

С.М. ПОХЛЕБАЕВ

**РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТАПРЕДМЕТНОГО ПОТЕНЦИАЛА
КАТЕГОРИИ СОПРЯЖЕНИЯ
ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ. ИЗБРАННОЕ**

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

С.М. ПОХЛЕБАЕВ

**РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТАПРЕДМЕТНОГО ПОТЕНЦИАЛА
КАТЕГОРИИ СОПРЯЖЕНИЯ
ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ. ИЗБРАННОЕ**

МОНОГРАФИЯ

Челябинск
2024

УДК 57(07)
ББК 74.262.8
П 64

Похлебаев, С.М. Реализация метапредметного потенциала категории сопряжения при обучении биологии. Избранное: монография / С.М. Похлебаев; Министерство просвещения РФ, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет. – Челябинск: Изд-во ЮУрГГПУ. – 352 с. – ISBN 978–5–907790–75–9. – Текст: непосредственный.

В монографии представлены результаты исследования, где в качестве *метапредметного* основания формирования и развития философских, естественно-научных и биологических понятий применялся тандем двух метапредметов – «Знак» и «Категория». В рамках метапредмета «Знак» особое значение приобретает *моделирование*, которое можно назвать *метапредметной технологией познания*.

Второй метапредмет – «Категорию» – конкретизирует понятие «сопряжение», которое ранее нами обосновано как одна из внутренних сторон взаимодействия и возведено в ранг естественно-научной категории. Этот метапредмет несет гносеологическую функцию. Эффективность методологического потенциала обоих метапредметов конкретизирована при конструировании моделей, отражающих организацию биологической формы движения материи на разных уровнях.

Усвоение содержания *категории сопряжения* обучающимися и сознательное ее применение при формировании понятий в курсе биологии позволит им не только постигнуть сущность изучаемых процессов и явлений, но и одновременно овладеть рациональным методологическим (*метапредметным*) средством познания, способствующим формированию научной картины мира и мировоззрения в целом.

Адресуется авторам школьных учебников, преподавателям, учителям биологии, студентам, а также специалистам, интересующимся метапредметными (методологическими) основами естествознания.

Рецензенты: С.В. Борисов, д-р филос. наук, профессор
М.Д. Даммер, д-р пед. наук, профессор

ISBN 978–5–907790–75–9

© С.М. Похлебаев, 2024
© Издательство Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ КАТЕГОРИИ СОПРЯЖЕНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТАПРЕДМЕТНОГО ПОДХОДА В КУРСЕ БИОЛОГИИ	8
1.1. О методологических основах построения образовательной области «Биология» в учебных стандартах школ России	8
1.2. Современная научная картина мира как философско-методологическая (метапредметная) основа для разработки учебных стандартов по биологии	18
1.3. Диалектический материализм – всеобщая метапредметная основа научного познания	23
1.4. Деятельностный подход как теоретико-методологическая основа формирования естественно-научных (метапредметных) понятий в условиях межпредметных связей физики, химии, биологии	44
1.5. Сопряжение как сторона взаимодействия и категория познания	78
1.6. Сопряжение как универсальный механизм реализации системно-деятельностного подхода	90
1.7. Сопряжение как один из принципов интеграции естественно-научных знаний	97
1.8. Сопряжение как категория познания и дидактический принцип изучения биологических систем в вузе	107
1.9. Сопряжение методологий как общая стратегия изучения биологических систем	114
1.10. Сопряжение как механизм реализации межпредметных связей физики, химии и биологии	122
1.11. Метапредметная роль понятия диффузии в формировании интегративных знаний на теоретическом уровне при обучении биологии	127
1.12. <i>Методологические и методические аспекты формирования и развития понятия «сопряженная окислительно-восстановительная реакция» в курсах химии и биологии</i>	137

1.12.1. Методологическая роль понятия «окислительно-восстановительная реакция» при изучении клеточного метаболизма	141
1.12.2. Методологические аспекты проблемы развития понятия «окислительно-восстановительная реакция» в школьном курсе общей биологии	149
1.12.3. Методологическая роль категории сопряжения в понимании сущности окислительно-восстановительных реакций	158
1.13. Методологическая роль понятия «сопряжение» в понимании сущности коэволюции типов обмена веществ и среды обитания	165
1.14. Сопряжение философского и биологического знания как основа формирования современного экологического сознания	171
1.15. Методологическая роль определений жизни в понимании сущности организации и функционирования растительной клетки как сопряженной системы	180
ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ	188
ГЛАВА 2. ОБРАЗНО-ЗНАКОВЫЕ МОДЕЛИ КАК МЕТАПРЕДМЕТНАЯ ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ	191
2.1. Моделирование как форма сопряженной познавательной деятельности студентов при обучении	191
2.2. Атрибутивная модель (схема) понятия «материя» и ее роль в развитии естественно-научных (метапредметных) понятий «вещество» и «энергия» при обучении	198
2.3. Реализация методологического потенциала принципа сопряжения в понимании сущности структурной и функциональной организации биологической формы движения материи	234
2.4. Сопряжение биологически активных молекул – фундаментальная основа проявлений жизни на клеточном уровне	240
2.5. Общая модель взаимосвязи метаболических процессов растительной клетки как метапредметная основа изучения физиолого-биохимических явлений в курсе биологии	247
2.6. Сопряжение статических и динамических моделей как метапредметная основа для понимания сущности фотофизического этапа фотосинтеза	255

2.7. Сопряжение статических и динамических моделей как методологическая основа для понимания сущности хемиосмотской теории П. Митчелла	263
2.8. Конструирование модели «Эмблема жизни» как эффективная технология формирования биологической картины мира	268
2.9. Методологическая роль сопряженных понятий «Форма» и «Содержание» в курсах физики, химии и биологии	274
2.10. Методологические и методические аспекты изучения углеводного метаболизма растительной клетки как сопряженной системы	282
2.11. Мысленный эксперимент как сопряженный метод рациональной познавательной деятельности школьников при изучении фотосинтеза ...	288
2.12. Сопрягающая функция электронной теории вещества при изучении механизмов взаимодействия фотосинтеза и дыхания в курсе биологии	297
2.13. Естественно-научное мышление студентов как результат сопряжения естественно-научных и гуманитарных знаний	304
2.14. Методологическая роль категории сопряжения в развитии диалектического стиля мышления	315
2.15. Методологическая роль категории сопряжения в формировании профессиональных компетенций будущего учителя	323
ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ	330
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	333
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	336

ВВЕДЕНИЕ

Глобальные проблемы современной цивилизации во многом предопределили возникновение метанаук, принципы которых очень быстро были спроецированы в образовательную область и обусловили возникновение метапредметов. Поэтому метапредметность присуща не только любой науке, но и любому учебному предмету. Принципы метапредметности особенно актуальны при изучении биологической формы движения материи, которая в скрытом виде содержит в себе физическую и химическую формы ее движения. Инвариантное метапредметное содержание биологического образования включает совокупность фундаментальных образовательных объектов, вокруг которых формируются метапредметные темы, учебные предметы и метапредметы. В настоящем исследовании в качестве фундаментальных образовательных объектов (*метапредметов*), вокруг которых целесообразно формировать биологическую картину мира предлагается тандем двух метапредметов – «Знака» и «Категории».

Сущность метапредмета «Знак» может раскрываться через *моделирование*, которое считают разновидностью системного подхода, и которое можно считать *метапредметной технологией познания*. Метапредмет «Категория» конкретизирует понятие «*сопряжение*», обоснованное нами в предыдущих исследованиях как важнейшая внутренняя сторона взаимодействия и возведенное в ранг естественно-научной категории познания.

Актуальность подготовленной монографии заключается, прежде всего, в том, что в ней определены и реализованы методологические и методические подходы методологического потенциала категории *сопряжения* как метапредметной стратегии при изучении *всех уровней организации живых систем*. Использование этого потенциала на практике в связке с методом *моделирования*, а также с *системным, деятельностным и личностным* подходами позволяет сформировать метапредметные знания у обучающихся при изучении дисциплин биологического цикла, которые внесут должный вклад в формирование профессиональных компетенций будущих учителей.

Содержание настоящей монографии направлено на решение актуальной проблемы – формирования методологической культуры у обучающихся при изучении предметов естественно-научного цикла. Характерной чертой современного познания является переплетение категорий частных наук и философских категорий, их трансформация и объединение в **общую понятийную систему**, которая призвана выполнять методологическую функцию при изучении объектов и явлений материального мира. Опираясь на это фундаментальное положение, автор монографии использует методологический потенциал обоснованной им ранее категории «сопряжение» как внутренней стороны *взаимодействия* для конструирования *системы взаимосвязанных фундаментальных понятий*, которая может выполнять функцию *метапредметности* при обучении биологии.

Автор работы обоснованно считает, что если принцип *сопряжения* обеспечивает *непрерывность* природных объектов и явлений, то в образовательной области он может обеспечить непрерывность (*сопряжение*) фундаментальных естественно-научных понятий, приведение их в единую систему **через усвоение содержания и взаимосвязи, которые зафиксированы в их определениях.**

Отсюда следует, что принцип *сопряжения* как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – *методологическом (метапредметном)* и *общедидактическом*. Естественно-научная категория сопряжения является также и фундаментальным образовательным объектом, поскольку благодаря глубинному смыслу принадлежит как реальному, так и идеальному миру. Являясь главным компонентом развития, сопряжение проявляется как развитие, выступает внутренним механизмом, обуславливающим *интегральность, целостность, метапредметность, направленность процессов развития любой системы и по существу регулирует развитие учебного познания.*

Усвоение *метапредметного* (методологического) потенциала *сопряжения* и *моделирования* в тандеме учащимися, студентами и сознательное его применение при изучении объектов и явлений природы на разных уровнях организации биологической формы движения материи, начиная электронным и заканчивая биосферным, будет способствовать формированию у обучаемых научной картины мира и мировоззрения в целом.

ГЛАВА 1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ КАТЕГОРИИ СОПРЯЖЕНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТАПРЕДМЕТНОГО ПОДХОДА В КУРСЕ БИОЛОГИИ

1.1. О МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВАХ ПОСТРОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОБЛАСТИ «БИОЛОГИЯ» В УЧЕБНЫХ СТАНДАРТАХ ШКОЛ РОССИИ

Изучение истории науки, в том числе и биологии, показывает, что длительность периодов ее плавного развития до очередного скачка, чем ближе мы приближаемся к нашему времени, сокращается (Микулянский С.Р., 1972).

Разработка новых программ, концепций и теорий (в период революционных преобразований) теоретическими науками, их доработка и внедрение в практику прикладными науками, в конечном итоге, приводит к появлению новых технологий, которые существенно изменяют социально-экономическую инфраструктуру общества, что существенно сказывается на благосостоянии населения и статусе данного государства в мировом сообществе. В условиях научно-технической революции наука довольно быстро выявила свой огромный потенциал как революционизирующей силы, в корне меняющий облик и характер производства, так и социальной силы, непосредственно включаясь в процессы социального развития.

