальные сущности, определяют норму объяснения и понимания, в сущности, не различаются.

Однако субъект как когнитивная система конструирует (в качестве наблюдателя) не только вещи и объекты, автономизируя их в своем сознании, но и контекст существования их как сущностей, создавая более широкую реальность. Порождение и динамика этой реальности и ее влияние на субъективный опыт и составляет главную проблему социальной онтологии когнитивного действия.

5.3 Проблема эволюции когнитивной системы

В контексте радикального конструктивизма живая система, прогнозируя возможные взаимодействия, функционирует по принципу ожидания: что произошло однажды, произойдет вновь. Ее поведение представляет собой функциональный континуум, наделяющий жизнь организма единством, благодаря трансформации его состояний. При этом внутренние состояния включаются в континуум поведения в качестве модулирующих факторов, что предполагает внутреннее самоотражение, при котором нервная система проецирует себя на самое себя. Анатомическая и функциональная организация нервной системы обеспечивает синтез поведения, а не репрезентацию мира. Поэтому в процессе жизни отражается не независимое множество отношений, а множество состояний нервной системы. Кора мозга развивается как центр внутренней анатомической проекции, а в эволюции поведения растет зависимость организма от состояний нервной активности.

Таким образом, исходный постулат дарвинизма о необходимости приспособления организма к среде обитания в радикальном конструктивизме ставится под сомнение. В новом эпистемологическом контексте организм сам создает свою жизненную нишу.

Главная функция нервной системы состоит в обеспечении кругового процесса живой организации. Онтологическая сущность когнитивной системы - консервация своего состояния (гомеостазис), а не эволюционное усложнение форм. Следовательно, факторы, заставляющие расширять и усложнять когнитивную область системы, что приводит к функциональным и морфологическим изменениям в истории видов, будучи внешними, связаны с жизнью в популяциях и развитием нефизических взаимодействий. Принципы естественного отбора и морфогенеза, таким образом, должны быть скорректированы в соответствии с онтологией когнитивной системы.

В контексте представленной междисциплинарной эпистемологии, онтология инстинкта определяется прогнозируемой нишей знакомых классов взаимодействий. Несмотря на разнообразие, в функциональном континууме индивидуального поведения организмов можно выделить инварианты, определенные видовым геномом. Это выражается в сходных формах нервной активности, рефлексивных моделях реагирования и продолжения рода. Инстинктивные инварианты действуют прогностически и не осознаются. Казалось бы, достаточно для функционального единства когнитивной системы, если не задавать вопрос: как взаимодействуют особи в популяциях. Этот уровень жизни тоже должен представлять собой когнитивную систему со всеми вытекающими следствиями. У.Матурана его не рассматривает, ограничиваясь выделением двух способов взаимоотношений между особями. Первый способ - непосредственный контакт, результат которого - организация взаимосвязанных физических действий типа ухаживания, преследования, поединка и т.п., которые закреплены видовой программой. Второй способ - ориентация другого организма на какую-либо часть когнитивной области, отличную от актуального физического взаимодействия. В этом случае не возникает цепочки согласованных физических действий. Своеобразный момент «недействия» связан с ориентацией на сопряжение в когнитивных областях систем, которое жизненно значимо и способно вызвать сходное поведение (например, подражание).

В первом случае организмы взаимодействуют, во втором – общаются. Ориентирующее взаимодействие требует функционального выделения общих значений, которые образуют новую сферу в единстве взаимодействий (когнитивной области). Сопряжение когнитивных областей через общие

значения, требует новых сверхинстинктивных функций. Именно ориентирующее поведение вида приводит к развитию когнитивной реальности сообщества в виде семантического пространства и трансформации поведения от инстинктивного к интеллектуальному.

Возникновение символического знакового мира сообщества и новых (интеллектуальных) функций, реализующих нефизические взаимодействия, взаимно обусловлены, как две стороны одного процесса коммуникации. Символы и общие понятия – только знаки, ориентирующие когнитивную систему в смысловом плане ее внутреннего состояния. Категории только задают очерк контекста внутренних состояний, семантическую макроструктуру когнитивной реальности. Дельфийский оракул только подает знаки. Каждый понимает по-своему.

Далеко не всегда область физических и нефизических взаимодействий, а также соответствующие им механизмы и модели поведения гармонично согласуются. Инстинктивные механизмы прогнозирования и поведения, складывающиеся естественным образом, связаны с развитием форм нервной активности: от повторяющихся цепочек химических реакций на уровне клетки, до рефлексивных механизмов реагирования на уровне инстинкта и до асимметрии высших структур мозга. Что можно сказать о сознательном поведении? Его эволюционная необходимость не ясна, поскольку интеллект не вытекает из инстинкта, а скорее ему противостоит.

Когнитивная область организма расширяется и усложняется из-за необходимости и неизбежности коммуникаций. Фактор изменчивости при этом связан с тем, что прогнозируемые физические взаимодействия корректируются ориентационными (смысловыми). Эволюция когнитивной системы от инстинкта к интеллекту определяется общением. Поэтому инварианты сознательного поведения связаны с формами общения и знаковой системой, закрепляющей общие значения. Ведущим принципом ориентирующего поведения выступает понимание, опирающееся на общие культурные инварианты в виде стереотипов поведения, общепринятых ассоциаций, этических принципов, образа мира.