Эти прогрессивные тенденции в науке непременно должны найти свое отражение в федеральных, национально-региональных, вузовских и школьных документах, регламентирующих цели и содержание образования. Приоритет в вузовском и школьном образовании, в том числе и биологическом, должен быть отдан освоению научных методологий разного уровня универсальности (иерархичности), что послужит прочным фундаментом для дальнейшего самообучения и саморазвития специалистов любого профиля. Для молодых ученых научные методологии будут мощной теоретической базой для разработки новых концепций и теорий, а для специалистов-практиков – основой для более быстрого освоения новых технологий и техники, которая модернизируется, в среднем, через каждые пять лет. Данная стратегия, прежде всего, должна быть четко отражена

как в общих положениях учебных стандартов школ России, так и в разделе «Общая характеристика образовательной области биологии».

Определяя компетенцию федерального компонента стандартов в рамках базисного учебного плана, авторы отмечают, что он «обеспечивает единство школьного образования в стране и включает в себя ту часть содержания образования, в которой выделяются учебные курсы общекультурного и общегосударственного значения. В полном объеме их представляют русский язык (как государственный), математика, информатика, физика, астрономия, химия». Приведенная цитата дает основание полагать, что биология как учебная дисциплина не имеет ни общекультурного, ни общегосударственного значения. Данный факт еще раз подтверждает, что догматизм в области биологического образования настолько силен, что до сих пор отражает противоречия, сложившиеся в ходе исторического развития биологии как науки. Биологию как учебную дисциплину по-прежнему считают относительно несложной и не требующей опоры на курсы физики и химии.

Подтверждением этого тезиса является и структура базисного учебного плана основной школы (V–IX классы), по которому изучение биологии начинается в 5 классе, а физики и химии, знания которых необходимы для понимания биологических явлений, только в 7 и 8 классах соответственно. Следует отметить, что относительно курсов физики и химии, в упомянутом выше учебном плане, соблюдена необходимая иерархия и курс физики изучается впереди курса химии, что позволяет изучать химические явления не только на эмпирическом уровне, но и на теоретическом. Естественно, что данная логика должна быть соблюдена и в отношении курса биологии. Однако авторы учебного плана, по непонятным причинам, в отношении курса биологии по-прежнему руководствовались идеями прошлого, а точнее позапрошлого века.

Нарушение единой логики построения «пирамиды» естественных дисциплин, по-видимому, привело и к неопределенности формулировки, касающейся определения уровня биологических знаний, которые должны иметь учащиеся после окончания основной школы.

Определяя содержание трех компонентов школьного биологического образования, авторы отмечают: «Второй компонент представлен в основной общеобразовательной школе, где изучается систематический курс биологии, который призван обеспечить овладение всеми учащимися необходимым *минимумом биологических знаний*» (Леднев В.С. и др., 1998).

Данная формулировка является весьма неопределенной и не соответствует никаким критериям, используемым для определения уровня научного знания (здесь уместно напомнить, что в школе закладываются элементы научного знания). Приведенные факты наглядно свидетельствуют о том, что реформы, проводимые в образовательной области «Биология», так и не решили ее фундаментальной проблемы – не поставили преподавание биологии на научные «рельсы».

Одной из главных целей биологического образования, как и любого другого, является способность выпускников школ и вузов к самообразованию и непрерывному самообучению. Такая необходимость, как известно, продиктована все возрастающими темпами научно-технической революции, в результате которой технические и технологические основы различных производств морально устаревают через 5–6 лет, то есть, за период обучения студентов в вузе.

По мнению Л.М. Фридмана, разрешение этого противоречия возможно, но «для этого в высшем образовании должны получить приоритет *методологические основы содержания обучения*, овладение студентами основными познавательными средствами, методами и приемами изучаемых наук с тем, чтобы создать *необходимую базу для непрерывного самообразования и самосовершенствования*. «И лишь на базе методологических основ в учебных предметах вуза должно изучаться *все остальное содержание обучения как конкретизация и реализация этих основ*» [198, с. 121].

Вполне очевидно, что овладение научными методологиями изучения тех или иных предметов следует начинать еще в школе. На этом особо акцентируют внимание авторы экспериментальных программ по биологии, усматривая в этом научный инструмент познания объективной реальности [83]. Следует отметить, что эта идея частично нашла свое воплощение в Учебных стандартах школ России. Так, в разделе общая характеристика образовательной области «Биология» отмечается, что «Все закономерности, проявляющиеся на каждом структурно-функциональном уровне организации, опираются на эволюционную теорию как методологическую основу биологии».

Хорошо известно, что эволюционная теория практически сразу после создания была воспринята большинством ученых как новая концепция, новый принцип изучения органического мира, вызвавший полную перестройку теоретических основ биологии, а также способа мышления в этой науке.

Совершенно естественно, что этот способ мышления был перенесен и в образовательную область, где он играет исключительно важную роль при изучении всех биологических объектов как научная методология.

Следует признать, что эволюционная теория, как научная методология, крайне слабо используется учащимися школ при изучении других тем общей биологии, а также студентами вузов при изучении дисциплин биологического цикла. Причин этому несколько. Для того чтобы выявить главную причину, следует вспомнить условия и факторы, способствующие рождению эволюционной теории.

В одних школьных учебниках по общей биологии рассматриваются естественные предпосылки возникновения учения Чарлза Дарвина. Среди них выделяют общественно-экономические условия, успехи в области естествознания, личные качества исследователя и др. (Ю.И. Полянский и др. 1987). Авторы учебника «Общая биология» под редакцией А.О. Рувинского вообще опускают вопрос о предпосылках возникновения эволюционной теории [122].

Приведенные факты свидетельствуют, что одни авторы учебника «Общая биология» вообще не считают нужным рассматривать вопрос о предпосылках возникновения учения Ч. Дарвина, считая, по-видимому, этот материал формальным, другие – указывают на несомненно важные условия и факторы, способствующие рождению данной теории, но забывают о той научной методологии, применение которой позволило обобщить тот огромный фактологический материал в области биологии и сформулировать основные эволюционные идеи. Такой научной методологией, как известно, явился исторический метод. Именно благодаря Ч. Дарвину исторический метод утвердился в биологии и оказал решающее воздействие на все ее области исследования.

Об огромной возможности исторического подхода в исследованиях по биологии писал выдающийся физиолог К.А. Тимирязев в своей книге «Исторический метод в биологии» [165]. Именно исторический подход к явлениям индивидуального развития способствовал открытию биогенетического закона Ф. Мюллером и Э. Геккелем. исследований А.О. Ковалевского и И.И. Мечникова. Он ярко проявился в теории филэмбриогенеза А.Н. Северцева. Этот же подход был положен в основу трудов И.И. Шмальгаузена по сравнительной анатомии и эволюционной морфологии. Широко используют данный подход и современные ученые в разных областях как биологии, так и в целом естествознании.

Приведенные рассуждения позволяют констатировать, что своему становлению эволюционная теория как методология во многом обязана более общей методологии – историческому подходу и является конкретизацией его принципов. Подобное заключение позволяет высказать мысль о том, что в школьных стандартах в разделе 1.1. Общая характеристика образовательной области «Биология» составителям следовало бы указать, что эволюционное учение как методология логически вытекает из исторического метода. То есть, в данном случае, мы сталкиваемся с проявлением *второго важнейшего принципа, лежащего в организации и развитии материи вообще – принципа иерархии*. Этот очень важный научный принцип необходимо использовать не только при исследовании уровней структурной или функциональной организации материальных объектов, но и для понимания сущности и логических связей всеобщих, общих и частных методов и приемов, используемых для изучения этих объектов в совокупности называемых методологией.

В настоящее время общеизвестным является положение о том, что изучать определенный уровень организации того или иного материального объекта вне связи с другими уровнями его организации, а также с условиями внешней среды неперспективно. Точно также бесперспективна попытка научить какой-то одной методологии без связи с более общими и более частными методами и приемами. Какую бы отрасль биологии мы не взяли, увидим, что непосредственным условием перехода к новой, более высокой ступени познания объекта или процесса, всегда являлось возникновение нового метода исследования.

Таким образом, исторический метод является важнейшей научной методологией, овладение которой позволяет поднять уровень культуры мышления как исследователя, так и обучаемого, и решить многие проблемы как в области науки, так и в образовании.

Из приведенных выше рассуждений логически вытекает необходимость существования более общей методологии, которая включает в себя и исторический подход. Такой всеобщей методологией современного научного познания, как известно, является диалектический материализм, который зародился и развивается в рамках философии. Взаимосвязь между историческим подходом и диалектическим методом очень точно подметил С.Р. Микулянский (1972): «Отражение в историко-научном исследовании процесса познания природы невозможно фактически (что бы ни говорил и не думал о себе историк науки) никогда не осуществляется

без определенного философского подхода». Успехи отечественной историографии во многом обусловлены тем, что она опирается на диалектико-материалистическую методологию. В свою очередь философский анализ проблем теории истории познания опирается на выявленные и обобщенные историографией науки – реальные, конкретные формы, в которых происходило развитие знаний в различных областях науки. Подчеркивая взаимосвязь этих методологий, В.И. Ленин включил историю отдельных наук в число тех областей знания, из которых должны складываться теория познания и диалектика.

Таким образом, диалектический материализм является всеобщей методологией современного научного познания, и его статус должен быть обозначен в государственных стандартах.

В процессе исторического развития человеческого знания менялись не только философия и различные специальные науки, но и само взаимоотношение между философией и этими науками. В настоящее время, по мнению П.В. Копнина: «... сама философия уже не может служить поставщиком готовых естественно-научных идей. Последние рождаются в тяжелых муках самими науками. Новые идеи и построения в науке возникают в результате теоретического синтеза, который в качестве своего момента содержит категории философского мировоззрения, выступающего методом научно-теоретического мышления» [84, с. 82].

Философски выраженное мировоззрение должно быть конкретизировано естественно-научной картиной мира, интегрирующей в единое целое наиболее принципиальные и характерные достижения науки о природе. Результатом такого творческого взаимодействия между философией и естествознанием явилось рождение системного подхода, который конкретизировал принципы диалектического материализма и является наиболее универсальной методологией современных научных исследований и формой мировоззрения.

Системный подход основан на принципе системности: целостность, структурность, иерархичность, взаимосвязь внутренних структур целого и его связь со средой. Рассмотрение предметов и явлений с позиций разных структурных уровней организации – важнейшее естественно-научное обобщение XX века. Согласно теории структурных уровней организации живой природы, материя в процессе эволюции последовательно проходит все более высокие порядки (уровни) сложности и интеграции систем. При этом каждый уровень отличается целостностью, своеобразием свойств

и явлений, особой структурой этой целостности. Системный подход – это методология научного познания, в которой системное видение предметов составляет основу «познавательной технологии».

Использование системного подхода в биологии позволяет изучать живые объекты различных уровней сложности как биологические системы, для которых присущи все основные явления живой материи и иерархичность строения. При изучении биологических систем различного уровня сложности данный подход предполагает абстрагирование от несущественных (в том или ином отношении) связей и признаков, построение теоретически идеализированных объектов. Это позволяет поставить в центр внимания изучение общебиологических законов и специфических закономерностей. Такой подход предусматривает также изучение всех взаимодействий и связей между подсистемами и частями. Таким образом, взятие на вооружение системного подхода позволяет изучать сложные биологические объекты на теоретическом уровне, что, в конечном итоге, поможет сформировать у школьников научно-теоретическое мышление.

Усвоение системного подхода как научной методологии позволяет:

- создать основу системного мышления учащихся;
- заложить единую методологическую основу для планомерного образования и развития понятий у учащихся в процессе обучения;
- осмыслить учителю весь ход преподавания, сознательно руководить процессом усвоения знаний учащимися;
- выбрать наиболее эффективные методы и формы обучения;
- выработать единые критерии сформированности понятий;
- поднять межпредметные связи на новый качественный уровень, так как в своей основе содержит единую научную методологию познания объективной реальности;
- поднять биологическое мышление на новый качественный уровень (теоретический).

Взятие на вооружение методологии системного подхода позволяет разрабатывать учебные планы, программы и курс биологии в соответствии с естественными законами развития материи. Поэтому именно этот подход позволяет создать, если можно так выразиться, *естественную образовательную систему*, которая отражала бы естественный ход развития материи вообще, в результате которой физическая форма движения материи (ФФДМ) породила химическую форму движения материи (ХФДМ), а она в свою очередь – биологическую форму движения материи (БФДМ). В то время как

ныне существующие образовательные системы (концепции), в области биологии, в той или иной мере являются искусственными.

Смену парадигм в области биологического образования уместно сравнить со сменой парадигм в самой биологической науке и, в частности, с разработкой систем классификации живых организмов. На первых этапах развития биологии были созданы искусственные системы классификации, так как по объективным причинам не был найден основной критерий (генетический), который бы позволил установить эволюционную (генетическую) связь между организмами. Морфологический же критерий, выбранный в качестве основного признака характеристики вида, оказался неглавным и не позволял выявлять все эволюционные связи между организмами. По мере развития биологической науки, особенно ее раздела генетики, главный критерий (генетический) вида был найден, и это позволило создать естественную систему классификации организмов, которая отражает весь ход развития живого от пробионтов до человека.

Использование методологии системного подхода в определенной мере имело место и при разработке образовательной области «Биология» в ныне действующих учебных стандартах школ России (1998) и, в частности, ее содержательных линий. В структуре образовательной области «Биология» авторы выделяют три содержательных линии, и в двух из них присутствует термин «система»: «организм – биологическая система», «надорганизменные системы». Третья содержательная линия называется «многообразие и эволюция органического мира». Попутно можно отметить, что в предыдущем временном проекте государственного образовательного стандарта (1993) она называлась «система и эволюция органического мира». Возможно, что название третьей содержательной линии следовало сохранить, и это давало бы основание констатировать, что в качестве общей методологии при разработке всех трех содержательных линий образовательной области «Биология» был взят единый системный подход. Можно согласиться и с тем вариантом названия третьей содержательной линии, который имеет место в действующих учебных стандартах. Однако в этом случае в разделе общая характеристика образовательной области «Биология» следовало указать, что в качестве универсальной методологии изучения курса биологии является системный подход, а эволюционная теория является конкретизацией его принципов при изучении БФДМ.

Учитывая, что системный подход был использован авторами (или обозначен) в качестве научной методологии при разработке содержательных линий в образовательной области «Биология», можно было ожидать, что он будет положен в основу составления базисного учебного плана основной школы (V–IX классы). Однако, к сожалению, этого не произошло. Если авторы и использовали его, то с точностью до наоборот. Биологическую форму движения материи, как более сложную, они предлагают начать изучать значительно раньше физической (на два года) и химической (на три года). Такая расстановка естественных дисциплин не отражает естественного хода развития материи и ее изучение в науке, а попытка формировать биологические понятия без опоры на физические и химические делает биологическое образование формальным и не вызывает у школьников особого интереса.

Приведенные рассуждения еще раз свидетельствуют о том, что государство по-прежнему не осознало в должной мере и роль биологической науки и биологического образования в системе естественных дисциплин. При таком подходе мы вряд ли сможем научить учащихся мыслить биологически.

Большое значение в современном научном познании имеет и специальный общенаучный метод мышления – *метод формализации*.

Формально-логические законы имеют методологическое значение для всех наук. Процессы выделения новых понятий, систематизация знаний подчиняются законам логики. Порядок мыслей в устной и письменной речи тоже определяется логикой.

Формальная логика как общенаучный метод мышления также опирается на диалектику. Анализируя эту связь, В.И. Ленин отмечал, что диалектическая логика не существует и не может существовать вне материалистической диалектики как науки о наиболее существенных законах движения внешнего мира и отражения его в мышлении людей, в свою очередь материалистическая диалектика выступает логикой в качественно ином по сравнению с формальной логикой смысле.

Рассмотренные выше научные методологии в большинстве своем несут всеобщий и общий характер и применяются в различных областях науки, в том числе и в биологии. Кроме общих, в биологической науке используются и более частные методологии, которые также имеют свою иерархичность. К ним, прежде всего, следует отнести основные теории фундаментальных разделов общей биологии (клеточная теория, хромосомная теория, теория гена и др.).

Краткий анализ научных методологий, используемых при изучении материальных систем, в том числе и биологических, позволяет говорить о их взаимосвязи и иерархичности. Применение этих методологий для изучения объектов неживой и живой природы станет эффективным, если будет соответствие между уровнем организации изучаемой системы и уровнем обобщенности (научным потенциалом) используемого метода.

Отсюда следует, что уже в рамках школы учитель должен научить учащихся применять соответствующие методы и подходы при изучении биологических систем разного уровня сложности.

Конкретными примерами соответствия между уровнями организации живых систем и используемой методологии могут быть следующие:

Жизнь как одна из форм движения материи	– методология диалектического материализма
Общие принципы самоорганизации саморегуляции живых систем	– системно-синергетический подход
Становление эволюционной теории	– исторический метод
Популяция – элементарная единица эволюции	– эволюционная теория

Огромная значимость и эффективность указанных методологий, по-видимому, требует и их формального статуса (наряду с эволюционной теорией) в школьном стандарте по биологии.

Из сделанных обобщений вытекает также необходимость еще одной содержательной линии в структуре образовательной области «Биология». Эта линия включала бы соответствующие методы и подходы, которые являлись инструментом познания учащихся соответствующего уровня организации биологических систем.

1.2. СОВРЕМЕННАЯ НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА КАК ФИЛОСОФСКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ (МЕТАПРЕДМЕТНАЯ) ОСНОВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ УЧЕБНЫХ СТАНДАРТОВ ПО БИОЛОГИИ

Национальная доктрина образования Российской Федерации к числу основных целей и задач образования относит *формирование целостного миропонимания и современного научного мировоззрения*, что в значительной мере является прерогативой цикла естественно-научных дисциплин, первостепенными из которых в этом отношении является физика, химия и биология. Новая парадигма меняет узкоспециализированные цели на приобретение *обобщенных знаний о глубинных сущностях окружающего мира, на развитие **научных форм мышления***. Как подсистема общего образования естественно-научное образование должно стать социально значимым фактором из-за своего содержательного, познавательного и мировоззренческого потенциала.

Методология образования включает в себя систему принципов и способов построения методов, методик и технологий обучения, конкретизирующих педагогическую реальность. Нельзя научить всему, невозможно усвоить все факты, но можно *научить общим принципам*, которые помогут распоряжаться фактами, они сами по себе немного значат, поскольку обретают смысл в контексте теории, концепции, системы.

Для этого, указывает Л.М. Фридман, в Российском образовании должны получить приоритет методологические основы содержания обучения, овладение учащимися и студентами *«основными познавательными средствами, методами и приемами изучаемых наук*, с тем чтобы создать необходимую базу для непрерывного самообразования и самосовершенствования. И лишь на базе методологических основ в учебных предметах вуза должно изучаться все остальное содержание обучения как конкретизация и реализация этих основ» [1978, с. 121] (курсив наш. – С.П.).

Анализируя методологические проблемы школьного биологического образования, Б.Д. Комиссаров указывает, что «методы обучения, используемые при изучении биологии, направлены на отработку и применение формально-логических операций с готовыми знаниями и не способствуют выработке умений вести поиск новой информации. Деятельность по формированию *научного мировоззрения* носит начетнический характер и, в лучшем случае, сводится к примерам, подтверждающим проявление в живой природе законов диалектики. Категории *научная картина мира*,

методология познания не освоены биологическим образованием. Нет широкого синтеза концепций философии, этики, эстетики, науки, отвечающего современному содержанию понятия **научное мировоззрение**» [82, с. 5] (курсив наш. – С.П.).

Проблема научной грамотности стоит во всем мире, культура рационального мышления является неперенным условием научного образования. В нашей стране эта проблема обусловлена кризисными явлениями в области образования и усугубилась в процессе проведения общественных реформ. Отказ от **методологии диалектического материализма** породил ряд ложных и спекулятивных концепций. Это выразилось в распространении в обществе широкого **антинаучного синдрома**, разрыве между образованием и достижениями естествознания как существенной части общей инженерной и человеческой культуры. У части социально-культурной элиты, которая черпает информацию из печатных и электронных СМИ, популярных изданий разного толка, стала возникать **система псевдонаучных представлений**, особенно в тех условиях, когда результат не зависит от их истинности. Основанный не на логике и не на фактах трансцендентный мистический мир социально опасен.

По мнению Л.М. Фридмана, в современных условиях полноценный руководитель, специалист – это в определенной степени **исследователь своего дела**, поэтому мышление выпускника вуза должно иметь **научно-теоретический стиль**, чтобы он мог решать возникающие перед ним проблемы научно обоснованно, как исследователь. В то время как «происходящая в стране перестройка, широкая гласность наглядно показали, что значительная часть этих руководителей оказалась профессионально недостаточно компетентной и, что не менее прискорбно, личностно ущербной» [198, с. 120] (курсив наш. – С.П.).

В педагогической практике, отмечает В.Е. Клементьев, философской основой российских научно-педагогических исследований составляют два философских учения: **диалектический материализм** и **эмпиризм**. При этом большинство ученых-исследователей в своей познавательной деятельности лишь **декларируют методологию диалектического материализма** в процессе познания, а на самом деле – стоят на позиции **стихийного эмпиризма** в той или иной форме, который-то как раз критикуется в диалектическом материализме» [80, с. 4–5] (курсив наш. – С.П.).

Цель и задача формирования целостного миропонимания и современного научного мировоззрения, которые обозначены в Национальной

доктрине образования Российской Федерации, могут быть достигнуты и решены только на основе фундаментальных научных методологий. По мнению Б.Д. Комиссарова, методология – это ариаднина нить, ведущая к поставленной цели. Она высветляет «основные ориентиры в поиске путей совершенствования школьной биологии...» [82, с. 3].

Анализ содержания Федерального компонента государственного стандарта общего образования (утвержден приказом Минобразования России 5 марта 2004, № 1089) с позиций методологических подходов позволяет констатировать, что фундаментальные философские и общенаучные методологии не обозначаются ни в общих положениях стандарта, ни в конкретном стандарте основного общего образования по биологии. Более того, термин «методология» в данном стандарте вообще не применяется. По сравнению с предыдущим стандартом (1998 года), в котором четко обозначена эволюционная теория, как методологическая основа биологии, ныне действующий стандарт в методологическом плане имеет существенный недостаток. Попутно можно отметить, что в структуре образовательной области «Биология» прежнего стандарта авторы выделяют три содержательных линии, и в двух из них присутствует термин «система»: «организм – биологическая система», «надорганизменные системы». Это позволяет усмотреть в данном стандарте и элементы второй методологии – системного подхода.