Таким образом, эпистемологическая парадигма радикального конструктивизма корректирует идеи Ч.Дарвина о естественном отборе и морфогенезе представлениями о когнитивной реальности и генетическом принципе в онтологии когнитивной системы. Изменчивость при этом наиболее характерна для когнитивной области, в которой прогнозируемые физические взаимодействия направляются (и подавляются) ориентационными (смысловыми). Жизнь популяции, затем социума образует необходимое условие эволюционных изменений нервной активности,

лежащих в основании высших психических процессов, сознания, интеллекта. Отсюда следует вывод, что факторы, связанные с развитием нефизических взаимодействий в популяциях, заставляют расширять норму реакции и усложнять когнитивную область системы, приводя, в конечном счете, к функциональным и морфологическим изменениям в истории видов.

Глава 6. Междисциплинарные исследования природы человека и его сознания

6.1 Проблема происхождения мышления и сознания в философии и науке

Описание природы сознания традиционно строится в соответствии с принципом физической редукции, то есть рассматривает нематериальный феномен сознания в соотношении со структурами материального органа – мозга. Со времен Декарта психофизический дуализм составляет философское основание границу естественнонаучных исследований мышления, которую стремятся преодолеть как ученые, препарировав мозг в поисках следов мысли, так и философы, выдвигая различные трактовки интеллекта и разума.

Философские концепции фиксируют две реальности и неопределенность в вопросы о субъекте мышления, сознания, а также генетическую проблему происхождения мышления и сознания.

В неклассической философии 20в. внимание сосредоточено на оппозиции рационального – иррационального в экзистенциальной онтологии, противопоставив интеллект и творчество, расчет и эмоцию, рассудок и волю. Однако, выделив бинарную оппозицию, неклассическая философия в классических традициях сосредоточилась на вопросе о первичности: сначала воля к жизни (или жизнь как воплощение высшей воли), затем разум как проявление воли, разграничив функции: жизненное движение и творческое развитие - за вдохновением, адаптация и стереотип – за интеллектом.

Основная тенденция современной науки - устранить дуализм мозга и сознания через понятие функциональной системы (П. К. Анохин), через понятие информации и информационной системы, через понятие когнитивной системы - прогнозирующей, адаптивной, самоорганизующейся, аутопоэтической.

Естественнонаучный материализм локализует функции сознания и мышления в мозгу человека. Исходная позиция определяется тезисом : мыслит мозг. В 19в. преобладает идея материальности мысли. Обоснование: аналогия функции материального органа - печени, которая выделяет жёлчь.

Функциональная аналогия прошла эволюцию в естествознании от грубого отождествления мысли с неким веществом наподобие желчи до системных представлений о функциональных органах и когнитивных представлений в биологии и нейронауке. Мыслящим органом признается мозг, точнее его структуры ВНД.

С точки зрения классической философии и науки 19в.-- мозг выделяет мысль,. С точки зрения постнеклассической науки 20в., мозг – машина, перерабатывающая информационные потоки. Что соответствует распространению компьютерной теории мозга и сознания, которая строится на базе информационной парадигмы.

Эпистемологические следствия информационной трактовки мышления в науке 20 века

Следствие 1: Выделение двух информационных стратегий в деятельности мозга определённые характером переработки информации. Функции мышления локализируются в структурах левого и правого полушария мозга, которые различаются способом восприятия и переработки информации (симультанный режим или последовательный). Мысль соотносится с информационным кодом и нейродинамическим кодом.

Следствие 2: В биологии развивается идея локализации функций мозга. (XIX в. Френология, Галль), концепция индивидуальной изменчивости мозга выделяет эволюционную роль наложения динамических полей высшей нервной деятельности (Савельев С. В. Морфология сознания).

Следствие 3: Когнитивная парадигма вводит широкое понимание когнитивной системы и когнитивной реальности в отношении любой структуры. Нейроструктуры мозга как функциональное основание деятельности сознания настраиваются когнитивной сетью (или гиперсетью).

В этом контексте мыслит система через мозг человека как проводника. Неясно, где генерируется новая информация.

Следствие 4: Процессы социализации влияют на динамические структуры мозга и его морфологию как материального органа, который традиционно является предметом биологии.

Следствие 5: Развиваются концепции естественного отбора, которые опираются на генетическую предопределённость поведения людей, которая проявляется в констатации общей стратегии поведения и развития.

В частности:

1) «Эволюционно стабильная стратегия» подчеркивает стереотипы поведения, которые формируются на подсознательном уровне, повторяются и характерны для большинства. Они не могут быть заменены другими,

поскольку фиксируют адаптивную норму удовлетворения биологического инстинкта особи в условиях коллективного выживания популяции.

2) «Совокупная приспособленность» подчеркивает сохранение генотипа популяции посредством сохранения опыта коллективного выживания.

3) Альтрустическая концепция выделяет эволюционную роль особи, способной жертвовать собой

Проблема генезиса человека и его специфических особенностей в отличие от животных, живущих в популяциях, исследуется на базе палеонтологии и антропологии, которые собирает фактический материал для ответа на вопросы: кто был предком человека, какова природа его биосоциальности, в чем специфика человеческой популяции как социума?

Выделим две группы антропологических концепций, оформившихся в науке 20в.

1. Концепции, ориентированные на поиск ближайшего предка Человека в эволюционном ряду животных и млекопитающих, характерны для области антропологии. Например, концепция Африканской Евы, вытекающая из геофизической гипотезы об инверсии геомагнитного поля Земли; Акватическая концепция (Водная обезьяна жила в миоцене на мелководье и на суше).