Следует признать, что в действующем стандарте введено такое важнейшее понятие, как «**естественно-научная картина мира**», которое, по видимому, и должно было стать методологической основой данного государственного документа, а через него учебных программ и курса биологии. Однако в контексте стандарта это понятие методологической нагрузки не несет. Не фигурирует это понятие и в целях стандарта основного общего образования по биологии, а в требованиях к уровню подготовки только указывается, что выпускник должен уметь объяснять роль биологии в формировании современной естественно-научной картины мира [190].

Необходимость выработки обобщающего взгляда на мир связаны с тем историческим процессом развития науки, который Ф. Энгельс охарактеризовал как превращение ее из собирающей в упорядочивающую, в науку о связи, соединяющей процессы природы в одно великое целое [209, с. 303]. Такой особой формой систематизации, содержательного и мировоззренческого обобщения научных знаний является современная научная картина мира.

Одна из современных тенденций синтеза научных знаний выражается в стремлении некоторых исследователей построить *общенаучную картину мира* на основе принципов **универсального эволюционизма**, объединяющих в единое целое идеи *системного и эволюционного подходов*.

По нашему мнению, принципы системного и эволюционного подходов не могут претендовать на основу создания *общенаучной картины мира*, как это пытаются сделать некоторые авторы [4]. Причина, по-видимому, кроется в игнорировании самых общих категорий и принципов диалектического материализма. Доказательством этому является хотя бы тот факт, что в основе эволюционного учения лежит методология более высокого уровня общности – исторический метод, который в свою очередь является ядром диалектики. Системный же подход является конкретизацией принципов диалектического материализма; в основе его лежит философский принцип системности. Отсюда следует, что на основе этих двух подходов нельзя построить *общенаучную картину мира*, а лишь более конкретную картину мира, например, биологическую.

Научная картина мира является важнейшим компонентом основной науки. Она возникает в результате *синтеза философии и обобщений различных наук* и «является опосредствующим звеном между теорией, философией, наукой и культурой»... «На основе одной конкретно-научной картины мира могут создаваться и существовать несколько общих теорий» [7, с. 246] (курсив наш. – С.П.).

В научной картине мира различают *частные и общие научные картины мира* (ОНКМ). Из них ОНКМ обладают самым *мощным методологическим потенциалом*. Это обусловлено тем, что ее основу образуют наиболее *общие философские категории и принципы*. Ключевым понятием ОНКМ является понятие **«материя»**. Поэтому не случайно В.И. Ленин подчеркивал, что «картина мира есть картина того, *как материя движется и как «материя мыслит»*» [92, с. 375] (курсив наш. – С.П.).

В категориях диалектики тесно *связаны объективное знание* о соответствующей форме связи явлений (причинность, закон и другие) и форма мысли – *познавательный прием*, посредством которого постигается, осмысливается такая связь. И чем совершеннее понятийные средства, способы осознания определенных связей, тем успешнее может, в принципе, осуществляться их реальное открытие, истолкование. Одно предполагает другое. Философы говорят в связи с этим о единстве онтологического (объективного знания бытия) и гносеологического (познавательных приемов) смысла категорий [1, с. 109].

Всеобщие принципы ОНКМ заимствованы из философии диалектического материализма, где в качестве методологии выступают и *материализм* и *диалектика* с их всеобщими принципами: ***материального единства мира, неисчерпаемости материи, развития и взаимосвязи***, которые *отражают* в самом общем виде сущность бытия. Таким образом, основой формирования и эволюции ОНКМ являются философские знания, обладающие наибольшим объемом и широтой, позволяя сформировать самые общие представления о мире.

Огромный мировоззренческий потенциал современной ОНКМ должен использоваться в качестве философско-методологической основы не только в сфере науки, но и *образования*. Это детерминировано, прежде всего, ее универсальными методологическими функциями:

– является связующим звеном между наукой, теорией, философией и культурой;

– придает наглядность ненаглядным теоретическим конструктам;

– обладает эвристическим потенциалом, участвует в выдвижении и элиминации гипотез;

– ориентирует субъекта на способы решения научных проблем и выбора возможных средств;

– связывает теоретический уровень с эмпирическим, способствуя выработке экспериментальных схем и интерпретации полученных результатов;

– цементирует научное сообщество, обеспечивая единое пространство понимания изучаемых процессов;

– ***сопрягает онтологию и гносеологию (объективное знание и познавательный прием)***;

– ***выступать в качестве парадигмы, исследовательской программы, стиля научного мышления*** [7, с. 246] (курсив наш. – С.П.).

Таким образом, современная общенаучная картина мира является мощной философско-методологической основой в сфере науки. Эту функцию она должна выполнять и в сфере образования, где может определить структуру и содержание государственных учебных стандартов, планов и учебников по биологии, а также методологических подходов их реализации в школьной практике. Первостепенная задача состоит в разработке Федерального компонента Государственного стандарта общего образования на основе принципов общенаучной и научно-научной картин мира.

1.3. ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛИЗМ – ВСЕОБЩАЯ МЕТАПРЕДМЕТНАЯ ОСНОВА НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

Историческая функция процесса познания и полученного знания как фактора преобразования действительности многократно возрастает в современных условиях научно-технической революции. Сегодня в этой области науки на повестке стоят вопросы не только о том, как осуществляется процесс познания мира, окружающей природы и социальных явлений, каковы этапы этого познания, по каким законам оно движется, но и вопрос *как овладеть процессом познания, управлять им* с тем, чтобы ускорить его прогресс с целью решения существующих глобальных проблем человечества. Своевременность решения данной проблемы, в конечном итоге, во многом предопределяет относительную экономическую и политическую независимость любого государства и его конкурентоспособность на мировой арене.

Обозначенная проблема детерминирует приоритетность тех наук, предметом которых является научное знание. Среди них особое место занимает философия. Выбор методологического подхода для решения поставленной проблемы во многом предопределен ею самой. Выявить законы эволюции любого объекта или явления, в том числе и процесса познания, может лишь такая методология, в основе которой лежат принципы *развития и взаимосвязи*. Такой *методологией познания действительности*, в том числе и *самого познания*, является *диалектика*, которая имеет длительную историю своего становления и развития.

Зачатки методологических знаний обнаруживаются уже в культуре Древнего Египта, где геометрия выступала в форме методологических предписаний. Специальной же разработкой проблемы условий получения знания начинает заниматься древнегреческая философия, ярким представителем которой является Аристотель, внесший значительный вклад в анализ этой проблемы. Аристотель впервые создал логическую систему, которую рассматривал как «органон» – универсальное орудие истинного познания [3].

Вместе с тем проблема методологии вплоть до нового времени не занимала самостоятельного места в системе знания и включалась в контекст натурфилософских или логических рассуждений.

Зарождение методологии как особой отрасли знания связывают с английским философом Ф. Бэконом, который впервые выдвинул идею вооружения науки системой методов и частично ее реализовал, обосновав *индуктивный и эмпирический подходы* к научному познанию [22]. С этого времени проблема метода становится одной из центральных в философии. Философы того времени считали, что единственно истинный метод просто скрыт от непосредственного наблюдения и его надо открыть, сделать ясным и общедоступным. Вместе с тем логическая структура метода еще не являлась для них проблемой.

Важный шаг в развитии методологии сделал французский мыслитель Рэнэ Декарт, сформулировавший проблему познания как проблему отношения субъекта и объекта, поставившим вопрос о специфичности мышления, его несводимости к простому и непосредственному отражению реальности [58]. С этого времени процесс познания начинает приобретать статус самостоятельного предмета исследования, а *методология выступать как философское обоснование процесса познания*. В это же время методология приобретает еще одно направление своей специализации, связанное с английским эмпиризмом: учениями Дж. Локка, выдвинувшего сенсуалистическую теорию познания [104] и Д. Юма (1965), обосновавшего эмпиризм путем критики теоретического знания с позиций скептицизма. Эти философские работы стали основой для поисков методов опытной науки. Следует отметить, что в данный период развития науки проблемы методологии еще тесно переплетались с теорией познания.

В полной мере *особый статус методологического знания* впервые обосновал в своих работах немецкий философ И. Кант, проведя различие между конститутивными и регулятивными принципами познания, т. е. между объективным содержанием знания и формой, при помощи которой оно организуется в систему [78]. Этим было положено начало анализу познания как специфической деятельности со своими особыми формами внутренней организации. Данную стратегию продолжил И. Фихте, философия которого была попыткой построить универсальную теорию деятельности [195], а своей вершины в идеалистической философии она достигла в системе Г. Гегеля, по существу представляющей собой методологию рационализированной деятельности абсолютного духа и производной от нее (по Гегелю) деятельности человеческого познания [54]. Объективно важнейший результат,

полученный немецким классическим идеализмом в изучении проблем методологии, состоял в подчеркивании роли *диалектики как всеобщего метода познания и духовной деятельности вообще*. Об этом свидетельствует высказывание самого Гегеля о том, что диалектика «является вообще принципом всякого движения, всякой жизни и всякой деятельности» [55, с. 206].

Рациональное зерно идеалистической философии Гегеля состояло в том, что абсолютная идея, абсолютный дух рассматривался им *в движении и развитии*. Учение Гегеля о развитии составляет ядро его идеалистической диалектики и целиком направлено против метафизики. Особое значение в диалектике Гегеля имели три принципа развития, понимаемые им *как движение понятий: переход количества в качество, противоречие как источник развития и отрицание отрицания*. В этих принципах, хотя и в идеалистической форме, Гегель вскрыл *всеобщие законы развития*. Впервые в истории философии Гегель учил, что *источником развития являются противоречия, присущие явлениям*. Его идея о внутренней противоречивости развития была важнейшим приобретением философии [55].

Выступая против метафизиков, рассматривавших понятия вне связи друг с другом, абсолютизовавших анализ, Гегель выдвинул *диалектическое положение о том, что понятия взаимосвязаны между собой*. Рассматривая основные понятия философии естествознания, он в известной мере диалектически подходил к истолкованию природы, хотя в своей системе и отрицал ее развитие во времени.

В гегелевской философии существует противоречие между метафизической системой и диалектическим методом. Метафизическая система отрицает развитие в природе, а его диалектический метод признает развитие, смену одних понятий другими, их взаимное движение от простого к сложному. Развитие общественной жизни Гегель видел лишь в прошлом. Он считал, что история общества завершится конституционной сословной прусской монархией, а венцом всей истории философии он объявил свою идеалистическую систему объективного идеализма. Так система Гегеля возобладала над его методом.

Как показала практика, история философии не остановилась на идеалистической диалектике Гегеля. В конце XVIII – начале XIX веков Маркс и Энгельс творчески переработали идеалистическую диалектику Гегеля и предшествующий философский материализм, в особенности

учение Фейербаха. В диалектике Гегеля они вскрыли революционные моменты – *идею развития и противоречие как его источник и движущую силу*. Большую роль в развитии диалектического материализма сыграли достижения естествознания того времени, в котором диалектика стихийно пробивала себе дорогу. Сущность переворота, совершенного Марксом и Энгельсом в философии, заключалась в *соединении и творческой разработке материализма и диалектики и применении этого учения на практике*.

Строгое следование диалектическому методу само предполагает развитие последнего в новых исторических условиях, что ярко проявилось и на последующем историческом этапе эволюции философской мысли, особенно в работах В.И. Ленина, который взял метод К. Маркса – материалистическую диалектику – и применил ее к конкретной исторической эпохе. Таким образом, сущностью метода В.И. Ленина является обнаружение объективной истины путем конкретного анализа конкретно сложившейся исторической ситуации на основе выработанной историей познания категории мышления. По мнению П.В. Копнина: «В результате такого анализа исследуемого объекта создается новая теоретическая система, выходящая за пределы прежних понятий науки и обогащающая сами философские категории новым содержанием, т.е. совершенствующая сам философский метод» [84, с. 8].

Для дальнейшей эволюции теории диалектики исключительную роль сыграло развитие В.И. Лениным тезиса ***о совпадении диалектики, логики и теории познания***, впервые сформулированного Гегелем: последний считал, что эта взаимосвязь является закономерным результатом всей истории философии. Развивая это положение, В.И. Ленин отмечал, что: «В таком понимании логика совпадает с теорией познания. Это вообще очень важный вопрос». Говоря о той части логики Гегеля, в которой излагается учение о понятии, В.И. Ленин подчеркивал, что в ней содержится «едва ли не самое лучшее изложение диалектики. Здесь же замечательно гениально показано совпадение, так сказать логики и гносеологии» [93, с. 156, 174]. В этом тезисе выражается существо понимания *диалектики как научного метода познания. Искусство мышления состоит в овладении объективными законами и формами развития знания*, в определении таящихся в сложившейся исторической ситуации возможностей движения социальных процессов, в превращении закономерностей в сознательно используемые

приемы и принципы, метод научного исследования. Данный тезис, таким образом, выражает, что именно диалектика есть логика развития человеческого знания, адекватная самой действительности.

В.И. Ленин четко сформулировал задачу разработки диалектической логики как логики противоречий – как метода вскрытия и разрешения объективных, диалектических противоречий процесса развития. В противоречиях действительности заключается живой источник поступательного процесса и новообразования. И точно так же в противоречиях и их разрешении заключается внутренняя сила творческого развития теоретической мысли, познающей действительность.

В.И. Ленин, вслед за Ф. Энгельсом, настойчиво акцентировал внимание на положении, что диалектический метод научно-теоретического мышления не дан человеку от рождения, он выработан в процессе исторического развития философии, являясь высшим достижением и синтезом интеллектуальной культуры человечества. Логика мышления органически связана с его историей. В ленинское понимание задач систематической разработки теории материалистической диалектики входят: 1) теоретическое осмысление истории философских идей, логики их движения (особенно он выделял материалистическую переработку диалектики Гегеля); 2) освоение и развитие метода мышления К. Маркса, получившего наиболее полное выражение в «Капитале»; 3) **философское осмысление данных современного научного познания.**

«Продолжение дела Гегеля и Маркса, – писал В.И. Ленин, – должно состоять в диалектической обработке истории человеческой мысли, науки и техники» [93, с.131].

Именно с позиций этих трех обозначенных положений В.И. Ленин анализировал революцию в физике того времени. Выход физики из кризиса он видел, прежде всего, не в замене конкретных физических теорий одной на другую, а в том, что естествознание в целом, и физика в частности, *должны подняться на новый уровень философского мышления.* Говоря о причинах кризиса в физике и пути выхода из него, Ленин писал: «Материалистический основной дух в физике, как и всего современного естествознания, победит и всяческие кризисы, но только с неременной заменой материализма метафизического материализмом диалектическим» [92, с. 324].

Развивая идеи диалектического материализма, Ленин углубил понимание основных категорий материалистической диалектики и, прежде всего, *категории материи*. Обобщив достижения науки, философии и общественной практики, он сформулировал определение материи в единстве его онтологической и гносеологической сторон, подчеркивая, что единственное свойство материи, с признанием которого связан философский материализм, есть свойство *быть объективной реальностью, существовать вне нашего сознания*.

Анализируя главные ступени человеческого познания и рассматривая практику как основу процесса познания и как критерий истины, Ленин показал, что *познание идет от живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике* [95, с. 136].

Ленин сформулировал положение *о единстве диалектики, логики и теории познания*, определил основные принципы диалектической логики. Он неоднократно подчеркивал необходимость критического изучения и диалектической обработки истории человеческой мысли, науки и техники. *Исторический метод*, согласно Ленину, составляет самую сердцевину диалектического материализма. «Весь дух марксизма, вся его система требует, чтобы каждое положение рассматривать лишь (α) исторически; (β) лишь в связи с другими; (γ) лишь в связи с конкретным опытом истории» [95, с. 329].

Таким образом, материалистическая диалектика является методом движения человеческой мысли и действия, приводящим к объективной истине, поэтому неслучайно В.И. Ленин рассматривал ее *категории* как содержательные формы постижения объективных закономерностей. *Она является учением о категориях мышления, в которых отражены свойства и закономерности вещей и процессов*. Только поэтому они выступают методом движения мышления к новым результатам, способствуют улавливанию их объективной природы.

Развитие материалистической диалектики в настоящее время (как и в предыдущий период) возможно только на основе научного знания, которое осмысливается философией в своих категориях и формах, своим методом. Итогом такой работы является получение таких общепhilosophических знаний, которые имеют отношение к любой конкретной области знания, и поэтому они воздействуют на развитие любого научного знания, на логику науки. Отсюда следует, что *философия и наука* могут и должны обогащать друг друга только при постоянном *взаимодействии*.

«Отставание в области разработки актуальных философских проблем незамедлительно скажется на характере и методе мышления во всех областях научного знания как гуманитарного, так и естественно-научного, ибо материалистическая диалектика призвана не только философски обобщать опыт развития наук, но и в какой-то мере предвидеть их методологические потребности» [84, с. 24].

Диалектический материализм объединил в себе все самое ценное предшествующих философских учений. Освободившись от натурфилософских умозрений и опираясь на конкретно-научное изучение основных форм движения материи, диалектический материализм стал философией нового типа – *наукой о наиболее общих законах развития природы, общества и мышления, а также общей методологией научного исследования.*

В современных условиях научно-технической революции взаимодействие философии и науки выходит на новый качественный уровень. Глубокая *дифференциация* и в то же время не менее глубокая *интеграция науки* привели к появлению новых областей знания со своими понятиями, законами и теориями.

По мнению П.В. Копнина, дальнейшая разработка диалектики в современных условиях как метода научного мышления требует решения ряда вопросов. «Во-первых, исчерпывается ли методология науки диалектикой, ее законами и категориями, или последняя составляет только общепhilosophическую основу методологии науки, которая включает наряду с ней методы других специальных наук, особенно таких как математическая логика, кибернетика, семиотика? Во-вторых, какое отношение существует между содержательными и формальными методами познания, между формальными и содержательными компонентами в теории» [84, с. 30–31].

Решение этих проблем привело к необходимости исследования логики современного научного знания на основе материалистической диалектики, как всеобщей методологии (*философский анализ языка науки*), так и других специальных методов, раскрывающих ту или иную сторону движения к истине (*методологическая роль системно-структурного анализа и его место в системе современных методов познания*).

Необходимость в философском анализе современного языка науки обусловлена тем, что в результате революции в науке она получила разнообразные формы выражения результатов своего знания, особенно в знаковой форме, допускающей различную интерпретацию теорий.

Исследование данной проблемы показало, что формально-логические средства и способы интерпретации научной теории хотя и необходимы, но далеко не достаточны для ее решения. Это привело к еще большей востребованности категориального аппарата философии как логического средства выявления познавательного значения научной теории, определения ее предметной области.

Актуальность данной проблемы философии была осознана еще в древности. Такие философы, как Гераклит, Демокрит, Платон, Аристотель и их последователи Кант, Гегель и др. пытались выработать такой категориальный аппарат, который бы выступал орудием проникновения в объективную природу вещей, орудием нашего знания о них. Развивая эту идею и учитывая накопленные философские знания в этой области, *диалектический материализм создал систему предельно общих понятий, которые и выступают методом научно-теоретического мышления.* Процесс познания не может начаться с ничего. Кроме взаимодействия человека с объектом, ему необходимы средства, которые в определенных формах могут помочь постигнуть изучаемый объект. Такими средствами выступает *категориальный аппарат диалектики.*

Диалектический материализм, определив значение категорий в мышлении, решил несколько связанных между собой задач: 1) обобщая опыт познания, выработал эти наиболее общие понятия; совершенствование категориального аппарата – постоянная забота философов; 2) проанализировал природу этих понятий, выясняя их отношение к объективной реальности и практической деятельности человека; 3) *выявил способы функционирования категорий в процессе движения мышления* [84, с. 32].

Таким образом, ни одна теория не может быть понята как система человеческого знания только на основе интерпретации ее собственного понятийного аппарата. Кроме этого, в арсенал обязательных средств интерпретации современного языка научной теории *обязательно должны входить философские категории и аппарат формальной логики.*

Материалистическая диалектика выяснила *роль системно-структурного анализа и его место в системе современных методов познания.* Основы данного метода были заложены К. Марксом при анализе системы капиталистических производственных отношений как органической целостности, однако впоследствии данный подход стал широко использоваться как в естественно-научной, так и гуманитарной

области науки, что послужило для некоторых исследователей ложным основанием для присвоения ему философского статуса.

Системно-структурный анализ – это специальный метод познания, ставящий конкретные цели, его разработка для диалектики так же важна, как и любые другие частные способы познания, имеющие место в современной науке. В качестве методологической основы системно-структурного подхода к изучению предмета выступает материалистическая диалектика, в частности, ее категории логического и исторического, понятие единства этих методов исследования, которое обеспечивает органическую связь в познании истории (развития) и структуры объектов реальности [84, с. 33].

Поэтому изучение системно-структурного анализа может быть плодотворным, когда оно, с одной стороны, основывается на категориальном аппарате диалектики, с другой – способствует его развитию.

Материалистическая диалектика, руководствуясь своими фундаментальными *принципами развития и взаимосвязи*, постоянно подвергает анализу свои взаимоотношения не только с конкретными науками или естествознанием в целом, но и отношения отдельных учений внутри себя. Ярким примером тому является решение вопроса о разделении полномочий между формальной логикой, законы которой являлись логической основой метафизического мышления и материалистической диалектикой как прогрессивной формой познания объективной реальности.

Формальная логика как философский метод познания изжила себя, ей на смену пришла материалистическая диалектика, но она сохранила себя *в качестве специальной науки*, строго определив свой предмет исследования. Этому движению способствовало сближение формальной логики с математикой, усвоение метода последней. Отсюда, конечно, не следует, что марксистская философия превращается только в логику и имеет предметом своего исследования лишь мышление и его формы. Предмет этой философии несводим ни к природе, ни к обществу, ни к человеческому мышлению. «...Диалектика, – пишет В.И. Ленин в работе «Карл Маркс», – в понимании Маркса и согласно Гегелю, включает в себя то, что ныне зовут теорией познания, гносеологией, которая должна рассматривать свой предмет равным образом исторически, изучая и обобщая происхождение и развитие познания, переход от незнания к знанию» [132, с. 42].

На основе ленинского понимания диалектической логики можно сделать два главных вывода: 1) диалектическая логика не существует и не может существовать вне материалистической диалектики как науки о наиболее общих законах движения внешнего мира и его отражении в мышлении людей; 2) материалистическая диалектика выступает логикой в качественно ином по сравнению с формальной логикой смысле [84, с. 42].