2. Концепции, ориентированные на исследования специфики биосоциальности человека, которые рассматривают фундаментальную роль социума в эволюции человека.

Социобиологические концепции акцентируют специфику биосоциальности индивида и её закономерности в эволюции жизни. В частности, Социалдарвинизм 19 в., Классическая социобиология 20 в., Этология и зоопсихология, Эволюционная биология Конрад Лоренц, Коэволюционная социобиология

Антропосоциогенетические концепции (АС Генетика) акцентируют социогенез в качестве эволюционного фактора, изменяющего адаптивную норму, поскольку адаптация индивида к жизни в сообществе не является чисто биологической, а скорее социальной, требующей отсроченного удовлетворения инстинктивной биологической потребности. Фактор изменчивости при этом связан с тем, что прогнозируемые физические взаимодействия корректируются ориентационными (смысловыми). Инстинктивные механизмы прогнозирования и поведения, складывающиеся естественным образом, связаны с развитием форм нервной активности и

рефлективных механизмов реагирования на уровне инстинкта и до асимметрии высших структур мозга.

Если инстинктивное поведение подчиняется принципу самосохранения и реализуется в формировании функционального континуума поведения на уровне физических взаимодействий, то ориентирующее поведение подчиняется новому принципу «разумности». Принцип сохранения в данном случае касается поддержания способности действия в смысловом континууме сообщества на уровне исторической нормы.

Таким образом, жизнь популяции, затем социума образует необходимое условие эволюционных изменений нервной активности, лежащих в основании высших психических процессов, сознания, интеллекта. Отсюда следует вывод, что факторы, связанные с развитием нефизических взаимодействий в популяциях, заставляют расширять норму реакции и усложнять когнитивную область системы, приводя, в конечном счете, к функциональным и морфологическим изменениям в истории видов.

6.2 Междисциплинарные установки современной науки и философии в исследовании поведения и сознания человека

На базе информационной парадигмы развиваются два подхода к биологической эволюции: генетический и эпигенетический. В контексте эпигенетического подхода, этология и социобиология выделяют роль коммуникативных сигналов в самосохранении и самоорганизации популяций. Нарботан большой фактический материал о коммуникативных жестах и звуковых особенностях такого рода сигналов, понимаемых в популяции однозначно в стрессовой ситуации. Коммуникативные сигналы (звуки, жесты) генетически привязаны не к конкретному физиологическому органу (например, к органу пищеварения), а к инстинкту в его роли функциональной системы самосохранения на уровне адаптивной нормы.

В междисциплинарных исследованиях эпистемологический *принцип макродетерминации* конкретизируется в представлении об информационной причинности, имеющей кодовый характер. Вопрос о происхождении информационных кодов, запускающих иерархически построенные программы действия, отработанные в филогенезе, указывает на сложно организованную среду жизни индивидуального организма в качестве макроуровня, который существует априори и определяет информационный механизма психической регуляции этого организма.

Приоритетной эпистемологической установкой в объяснении причин нефизического плана в саморегуляции живой системы и ее усложнения в

процессе эволюции утверждается когнитивная парадигма. В частности, У. Матурана рассматривает живую систему, способную адаптироваться к жизненной среде, как систему когнитивную, которая прогнозирует свои взаимодействия в физической среде, используя опыт знакомых состояний. Это характерно уже для биохимических реакций в организмах без нервной системы. Фиксацию условий на уровне последовательности цепочек химических реакций в клетке, отмечает П.К.Анохин. Нервная система специализируется на обработке информации как таковой, в ее семантическом и прагматическом значении, абстрагированном от физического или химического носителя кода. Коммуникативное поведение высших животных связано с развитой структурой нервной деятельности.

Механизм адаптации жизнедеятельности клетки как аутопоэтической самоорганизующейся системы устроен таким образом, что между пространством объективных физических условий жизни и внутренним пространством организации обеспечения жизнедеятельности необходимыми химическими продуктами и процессами существует пространство прогнозируемых возможных реакции на внешние условия и сигналы. Оно складывается объективно, как пространство ориентирующих взаимодействий и образует то, что было обозначено Матураной как когнитивная реальность. Поэтому такая система в своей жизнедеятельности всегда прогнозирует, ориентируясь в поле возможностей, которое образует когнитивную область ее ориентаций в среде обитания. Система живет и успешно адаптируется, реагируя опосредованно на сигналы из физического мира, запуская информационный процесс обработки сигнала в поле ориентаций.

Радикальный конструктивизм Матураны состоит в утверждении, что жизнь биологической системы представляет собой конструирование, создание своей ниши когнитивной реальности как единства прогнозируемых взаимодействий, которое включает область «чистых отношений», создавая возможность нефизических, ориентирующих взаимодействий между организмами внутри когнитивных областей. Расширенная область ориентирующих и впоследствии смысловых сигнальных взаимодействий указывает на системное онтологическое основание такого свойства психики и сознания как интенциональность.

Понятие *интенциональность* (которая трактуется как единственная характеристика сознания в феноменологии Гуссерля) представляет собой чисто функциональное свойство психической саморегуляции. Как показывают исследования в когнитивных науках, интенциональность (в значении направленной активности) представляет собой свойство именно когнитивной системы и может порождаться искусственно в нейросети,

моделирующей адаптивное поведение. Например, введение мотивации в нейронной сети выступает условием самогенерации программ управления целенаправленным адаптивным поведением аниматов.

В философии и науке сосуществуют две парадигмальные установки в анализе поведения и сознания человека: психофизический дуализм и редуktivизм, отождествляющий психическое и физическое. В работах представителей «научного материализма» (Г.Фейгл, Р.Рорти, Х.Патнем, Дж.Фодор) предположение о тождестве физического и психического поддерживается исследованиями по нейрофизиологии, в которых констатируется, что каждому состоянию сознания соответствует определенное состояние в динамике мозговой деятельности.

Интенциональность, присущую примитивным способностям ориентации, можно отождествить с целесообразностью действий, которая поддерживается наличным алгоритмом выбора жизненно значимых сигналов в нейробиологических или нейрофизиологических структурах на уровне повторения последовательности химических реакций. Возникновение сознания, которое управляет высшими когнитивными способностями, повлекло генерацию качественно нового уровня интенциональности. Человеческую психику в формах мышления и самосознания невозможно отождествить с физическими процессами в нейронах.

Попытки преодолеть психофизический дуализм в антропологии связаны с рассмотрением онтологического статуса целостности общности. Вопрос об источнике психической активности, который не раскрывается в социобиологических концепциях, получает новую познавательную перспективу в социально-антропологической установке, выделяющей в качестве базового объекта исследования общность, в отличие от биологической популяции.

Введение такого системного объекта переносит акцент в эволюции человека с биологических и биогенетических процессов на социогенез, в рамках которого происходят морфологические и функциональные изменения нейрофизиологических структур. Этому соответствует и современная установка в исследовании мозга как непрерывно изменяющейся и эволюционирующей системы. Исследования поведения и образа жизни высших приматов и человека показывают, что видовой (квазисоциальный) опыт не сохраняется в генетических структурах, но сохраняется в предметных структурах сообщества. Передача видového опыта жизни сообщества осуществляется в процессе индивидуального научения и требует определенной психической активности. С этой точки зрения нейробиология

когнитивных способностей человека должна опираться на системный анализ «видоспецифических, морфогенетических и индивидуальных закономерностей развития» в эволюции головного мозга, подчеркивает С.В. Савельев.

В социально-антропологических моделях эволюции человека приоритетным принципом выступает макродетерминизм, в рамках которого анализируется системная матрица социального влияния. Предпосылки социально-антропологической установки в отечественной философии связаны с гипотезой Ф. Энгельса о роли труда в превращении обезьяны в человека, в которой эволюционным фактором, изменяющим структуру психики примата, был выделен не просто образ жизни в популяции, а коллективный способ выживания и сохранения родового опыта. В этом ключе формулируются концепции антропосоциогенеза, в которых конкретизируется надбиологический механизм социальной детерминации сознательных психических состояний.

6.3 Факторы когнитивной эволюции человека

В эволюции человека обстоятельства, определяющие его психическую адаптивную норму, связаны с выживанием общности и выживанием индивидуума в общности. Такая исходная позиция позволяет выделить социальные факторы когнитивной эволюции человека и функциональные модели интеллектуальных структур, которые детерминированы требованием тотальной информационной связи в сообществе и закрепляются на уровне механизмов наследования биогенетического и эпигенетического плана. В качестве стимула подсознательной мотивации социального и индивидуального действия рассматриваются коммуникативные факторы и формы имитации реальности в когнитивных структурах.

В *социобиологической модели* для объяснения механизма когнитивной эволюции человека водится вектор эпигенеза, дополняющий программу биогенетическую программу индивидуального развития.

Условия для *ментального эпигенеза* в социобиологической модели создаются культурными условиями жизни индивида и средовыми факторам жизни самого общества в совокупности с инвариантами социальной памяти, которые в этой модели фиксируются как культургены. По аналогии с экосистемой, сначала в биосферном цикле или его трансформации появляется жизненное пространство как пространство априорных ограничений, которое предполагает некую потенциальную норму адаптации имеющихся в наличии структур или их модификации. Соответствие

требуемым функциям жизнеобеспечения на индивидуальном уровне включения в сообщество и на уровне сохранения всей экосистемы требует постоянного согласования информационных потоков и сред или ограничения функций в режиме воспроизводства и самосохранения индивидуального организма. Функции естественного интеллекта обусловлены именно таким требованием постоянного согласования внешних норм поведения и внутренних биологических норм жизнеобеспечения индивидуального организма. Замыкание нервной активности на собственной деятельности, отмечает У. Матурана в описании механизма целесообразности в биологии познания. В режиме работы мозга эту особенность подчеркивает Савельев, Матурана. Организм создаёт свою нишу как жизненное пространство потенциальных или знакомых реакций, взаимодействий. Это пространство виртуальных интеракций в сетевом обществе реализовано как киберпространство на базе информационно-компьютерных технологий. Замыкание этой системы интеракций поглощает человека с его механизмами нервной активности и надбиологическими функциями интеллектуальной активности.