Преимущество диалектической логики по сравнению с формальной метафизической логикой основывается, прежде всего, *на глубоком понимании диалектической связи между субъектом и объектом в процессе познания бытия*. Философы прошлого либо изолировали субъект и объект друг от друга, либо соединяли их путем простой конъюкации: существует и субъективное, и объективное, и человеческое мышление и внешняя по отношению к нему реальность. Философия изучает и то, и другое, разделяясь на *онтологию и гносеологию*, включающую в себя логику, а теперь еще, говорят, и философскую антропологию. Ф. Энгельс, а вслед за ним В.И. Ленин, показали, что между субъектом и объектом имеется более сложная, диалектическая связь, выходящая за пределы признания существования того и другого.

В исторической практике людей происходит наиболее полное совпадение субъекта с объектом, деятельность людей осуществляется по объективным законам. Моментом *общей диалектики субъекта и объекта выступает отношение законов и форм мышления к находящейся вне его объективной реальности* [107, с. 301–302].

Диалектика как метод научно-теоретического мышления и есть диалектическая логика, у них одни и те же требования и подходы к изучению объекта. В.И. Ленин сформулировал их так: «Чтобы действительно знать предмет, надо охватить, изучить все его стороны, все связи и «опосредования». Мы никогда не достигнем этого полностью, но требование всесторонности предостережет нас от ошибок и омертвления. Это, во-первых. Во-вторых, диалектическая логика требует, чтобы брать предмет в его развитии, «самодвижении» (как говорит иногда Гегель), изменении... В-третьих, вся человеческая практика должна войти в полное «определение» предмета и как критерий истины, и как практический определитель связи предмета с тем, что нужно человеку. В четвертых, диалектическая логика учит, что «абстрактной истины нет, истина всегда конкретна...» [96, с. 290].

В.И. Ленин противопоставлял диалектику как метод научно-теоретического мышления формальной логике, которая также служит методом движения мысли к новым результатам, перехода от неизвестного к известному.

Таким образом, материалистическая диалектика, благодаря своей фундаментальности, помимо прочих, взяла на себя и функцию формальной логики как философского метода познания действительности, совпадения в мысли субъективного и объективного. Предметом изучения современной формальной логики остался язык с его определенной структурой, правилами употребления знаков и образования формул. Ее метод – образование *идеальных языковых моделей* строгого, непротиворечивого доказательства мышления.

Конечно, практически мышление существует в языке, однако материалистическая диалектика не останавливается на языке и не сводит мысль к нему, а стремится проникнуть в само мышление, в способ отражения в нем объективной реальности. Мысль нужна человеку не для того, чтобы по определенным правилам выводить из одних языковых знаков другие, а для того, чтобы на основе идей и посредством практики из одних вещей производить другие. А для способа делания вещей необходимо отражение их природы в мышлении. Именно как формами постижения объективной природы вещей и отношений диалектическая логика интересуется *понятиями, суждениями, умозаключениями, теориями, гипотезами* и т.п. Поэтому диалектика как логика изучает не средства выражения и существования мысли в языке (знаки и формы их связей в высказываниях и теоретических построениях), не язык как логический способ движения знания, перехода от одного конкретного знания к другому, а сами *формы постижения мыслью объективной реальности*, формы совпадения субъективного с объективным [84, с. 47].

Таким образом, *диалектика и современная формальная логика – это по-сути две логики, имеющие значение для всякого научного познания*. Это их отличает от других наук, выступающих прикладными логиками и создающих метод обучения своих специфических объектов. Эти две логики имеют различные предметы, при этом одна из них является философией, методом научно-теоретического мышления, а другая в современных условиях, по существу, стала специальной областью научного знания, потерявшей значение философского метода. Для движения научного знания они необходимы в своем *единстве* именно постольку, поскольку они дают *разное знание*. Например, когда мы

имеем дело с любой мыслью, какой бы сложной и диалектически противоречивой она ни была, ее нужно выражать на таком точном языке, какой требуется современной наукой, и в частности формальной логикой. Парадокс, основывающийся на наличии только формально-логического противоречия, надо снимать, разрешать имеющимися логическими средствами, а не выдавать за высшее диалектическое противоречие. Чтобы обнаружить собственно противоречие в мышлении, которое выражает сложность и уровень постижения самого объекта, противоречия движения к новому теоретическому построению надо освободить научное знание от несвойственной ему логической формы, не удовлетворяющей норме современной формальной логики [84, с. 48].

Заслуга В.И. Ленина состояла не только в том, что он определил предмет и содержание диалектики как логики, но и сформулировал принципы ее развития. *Исходным принципом развития диалектической логики* В.И. Ленин считал *исторический подход*, в силу того, что категории материалистической диалектики сами выработаны в процессе исторического развития философского знания. Поэтому исторический анализ становления и развития научного знания, по мнению Ленина, позволяет диалектической логике выявить законы и формы движения знания к истине. Диалектика – «учение о всестороннем и полном противоречий историческом развитии» [133, с. 84] – способна включить в себя новое содержание, не боится никаких фактов науки, не укладывающихся в прежние теоретические построения. Анализируя и постигая новую действительность, она изменяет и самое себя, уточняет, конкретизирует свои категории. Практическим подтверждением работы этого принципа является исторический пример переработки Лениным основополагающих философских категорий во время кризиса в физике.

Содержание диалектики составляют ее категории в их систематической связи. Научное знание развивается путем смены понятий и принципов, выдвижения новых идей и построения на их основе теорий. Наука имеет дело не только с чувственными перцепциями и формально-логической дедукцией, а с развитием мышления, включающим в себя синтетическую деятельность разума, интеллектуальную интуицию и т.п. Поэтому для нас необходима логика, которая давала бы объяснение движению знания во всей его полноте, *вырабатывала аппарат для деятельности мышления.* Такой логикой и является материалистическая диалектика, законы и категории которой служат основой *синтеза знания*; она направляет мышление на поиск решения новых проблем в науке.

Развитие диалектической логики означает дальнейшую разработку материалистической диалектики, обогащение ее содержания, выдвижение новых понятий, выступающих в роли категорий диалектики, установления связи между ними, построение системы, позволяющей в наиболее полном виде выражать их содержание и двигать научное знание вперед [84, с. 50–51].

Диалектическая логика носит открытый характер. Она не может быть представлена в виде закрытой системы, состоящей из определенного числа законов и категорий, не допускающих изменения своего содержания и введения новых категорий. В.И. Ленин не замыкал ее в три закона и несколько категорий, а рассматривал в качестве саморазвивающейся системы, непрерывно пополняющейся новыми элементами. Категории материалистической диалектики не дедуцируются друг из друга, ни из каких-то других более общих понятий и предложений научного знания; они тесно связаны с понятиями других наук и являются их *обобщением*. Однако философские категории и общие понятия специальных наук не подменяют друг друга. Философские категории необходимы той или другой области знания именно потому, что каждая конкретная наука сама, на основе своего собственного опыта, их выработать не может [93, с. 86].

«Выведение» категорий диалектики, как об этом свидетельствует весь многовековой опыт философии, означает *обобщение, синтез знания*, необходимый для решения *мировоззренческих проблем*. На каждом этапе своего исторического развития *материалистическая диалектика* должна подвергать себя анализу, выяснять, каким категориальным аппаратом она обладает, *находить ту связь между своими категориями, которая бы представляла метод научно-теоретического мышления во всей полноте, целостности*, пополнять содержание законов и категорий диалектического материализма на основе анализа новых данных развития общества и научного знания [84, с. 53].

В нашем исследовании взаимосвязь между основными философскими и естественно-научными категориями выражена автором настоящей работы в виде «Атрибутивной модели понятия «материя» (см. главу 2), которая явилась методологической основой преемственности курсов физики, химии и биологии при формировании фундаментальных естественно-научных понятий в основной школе. Имея высокий уровень обобщения, модель способствовала не только формированию естественно-научного и диалектического стиля мышления у школьников, но и научного мировоззрения в целом.

Одна из важнейших задач философов-марксистов в наше время состоит в том, чтобы с учетом как нового опыта развития самой философской науки, так и опыта развития всей науки и социальной практики представить материалистическую диалектику в качестве наиболее содержательного и развитого метода научно-теоретического мышления.

В.И. Ленин определил реальные пути дальнейшей разработки материалистической диалектики как *логики и теории познания марксизма. Революция в науке вызвала изменения в структуре научного знания, в способах его движения к новым результатам, в соотношении эмпирического и теоретического, интуитивного и формального в нем, во взаимоотношении между различными методами познания и т.п.* [93, с. 80].

Вышеизложенное позволяет констатировать, что на каждом этапе развития науки и общества материалистическая диалектика должна проводить определенную ревизию своих основных категорий и постулатов с тем, чтобы учесть вновь открытые факты, законы и теории. При этом она сама переходит на новый уровень обобщенности, в результате чего становится способной выполнить не только объясняющую функцию вновь открытым явлениям, но и определять дальнейшую стратегию научных исследований во всех сферах человеческой деятельности, в том числе и в сфере развития *научного знания*.

Научный взгляд на мир предполагает философский, мировоззренческий подход к нему, который входит во внутреннюю ткань науки, а не является чужеродным телом для нее. Галилей, Декарт, Ньютон, Дарвин, Павлов, Бор, Эйнштейн и другие были для своего времени учеными в собственном смысле этого слова кроме прочего именно потому, что их никогда не покидал *философский подход* к предмету своего исследования и результатам его познания. Как говорил Гегель, философия сообщает содержанию различных наук «существеннейшую форму свободы мышления... и достоверности, основанной на знании необходимости» [55, с. 31].

Роль философских знаний в современный период развития науки не только не уменьшается, а наоборот – возрастает. Это обусловлено, с одной стороны, ее *дифференциацией*, которая нацелена на изучение глубинных явлений всех форм движения материи, а с другой – обширной *интеграцией* не только естественно-научных, но и гуманитарных знаний, которые направлены на выявление общенаучных законов природы и общества. Методологическую функцию в решении обеих

проблем может выполнить только диалектический материализм. Поэтому, неслучайно, обсуждая проблему интеграции биологических наук и путей создания теоретической биологии, известный биолог современности Б.Л. Астауров пишет: «Если говорить об общих методологических подходах к теоретической биологии, то, разумеется, в первую очередь здесь должны оказать мощное воздействие гносеологические принципы философии диалектического материализма. Методология материалистической теории биологии становится особенно действенной на путях, указанных классиками марксизма-ленинизма, на путях диалектики природы Ф. Энгельса, гносеологических принципов диалектики К. Маркса и В.И. Ленина» [6, с. 228].

Таким образом, *материалистическая диалектика* как мировоззрение оказывает воздействие на ход научного знания *в виде метода и теории познания. Новые идеи и построения в современной науке возникают в результате теоретического синтеза*, который в качестве своего момента содержит категории философского мировоззрения, выступающие методом научно-теоретического мышления. В этом смысле философия продолжает оставаться источником новых научных идей, а материалистическая диалектика является «единственным, в высшей инстанции, методом мышления, соответствующим теперешней стадии развития естествознания» [107, с. 528].

В настоящее время во всех областях знания все острее встает вопрос *об анализе понятий, теорий и методов наук*. Все чаще теперь задаются вопросы не только о том, что мы знаем о предмете, но и как мы узнали это, *на основе какого метода*, с помощью каких интеллектуальных и материальных средств пришли к знанию.