Стимулирующим фактором в интеллектуальном развитии индивида выступает необходимость ориентации в смысловом пространстве социальной сферы на уровне когнитивной матрицы здравого смысла или на уровне компетенций профессиональной деятельности, которая в свою очередь требует расширения когнитивного потенциала индивидуальной деятельности в соответствии избранной стратегией личностного развития. Эта ситуация подчеркнута в герменевтике замыканием круга понимания. Человек в своей когнитивной ориентации замыкается в определенном горизонте сознания, связанном с неким устойчивым набором понятий и не испытывает необходимости переосмысливать их в течение жизни. Что соответствует устойчивому течению жизнедеятельности с достаточным комфортным уровнем адаптивности к жизненной, социальной или профессиональной ситуации. Подобная ситуация не требует анализа, поскольку когнитивная ориентация в обстоятельствах жизни происходит автоматически или стереотипно. Экономия мышления связана с экономией энергии и ресурсов индивидуального организма, в обеспечении работы которого активизация высших отделов мозга вносит дополнительные затраты. По С. Савельеву, мозг самый энергоёмкий орган, потребляет 10 % всей поступающей с пищей энергии. Поэтому стимул к интенсивной интеллектуальной деятельности должен быть внешним. Так, Ж. Пиаже в психологии развития связывает стимулы интеллектуальной активности с инвариантностью и обратимостью действия, которое диктуется неразрывностью ситуации и нужд субъекта.

В частности, инвариантами мотивации интеллектуальной активности выступают:

1) игра по правилам, когнитивная ориентация с целью лучшей адаптированности в жёстко нормированной ситуации обеспечивает или характеризует репродуктивный уровень интеллектуальной активности (Богоявленская, модель Пиаже);

2) собственно познавательный или когнитивный уровень интеллектуальной активности, который стимулируется социальными требованиями престижа (зарплата, высокий статус, требования познавательного интереса в профессиональной области);

3) креативный уровень интеллектуальной активности, который связан с внутренними установками на поиск проблем, но в истоке тоже имеет внешние стимулы.

Информационный и функциональный подход к эволюции органического мира позволяют рассматривать метасистемные факторы на разных уровнях био-, психо-, ноогенеза, с точки зрения иерархической связи целостной системы социума, включенного, в свою очередь, в биосферном единство. В этом контексте, главный вектор эволюционных трансформаций когнитивных структур в истории человека определен сохранением относительно устойчивого функционирования и саморепродукции социума как антропологической целостности.

Таблица 1. Факторы когнитивной эволюции человека в генетических моделях

Генетическая модель	Фактор, стимулирующий развитие когнитивных функций или новой структуры интеллекта	Когнитивная Интеллектуальная структура	Субъект, носитель интеллектуальных функций
Генетическая модель интеллекта Ж. Пиаже [8]	инвариантность и обратимость действия (сначала физического, коммуникативного, затем мысленного, в виде логической операции). Социально-генетический смысл инварианта действия - сжатый информационный обмен.	сенсомоторные действия, конкретные операции, выполняемые в уме с опорой на внешние наглядные факты, и формальные структуры (или операции)	Человек, индивид психика
Модель когнитивной эволюции в социобиологии	Двустороннее взаимодействие генетических и культурных факторов. Эпигенетические	Культурген (абстрактная единица информации) выступает в качестве	Культурный код Культура сообщества индивид психика

	правила осуществляют отбор среди культурных альтернатив.	элемента ментального эпигенеза	
Сетевая модель К.В. Анохина	Тотальная связность социума на уровне когнитивной гиперсети. Семантика когнитивных систем культуры и дискурсивная техника коммуникации, норма интеллектуальной активности	когнитивная гиперсеть интеллектуальная архитектура действий	Человек, индивид когнитивная гиперсеть социума Нейронная сеть мозга
Палео-психологическая модель Б.Ф. Поршнева	Интердикция, волевое, небиологические принуждение, суггестия и контрсуггестия, противоречие произвольного подчинения и его торможение	Эмоция как психическая норма самоорганизации общности в ситуации выживания Речь как форма коммуникации	Индивид человек
Б. Якушин культурно-историческая модель происхождения ритуала языка	Ритуал	Неречевые формы осмысленного действия Сенсомоторный интеллект	Индивид человек
А.Н.Леонтьев гипотеза происхождения смысла	Коллективный способ выживания, коллективно-разделенные действия, регламент социальных ролей в системе коллективного действия при совместном выживании	Неречевые формы осмысленного действия Сенсомоторный Интеллект Дискурсивный интеллект	Индивид человек

6.4 Информационные и функциональные модели интеллекта

В информационной модели интеллект как функциональная система может иметь различную материальную основу. Но она должна быть вписана в определенный круг или цикл жизнедеятельности макросистемы или макромира. По аналогии с круговоротом биогеоценозов в биосферном единстве формируется ноосферная модель, в которой интеллектуальная технология поддерживает постоянное воспроизводство глобального социума через воспроизводство и связь когнитивных уровней своих элементов, существующих как в естественных, так и искусственных формах. Проблема ноосферной модели заключается в расширении техносферных циклов и их

отчуждении от природных темпов самосохранения человека как органической части биогеоценозов.