Значение диалектического материализма существенно повысилось в XX веке в связи с бурным развитием как естественных, так и социальных наук. Это процесс, по мнению А.Г. Спиркина и Э.Г. Юдина, имеет два основания: «Во-первых, научное познание осваивает все более сложные объекты действительности, природной и социальной, что ведет к возрастанию уровня его *абстрактности* и уменьшению наглядности; в результате этого вопрос о средствах исследования, о принципах подхода к объекту изучения становится одним из центральных и занимает относительно самостоятельное место в системе познавательной деятельности. Во-вторых, в условиях современной научно-технической революции занятие наукой превращается в массовую

профессию, а это требует детализированной регламентации труда исследователей на различных уровнях, чтобы обеспечить стандартную форму представления научного результата» [157, с. 2–3]. Оба эти фактора способствовали дальнейшей разработке методологии как «вглубь», т.е. в сторону все более обстоятельного раскрытия основных принципов и форм научного мышления, так и «вширь» – в сторону специального конструирования системы средств научного познания.

Процесс познания является предметом изучения не только методологии, но и других наук, которые предлагают свои подходы, принципы и методы (частные методологии) к его изучению. В связи с этим остро встает *проблема ранжирования методологий различного уровня обобщенности*. Обозначенная проблема еще более обостряется в связи с нерешением вопроса о сущности и специфике методологии, которая, в свою очередь, порождена, прежде всего, отсутствием четко фиксированного статуса у методологического знания. Вместе с тем, в настоящее время, имеется достаточно четкое представление о методологии как философских основах научно-познавательной деятельности, а также ее отличии от других наук, предметом которых является процесс познания.

Так, от теории познания, исследующей процесс познавательной деятельности в целом и, прежде всего, его содержательного основания, методологию отличает акцент *на средствах познания*. От социологии науки и других отраслей науковедения методология отлична своей *направленностью на внутренние механизмы, логику движения и организации знания*.

В иерархической организации научного знания очень четко проявляется общая диалектика взаимодействия цели и средства деятельности, а именно, *знания более высокого уровня абстракции выполняют методологические функции по отношению к более конкретному знанию*. Так, например, кибернетические представления об управлении, информации, обратной связи играют роль методологических постулатов в нейрокибернетике, бионике, при разработке электронно-вычислительной техники и т.п.; исторический подход явился методологической основой для создания эволюционного учения, которое, в свою очередь, явилось основной методологией для разработки других биологических теорий: клеточной, биопоэза, симбиотической теории образования эукариот и др. Таким образом, при формировании научного знания происходит

взаимодействие между целями и средствами деятельности: то, что было целью в одной системе деятельности становится средством в другой системе. Однако проблемы современной методологии не исчерпываются пониманием этого взаимодействия, так как методологическое знание все более и более приобретает специальный статус, что требует его специального изучения.

Важным результатом такого исследования явилось отражение разнородности методологического знания в нескольких его классификациях. Одна из них опирается на условное разделение методологии на содержательную и формальную. *Содержательная* сторона «включает в себя такие проблемы, как структура научного знания вообще и научные теории в особенности, законы порождения, функционирования и изменения научных теорий, понятийный каркас науки и ее отдельных дисциплин, характеристика схем объяснения, принятых в науке, и их исторического развития (в частности, переход от однозначно-детерминистских схем эпохи механицизма к функциональным, структурным, генетическим схемам объяснения, широко распространенным в современной науке), принципы подхода к объекту изучения (например, элементаристский и целостный, системный подходы и др.), структура и операционный состав методов науки, условия и критерии научности, границы применимости конкретных средств методологии, принципы синтеза различных теоретических представлений об объекте изучения и т.д.» [157, с. 7]. *Формальные* аспекты методологии связаны с анализом языка науки, формальной структурой научного объяснения, описанием и анализом формальных и формализованных методов исследования, в частности методов построения научных теорий и условий их логической истинности, типологии систем знания и т.д. Именно в связи с разработкой этого круга проблем возник вопрос о логической структуре научного знания и началось развитие *методологии науки как самостоятельной области знания*. Существенный вклад в создание этого направления внесли представители неопозитивизма, впервые применившие методы современной формальной логики к анализу научного знания. Однако в философско-методологическом истолковании полученных результатов неопозитивистская традиция сильно преувеличила формальный аспект методологии, игнорировала содержательную сторону и проблему развития знания. Ныне исследования в этой сфере методологии непосредственно смыкаются с исследованиями в области логики науки.

Другая важная классификация методологии основана на представлении о различных уровнях методологического анализа (уровнях обобщенности). В качестве таких основных блоков выделяют *философскую и специальную научные методологии*. Методологические функции первой выполняет вся система философского знания; в современный период научного познания ее выполняет диалектический и исторический материализм. При этом *роль методологии* осуществляет в равной мере *и диалектика, и материализм*, а применительно к социальному познанию – диалектический материализм в единстве с историческим материализмом. Эвристическая роль диалектического материализма обеспечивается тем, что он ориентирует исследования на раскрытие объективной диалектики, выражая последнюю в законах и категориях. Важнейшее методологическое значение имеет также мировоззренческая интерпретация результатов науки, даваемая с позиций диалектики и материализма. Философский уровень методологии реально функционирует не в виде жесткой системы норм и «рецептов», а в качестве системы содержательных и формальных предпосылок и ориентиров познавательной деятельности [157, с. 7].

В современных философско-методологических исследованиях раскрыты некоторые важные механизмы функционирования и развития познания: законы *преемственности* смены научных теорий (принцип соответствия), наличие специфической для каждой эпохи развития науки «парадигмы» мышления, методологические особенности искусственных языков, применяемых в науке, способы построения научных теорий (дедуктивный, гипотетико-дедуктивный, генетический и др.), характерные черты ряда методологических направлений современного познания (системного подхода, структурализма, кибернетических методов, принципов вероятностного мышления и др.).

Специально-научная методология, в свою очередь, также подразделяется на несколько подуровней: общенаучную методологическую концепцию и направление, методологию отдельных специальных наук, методику и технику исследования. Особо приоритетным, в последние десятилетия, стал первый из этих подуровней. Это обусловлено тенденцией универсализации средств познания, которая облегчает обобщенную постановку научных проблем, а также стремление к синтезу, которое становится господствующим в стиле мышления современной науки. К общенаучным методологическим концепциям и направлениям

относятся проблемно-содержательные теории, дающие непосредственно описание широкой реальности под определенным углом зрения, т.е. с позиций определенного методологического принципа. Таковы, например, концепция В.И. Вернадского, теоретическая кибернетика, общая теория систем Л. Берталани, направленные на выявление универсальных понятий и категорий научного мышления посредством анализа материала самой науки. Одним из подуровней специально-научной методологии, в узком смысле слова, являются такие концепции и дисциплины, как структурализм, структурно-функциональный и системный анализ. Методологические функции таких концепций состоят в том, что они дают научному исследованию либо содержательную ориентацию, способствуя построению новых предметов изучения (такую роль выполняет концепция биосферы по отношению к проблеме взаимодействия общества и среды), либо эффективный понятийный и математический аппарат анализа [157, с. 6–7].

В силу своего общенаучного характера специально-научные методологии оказываются достаточно близко связанными с философской методологией, хотя отнюдь не совпадают с ней: их функции исчерпываются предметной ориентацией исследования и специализированного аппарата анализа, тогда как философская методология непременно включает в себя *мировоззренческую интерпретацию* оснований исследования и его результатов. Данные методологии, как и все явления бытия, тесно связаны друг с другом: *философская методология обуславливает предпосылки появления специально-научных методологий* (например, одно из важных оснований системного подхода образует определенная трактовка принципа целостности) *и позволяет выявить их основания*. В свою очередь создание новых специально-научных методологий высвечивает новые философско-методологические проблемы, что потребует углубления всеобщей философской методологии.

Взаимосвязь между философскими и специально-научными методологиями очень наглядно показана на примере краткого исторического анализа психологических учений о мышлении. Так, ассоциативная психология исходила из позиций английского эмпиризма, психология мышления вюрцбургской школы – из идеалистической философии гуссерлианства; трактовка психологии мышления в американской литературе у Дж. Дьюи определялась философией прогматизма [69]. Наша, отечественная, психология исходит из диалектической логики.

Вопрос о взаимоотношении между диалектической и психологической логиками имеет принципиально важное значение, так как они имеют один предмет изучения – *мышление*. Вместе с тем, каждая из них имеет свою сферу исследования. Проблемой логики является вопрос об истине, о познавательном отношении мышления к бытию, в то время как проблемой психологии является протекание мыслительного процесса, мыслительная деятельность индивида, в конкретной взаимосвязи мышления с другими сторонами сознания. Имея эти отличия друг от друга, психология мышления и логика, или теория познания, теснейшим образом связаны друг с другом. Анализируя эту взаимосвязь, один из корифеев отечественной психологии С.Л. Рубинштейн отмечает: «... мышление как предмет психологического исследования не может быть определено вне отношения мысли к бытию. Психология поэтому также рассматривает мышление не в отрыве от бытия, но изучает как специальный предмет своего исследования не отношение мышления к бытию, а *строение и закономерность протекания мыслительной деятельности индивида* в специфическом отличии мышления от других форм психической деятельности и в его взаимосвязи с ними» [150, с. 312]. По мнению вышеназванного автора, «психология мышления всегда исходит и неизбежно должна исходить из той или иной философской, логической, методологической концепции» [там же]. Сам же автор в качестве методологической основы своих исследований выбирает диалектическую логику.

Таким образом, диалектический материализм как современная методология познания *объективной реальности позволяет определить потенциальные возможности и границы применения как специально-научных, так и общенаучной методологии, а также их взаимосвязь и эволюцию*, что имеет исключительное значение для процесса познания и преобразования окружающей нас действительности, а также самого человека.

Интерес к методологии как стратегии развития всего сущего резко возрастает в период революционных преобразований, как в обществе, так и в различных сферах самой науки. Не является исключением в этом смысле и педагогическая наука, которая, говоря языком теории самоорганизации систем Пригожина, находится в настоящее время

в точке бифуркации, и ее дальнейший прогресс или регресс будет зависеть от той методологии, на которой она остановит свой выбор. В настоящее время, как и в другие периоды революционной ломки, на поверхность всплывают различные философские учения, в том числе и спекулятивные, претендующие на роль абсолютной истины. Это обстоятельство накладывает еще большую ответственность на тех исследователей, которые по своему статусу призваны определять дальнейшую стратегию развития той или иной сферы человеческой деятельности.

Несмотря на все многообразие философских учений (старых и новых), по которым ведется дискуссия, значительная часть ученых-педагогов по-прежнему опирается на диалектический материализм как философскую основу методологии в своих научно-педагогических исследованиях. Принципы диалектического материализма используют в своих работах В.С. Библер, В.В. Давыдов, Э.В. Ильенков, В.В. Краевский, А.Ж. Кусжанова, П.Г. Щедровицкий и др. Однако, – по мнению В.Е. Клементьева, – «...большинство ученых-исследователей лишь декларируют методологию диалектического материализма в процессе познания, а на самом деле стоят на позиции стихийного эмпиризма в той или иной форме, который-то как раз критикуется в диалектическом материализме» [80, с. 3– 4].