Таблица 2. Функциональные модели интеллекта в междисциплинарной эпистемологии

Генетическая модель	Фактор, стимулирующий развитие когнитивных функций или новой структуры интеллекта	Когнитивная Интеллектуальная структура	Субъект, носитель интеллектуальных функций
Синхроническая модель	Связность общности на семантическом уровне через общие значения. Коммуникативные сигналы мотивируют ментальную активность	Соотношение или совпадение феноменов символической, социокультурной, ментальной и кортикальной репрезентации	Нейроструктура Мозга Индивид Человек Когнитивная система Информационный код
Имитационная модель	символическая матрица представлена как абстрактная система значений, не имеющих однозначной интерпретации	Виртуальная сеть Цифровая имитация коммуникативной практики	Цифровой субъект Абстрактный субъект Система ИИ

В *синхронической модели* когнитивной ориентации базовым интегрирующим фактором выступает обеспечение коммуникации в сообществе. На этом основании соотносятся функциональные системы символической, социокультурной, ментальной и кортикальной репрезентации, чтобы вывить синхронизацию этих механизмов в качестве принципиального условия ориентации индивидуума в поле социальной информации. В частности, подчеркивается соответствие формы копирующей и самокопирующей деятельности зеркальных нейронов мозга, которая осуществляется бессознательно, с формами конструирования копий имитированной реальности через вариативное повторение в технологии масс-медиа.

Нейрофизиологическая модель объяснения механизма когнитивной ориентации связана с уточнением нейрофизиологических механизмов манипуляции подсознанием в условиях сетевой технологии, трансформирующей представления о реальности в виртуальных имитациях. Социально-коммуникативный подход опирается на представление о синхроническом механизме причинной связи в объяснении работы подсознания. В качестве ключевого фактора подсознательной мотивации

социального и индивидуального действия рассматриваются формы имитации реальности, которые стимулируются и усиливаются цифровой культурой. Трансформации жизненного мира киберреальностью подчеркивают функциональную (манипулирующую) роль абстрактной инфоструктуры в формировании семантического поля индивидуального и массового сознания.

Системное давление инфосферы на подсознание человека осуществляется через семантическую (смысловую) взаимосвязь с нейродинамическими структурами мозга. В синхронизации нейрофизиологических и социальных условий коммуникации ключевую роль играет организация когнитивной сети социума, функциональная архитектура которой строится на базе символических матриц, представляющих собой семантически согласованные наборы фреймов. Эта модель позволяет органично соединить факторы социокультурной, ментальной и кортикальной репрезентации в понимании подсознательных механизмов информационного влияния на представление человека о реальности.

Расширение символических взаимодействий в цифровой технологии за счет создания виртуальных сред с замкнутой циркуляцией информации и отрыва знака от его исходного значения выступает в качестве главных медийных инструментов имитации реальности, посредством которых абстрактная система производит разнообразные виртуальные подобия себя.

Гиперактивность медийной информационно-коммуникативной сети выступает фактором деструкции базисных ментальных структур восприятия мира и событий в нем. Информационное влияние медийной технологии сопровождается размыванием экзистенциальных критериев саморегуляции в оценке ситуаций и систем суждений, создавая проблему онтологической достоверности.

Системная онтология подчеркивает базовый принцип самосохранения целостности, с которым связана трансформация границ жизненного мира для включенных в эту целостность систем. Функциональная архитектура внутри целостности должна обеспечить ее самосохранение и устойчивое развитие в границах обитания. Внешние факторы по отношению к самой целостности и ее функциональной организации и есть априорная данность для включенных в нее систем. Этот познавательный аспект не фиксирует материальную структуру, позволяя рассматривать только информационные связи систем внутри целостности, а также внешние факторы воздействия метасистемного плана.

В системе познания невидимая логика метасистемной причинности (или макродетерминации) обозначена принципом априори. Функциональные связи внутри этой целостности играют базовую роль в организации

жизненного пространства малых систем в виде популяций, сообществ, родов, племен, народов, стран, цивилизаций.

Функциональный подход подчеркивает информационный характер влияния априорных условий на взаимосвязи и развитие индивидуального организма, и его адаптивное поведение. Это хорошо иллюстрировал К. Лоренц, объясняя приспособление органов движения у животных, которые знают и генетически и инстинктивно следуют программе индивидуального развития и адаптивного поведения в экосистемных границах. Устойчивость этих границ определяет и временной горизонт существования популяции и вида, сохранение и воспроизведение которого в свою очередь образует онтологический горизонт жизни индивида. Эти границы представлены в эволюции живого мира устойчивым различием видов и популяций одноклеточных и многоклеточные, различием в геноме, передающем наследственную программу адаптивного поведения и развития.

В истории человека этот принцип представлен критическими точками социогенеза. Можно предположить, что 5% различие в структуре генома человека и шимпанзе, которое соотносится с отделением вида гоминид от приматов, было связано именно с изменением условий жизни, требующих новых функциональных связей и систем для выживания рода или популяции.

Практически все генетические модели интеллекта в науке и философии опираются на адаптивные функции к условиям жизни в сообществе. Индивидуальное выживание уже на биологическом уровне зависит от самосохранения и выживания популяции, то есть имеет характер системной причинности. В адаптивном ключе трактует природу интеллекта в частности, А. Бергсон, подчеркивая искусственный социальный характер его предназначения и ограниченность функций, в отличие от свободы творчества.

Таким образом, междисциплинарная эпистемология включает в качестве фактора эволюции человека онтологию когнитивной системы, в которой прогнозируемые физические взаимодействия направляются ориентационными (смысловыми). Жизнь популяции, затем социума образует необходимое условие эволюционных изменений нервной активности, лежащих в основании высших психических процессов, сознания, интеллекта.

Функциональные модели интеллекта подчёркивают условия, вызывающие, стимулирующие генезис когнитивных структур в организации информационной среды и деятельности субъектов или элементов, включенных в эту среду, но не рассматривают природу носителя этих функций. Проблема заключается в его неоднозначности.

В философской традиции субъектом разумной действия выступает как человеческий род в целом, так и коллективный разум в лице науки, а также отдельный человек. Неоднозначность субъекта разумного поведения хорошо обозначены в антропологической и социологической моделях интеллекта. Абстрактный субъект познания в этих моделях представлен в диаметрально противоположных статусах - индивида с его психикой и сообщества в статусе коллективного субъекта, владеющего знанием и транслирующего его в поколениях. Сообщество в данном контексте выступает носителем социальной памяти и кодов/ матриц, необходимых для персонализации интеллектуальных функций. При этом в описании когнитивной эволюции человека все же преобладает антропология, акцентирующая либо эволюцию мозга, либо эволюцию культуры. Устранить этот разрыв предлагает социобиология, постулируя принцип коэволюции, сочетающий факторы выживания общности в глобальном мире и факторы выживания индивидуума в социально-антропологической целостности.

Для междисциплинарных исследований интеллекта характерно отождествление информационной системы и когнитивной системы. Однако они различаются набором функций в переработке информации. Интеллектуальные структуры обеспечивают работу в семантическом и когнитивном пространстве социума. Информационная система выступает резервуаром данных и характеризуется объемом или абстрактным количеством информации. Когнитивная система имеет фреймовую основу, поскольку элементом работы такой системы выступает систематизированная ячейка знания, или сжатая информация в понятийной форме, содержащей определённые семантические связи.

В современном информационном обществе цифровые сети создаются для работы с когнитивными системами и когнитивным обменом. Искусственные интеллектуальные структуры используются для ориентации и операций с внеперсональными когнитивными структурами социума, которые ассоциируются с миром знания, существующим независимо от индивида, и представляют собой когнитивные системы науки и культуры (или системы социальной памяти). Эта область автоматизируется более успешно в искусственных системах, оперирующих базами данных и системами знаний в символической форме, отчуждённых от непосредственного процесса индивидуального мышления и познания. Технология реализации алгоритмов расчета в машине ассоциируется с искусственным интеллектом. В качестве функциональной системы когнитивного обмена такая система объединяет комплекс процедур аналитической деятельности, замещая человека.

Литература

1. Князева Е. Н. Философия науки. Междисциплинарные стратегии исследований. / Е. Н. Князева. — М.: Издательство Юрайт, 2019. — 289 с.
2. Очерки истории и философии науки и техники. Коллективная монография, под ред. Монахова В.М. и Солдатова А.В. Санкт-Петербург, Изд-во «РГПУ им. А.И. Герцена», 2019 — 376 с.
3. История и философия науки : учебное пособие / [А. А. Краузе, О. Д. Шипунова, И. П. Березовская, В. А. Серкова] ; под редакцией О. Д. Шипуновой ; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019 - 142 с.
4. Философия науки : учебник для магистратуры / под ред. А. И. Липкина. — 2-е изд., Ф56 перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2015. — 512 с.
5. История, философия и методология науки и техники : учебник для магистров / Н. Г. Багдасарьян, В. Г. Горохов, А. П. Назаретян ; под общ. ред. Н. Г. Багдасарьян. — М. : Издательство «Юрайт», 2015 — 383 с. — Серия : Магистр. ISBN 978-5-9916-3370-3 Книга доступна в электронной библиотечной системе biblio-online.ru
6. Дёмин, И. В. Философия науки и техники: хрестоматия / Илья Вячеславович Дёмин. – Самара: Самар. гуманит. акад., 2014 – 136 с. ISBN 978-5-98996-149-8
7. Волкова В. Н. Истоки и перспективы развития наук о системах /В. Н. Волкова. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – 240 с.
8. Мамедов А.А.. Философия науки и техники : Учебное пособие / А. А. Мамедов. — [б. м.] : Издательские решения, 2022. — 296 с. ISBN 978-5-4493-2907-3.
9. Миронов А.В. Философия науки, техники и технологий. – М.: МАКС Пресс, 2014. – 272 с. ISBN 978-5-317-04749-8
10. Философия науки : учебник для магистратуры / под ред. А. И. Липкина. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2015. — 512 с. — Серия : Магистр. ISBN 978-5-9916-4095-4
11. Степин, В.С. Научная рациональность в техногенной культуре: типы и историческая эволюция / В. С. Степин // Вопросы философии / Российская академия наук .— М., 2012 .— № 5 .— С. 18-25.
12. Лебедев С.А. Методология науки: проблемы индукции. — М.: Альфа-М, 2013 — 192с.
13. Эпистемология: перспективы развития / Отв. Ред. В.А.Лекторский. — М.: «Канон+», РООИ «Реабилитация», 2012. — 536с.
14. Шипунова О.Д. Философия науки. Философские проблемы естествознания /Учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010.
15. Никифорова Н.В. «Места знания»: пространственный поворот в исследованиях науки, технологий и общества // Социология науки и технологий, Том 12, №3, 2021, с. 78 - 93.
16. Информационный подход в междисциплинарной перспективе : (материалы "круглого стола") // Вопросы философии : Научно-теоретический журнал / Российская академия наук .— М., 2010 .— №2 .— С. 84-112
17. Постнеклассика: философия, наука, культура / Коллективная монография / Отв.ред. Л.П.Киященко, В.С. Степин. — М.: Изд.дом «Мирь», 2009. — 672 с.
18. Горохов, В. Г. Техника и математика : (из истории теории механизмов и машин) / В. Г. Горохов // Вопросы истории естествознания и техники / Российская академия наук. Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова .— М., 2011 .— № 3 .— С. 53-86.
19. Горохов, В. Г. Оценка социальных рисков технологических инноваций : обзор научной конференции в Берлине / В. Г. Горохов, М. Декер // Вопросы философии :

- Научно-теоретический журнал / Российская академия наук .— М., 2011 .— № 10 .— С. 176-181
20. Лоренц К. Кантовская концепция а priori в свете современной биологии // Эволюция. Язык. Познание. М. 2000. С.15-41.
 21. Анохин А.П. Генетика, мозг и психика человека: тенденции и перспективы исследований. М.: ВИНТИ, 1988. – 66с
 22. Судаков К.В. Функциональные системы. — Москва: «Издательство РАМН», 2011. — 320 с. — (Научное издание). — 1000 экз. — ISBN 978-5-7901-0109-0.
 23. Естественный и искусственный интеллект: методологические и социальные проблемы / Под ред Д.И. Дубровского и В.А. Лекторского. – М.: «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2011. С.61-79
 24. Анохин П.К. Избранные труды: Философские аспекты теории функциональной системы. М.: Наука, 1978. – 400с.
 25. Цоколов С.А. Дискурс радикального конструктивизма. Мюнхен. 2000
 26. Минский М. Структуры для представления знания // Психология машинного знания. М.1979.
 27. Поршнев Б.Ф. О начале человеческой истории. М.1974. С.472.
 28. Леонтьев А.Н. Проблемы развития психики. М.: Изд-во МГУ, 1981. –584с.
 29. Якушин Б.В. Гипотезы о происхождении языка. М.: Наука, 1985. –136с.
 30. Савельев С.В. Морфология сознания: в 2 т. – М.: ВЕДИ, 2018. – Т. 1. – 2018 с. – с.112
 31. Бескова И.А., Герасимова И.А., Меркулов И.П. Феномен сознания. М.; Прогресс-Традиция, 2010- . 367с.

Интернет ресурсы

- Философия науки и техники | Книги по философии
https://platon.net/load/knigi_po_filosofii/filosofija_nauki_tekhniki/30
- Журнал «Философия науки и техники» (ISSN 2413-9084 (Print); ISSN 2658-7297 (Online) является научно-теоретическим изданием, выходящим два раза в год и ориентированным на профессиональную аудиторию. <https://pst.iphras.ru/>
- Степин В.С., Горохов В.Г., Розов М.А. Философия науки и техники
https://www.studmed.ru/view/stepin-vs-gorohov-vg-rozov-ma-filosofiya-nauki-i-tehniki_27e3f08a6c7.html
- https://royallib.com/book/styopin_vyacheslav/filosofiya_nauki_i_tehniki.html
- Ярцев Алексей. Философия науки и техники. Проблемы начала XXI века, 2017
<https://mybook.ru/author/aleksej-yarcev-2/filosofiya-nauki-i-tehniki-problemy-nachala-xxivek/?yclid=10848558919983038463>
- Философия науки, техники и технологий, Миронов А.В., 2014
<https://obuchalka.org/2015031683377/filosofiya-nauki-tehniki-i-tehnologii-mironov-a-v-2014.html>

Содержание	Стр.
Глава 1. Динамика взаимоотношений различных областей науки на разных этапах ее развития в современных условиях.	3
1.1 Философские аспекты взаимоотношений математики, науки и техники в Эпоху Возрождения	3
1.2 Соотношение математики и механики в Античности и в эпоху Возрождения.	11
1.3 Становление экспериментального метода естествознания	14
1.4 Теоретические модели в развитии взаимных отношений математики, физики и техники в период научной революции XVII в.	18
1.5 Философские аспекты взаимоотношений математики, науки и техники в XVIIIв.	21
1.6 Натурфилософия и рациональная механика И. Ньютона	23
Глава 2. Роль научной картины мира в интеграции знания	26
2.1 Универсальные принципы научной картины мира	26
2.2 Исторические этапы эволюции научной картины мира	28
2.3 Эволюция физической картины мира в XXв.	30
2.4 Философские проблемы физической картины мира	35
2.6 Проблемы физической редукции в описании единства мира	40
Глава 3. Междисциплинарная методология науки XX-XXI вв.	42
3.1 Междисциплинарные принципы интеграции знания в постнеклассической науке.	42
3.2 Методология функционального подхода в научном исследовании	48
3.3 Теория систем и системный подход в истории науки XXв.	50
3.4 Методология системного анализа	52
3.5 Понятия и принципы информационной парадигмы	56
Глава 4. Философия и синергетика	62
4.1 Теоретические и экспериментальные основания синергетики	62
4.2 Теория самоорганизации	65
4.3 Методологические принципы синергетической парадигмы	72
Глава 5. Когнитивная парадигма в современной науке	76
5.1 Установки когнитивного подхода в постнеклассической науке	76
5.2 Эволюция когнитивных представлений в междисциплинарную эпистемологию радикального конструктивизма	79
5.3 Проблема эволюции когнитивной системы	81
Глава 6. Междисциплинарные исследования природы человека и его сознания	84
6.1 Проблема происхождения мышления и сознания в философии и науке	84
6.2 Междисциплинарные установки современной науки в исследовании поведения и сознания человека	87
6.3 Факторы когнитивной эволюции человека	90
6.4 Информационные и функциональные модели интеллекта	93
Литература	98