Взятие на вооружение материалистической диалектики как метода научного познания особенно актуально в последние десятилетия в связи с бурным развитием естественных наук. Особое значение данная методология приобретает для биологической науки, которая в сфере естествознания вышла на передовой рубеж и является «законодателем моды» тех методологических подходов, которые она использует в своей практике, и которые обеспечили ее революционный прорыв. Важность выбора для биологической науки (и естествознания в целом) современной научной методологии познания связана с тем, что биологическая форма движения материи есть мост между природными формами движения материи и социальной формой движения. Поэтому правильно выбранная методологическая стратегия изучения биологической формы движения материи во многом предопределяет и понимание социальной формы движения, что, в конечном счете, положительно скажется на развитии человеческой цивилизации в целом.

1.4. ДЕЯТЕЛЬНОСТНЫЙ ПОДХОД КАК ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ ПОНЯТИЙ В УСЛОВИЯХ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ ФИЗИКИ, ХИМИИ И БИОЛОГИИ

В образовательной области **философский принцип деятельности** лежит в основе **деятельностного подхода**, широко применяемого в научном познании психологами и педагогами. Проблема *деятельности является одной из ключевых проблем психологических знаний*. Существенный вклад в ее решение внесли ведущие психологи нашей страны, такие как Л.С. Выготский [35], С.Л. Рубинштейн [151], А.Н. Леонтьев [98], П.Я. Гальперин [45], Н.Ф. Талызина [161] и другие.

По мнению С.Л. Рубинштейна, для современной психологии особенно актуальными являются три проблемы:

1) «развитие психики и, в частности, преодоление фаталистического взгляда на развитие личности и сознания, проблема развития и обучения;

2) действительность и сознательность: преодоление господствующей в традиционной психологии сознания пассивной созерцательности и в связи с этим

3) преодоление абстрактного функционализма и переход к изучению психики, **сознания в конкретной деятельности**, в которой они не только проявляются, но и формируются» [150, с. 8] (курсив наш. – С.П.).

Постановка и решение данных проблем, – по мнению автора, – дает возможность перейти от изучения одних лишь абстрактно взятых функций к изучению психики и сознания в конкретной деятельности органически приближает психологию к вопросам практики, в частности, психологию ребенка к вопросам воспитания и обучения. В конечном счете, это позволяет *«превратить психологию в конкретную, реальную науку, изучающую сознание человека в условиях его деятельности и, таким образом, в самых исходных своих позициях связанную с вопросами, которые ставит практика, – такова задача»* [там же] (курсив наш. – С.П.).

Суть своей концепции деятельностного подхода С.Л. Рубинштейн выразил в трех основных положениях: А) «Сознание – это специфическая форма отражения объективной действительности, существующей вне и независимо от него, поэтому психический факт не определяется однозначно одним лишь отношением к субъекту, переживанием которого он является. Он предполагает отношение к объекту, который в нем отражается.

Будучи выражением субъекта и отражением объекта, **сознание – это единство переживания и знания**. Б) Психическое переживание – непосредственная данность, но познается и осознается оно опосредованно через свое отношение к объекту. Психический факт – единство непосредственного и опосредованного. В) Психическое несводимо к одному лишь «явлению сознания», к его отражению в себе самом. Сознание человека – не замкнутый внутренний мир. В собственном внутреннем содержании оно определяется посредством своего отношения к объективному миру. Сознание субъекта несводимо к чистой, т.е. абстрактной, субъективности, извне противостоящей всему объективному. *Сознание – это осознанное бытие, единство субъективного и объективного* [там же, с. 20] (курсив наш. – С.П.).

В качестве методологической основы выдвинутых положений С.Л. Рубинштейн использовал диалектико-материалистическую интерпретацию *категорий предметной деятельности, сознания и личности*. Это очень наглядно просматривается и в его высказываниях, где он раскрывает и детализирует положения своей концепции. Так, в частности, данный автор пишет: «Сознание предмета определяется через свое отношение к предмету сознания. Оно формируется в процессе общественной практики. *Опосредование сознания предметом – это реальная диалектика исторического развития человека. В продуктах человеческой – по существу своему общественной – деятельности сознание не только проявляется, через них оно и формируется.*

Отношение сознания, психики к бытию никак не может быть сведено к одному лишь отношению теоретического субъекта к объекту. Оно включает и практическое отношение. *Сознание не только знание и отображение – рефлексия бытия, но и практическое отношение к нему субъекта*» [там же] (курсив наш. – С.П.).

При разработке *принципа единства сознания* (вообще психики) и *деятельности* или поведения С.Л. Рубинштейн основывается, прежде всего, на положениях *диалектического материализма* о единстве сознания и действительности или бытия, о единстве субъекта и объекта. Именно поэтому: «...психика человека, его сознание, образ его мыслей зависит от образа его жизни и деятельности, формируясь в процессе их развития» [150, с. 32].

Тезис о существовании психического в качестве процесса, деятельности, основывается также и на рефлекторном понимании психической

деятельности. «...психические явления возникают и существуют лишь в процессе непрерывного взаимодействия индивида с окружающим его миром, непрекращающегося потока воздействия внешнего мира на индивида и его ответных действий, причем каждое действие обусловлено внутренними причинами, сложившимися у данного индивида в зависимости от внешних воздействий, определивших его историю» [там же, с. 33].

Разрабатывая принцип единства сознания (вообще психики) и деятельности, Рубинштейн, в своих ранних монографиях «Основы психологии» (1935) и «Основы общей психологии» (1940, 1946) систематически *не дифференцировал в самой психике объективно присущие ей два аспекта*: психическое как *процесс* и как *продукт* (результат) указанного процесса. Однако позднее, в монографии «Бытие и сознание» (1957), а также во всех последующих рукописях, книгах и статьях – Рубинштейн *систематически вычленяет в психике ее процессуальный аспект, доказывая, что именно процесс есть основной способ существования психического* (другие способы его существования – *результаты* психического процесса и психические свойства, состояния и т.д.).

«Всякая деятельность (человека) есть вместе с тем и процесс или включает в себя процессы, но не всякий процесс выступает как деятельность человека. Под деятельностью мы будем здесь понимать такой процесс, посредством которого реализуется то или иное отношение человека к окружающему его миру, другим людям, задачам, которые ставит перед ним жизнь. Так, мышление рассматривается как деятельность, когда учитываются мотивы человека, его отношение к задачам, которые он, мысля, разрешает, словом, выступает личностный (это прежде всего значит мотивационный) план мыслительной деятельности. Мышление выступает в процессуальном плане, когда изучает процессуальный состав мыслительной деятельности – те процессы анализа, синтеза, обобщения, посредством которых разрешаются мыслительные задачи. Реальный процесс мышления, как он бывает дан в действительности, представляет собой и деятельность (человек мыслит, а не просто ему мыслится), и процесс или деятельность, включающую в себя совокупность процессов (абстракцию, обобщение и т.д.)» [150, с. 34].

Таким образом, предмет психологического исследования, по С.Л. Рубинштейну, никак не сконцентрирован на изучении «психической деятельности. Положение это имеет, – по его мнению, – двойное острие: «...оно означает как то, что психология изучает не только психическую

деятельность, но и психические процессы, так и то, что она изучает не только психическую деятельность, но и деятельность человека в собственном смысле слова, в ее психологическом составе. И именно в этом – в изучении психических процессов и в психологическом изучении деятельности человека, посредством которой он познает и изменяет мир, – и заключается основное» [там же, с. 35].

В соответствии с этим исходная задача психологического исследования – изучение психических процессов, психической деятельности. Так, *исследование мышления учащихся* должно, прежде всего, вскрыть его как процесс анализа, синтеза, обобщения.

Большой вклад в разработку деятельностного подхода, и в целом психологической науки, внес известный психолог А.Н. Леонтьев. По мнению данного автора, для построения целостной системы психологии как конкретной науки о порождении, функционировании и строении психического отражения реальности, которое опосредствует жизнь индивидов, необходимо, прежде всего, определить и осмыслить те категории, которые будут определять фундамент этой науки. Такими категориями, по его мнению, являются – **категория предметной деятельности, категория сознания человека и категория личности.**

Первая из них является не только исходной, но и важнейшей. Это положение признается отечественными психологами, но раскрывается оно, как указывает А.В. Леонтьев, существенно по-разному: «Центральный пункт, образующий как бы водораздел между различным пониманием места категории деятельности, состоит в том, рассматривается ли предметная деятельность лишь как условие психического отражения и его выражение, или же она рассматривается как процесс, несущий в себе те внутренние движущие противоречия, раздвоения и трансформации, которые порождают психику, являющуюся необходимым моментом собственного движения деятельности, ее развития. Если первая из этих позиций выводит исследование деятельности в ее основной форме – в форме практики – за пределы психологии, то вторая позиция, напротив, предполагает, что деятельность независимо от ее формы входит в предмет психологической науки, хотя, разумеется, совершенно иначе, чем она входит в предмет других наук. Иными словами, психологический анализ деятельности состоит, с точки зрения этой второй позиции, не в выделении из нее ее внутренних психических элементов для дальнейшего обособленного их изучения, а в том, чтобы ввести в психологию такие единицы анализа, которые несут

в себе психическое отражение в его неотторжимости от порождающих его и им опосредствуемых моментов человеческой деятельности. Эта защищаемая мною позиция требует, однако, перестройки всего концептуального аппарата психологии...» [99, с. 12–13].

Еще более трудной в психологии является **категория сознания**. Общее учение о сознании как высшей, специфически человеческой форме психики, возникающей в процессе общественного труда и предполагающей функционирование языка, составляет важнейшую предпосылку психологии человека. Задача же психологического исследования заключается в том, чтобы, не ограничиваясь изучением явлений и процессов на поверхности сознания, проникнуть в его внутреннее строение. Но для этого сознание нужно рассматривать не как созерцаемое субъектом поле, на котором проецируются его образы и понятия, а как особое внутреннее движение, порождаемое *движением человеческой деятельности*.

Трудность состоит здесь уже в том, чтобы выделить категорию сознания как психологическую, а это значит понять те реальные переходы, которые связывают между собой психику конкретных индивидов и общественное сознание, его формы. Этого, однако, нельзя сделать без предварительного анализа тех «образующих» индивидуального сознания, движение которых характеризует его внутреннюю структуру [там же, с. 13].

Существенные инновации А.В. Леонтьев внес и в понимание **личности** как предмета собственно психологического изучения. И это касается, прежде всего, природы так называемых внутренних двигателей личности и вопроса о связи личности с его соматическими особенностями.

Традиционный взгляд на природу потребностей и влечений человека заключается в том, что именно они определяют деятельность личности, ее направленность. Отсюда вытекает главная задача психологии – изучение потребностей свойственных человеку и тех психических переживаний (влечения, желания, чувства), которые они вызывают.

Суть другого взгляда на решение данной проблемы состоит в том, «чтобы понять, каким образом развитие самой деятельности человека, ее мотивов и средств трансформирует его потребности и порождает новые потребности, в результате чего меняется их иерархия, так что удовлетворение некоторых из них низводится до статуса лишь необходимых условий деятельности человека, его существования как личности» [там же, с. 14].

Анализируя эти противоположные воззрения на перспективу изучения личности, А.В. Леонтьев отмечает, что первое ведет к построению

психологии личности, исходящей из примата, в широком смысле слова, *потребления*; второе – к построению психологии, исходящей из примата *деятельности*, в которой человек утверждается как личность. Такая двойственность возникает от неоднозначности самого понятия «личность» и она исчезает, если за основу принять известное марксистское положение, что личность есть особое качество, которое природный индивид приобретает в системе общественных отношений. При таком подходе, указывает А.В. Леонтьев, антропологические свойства индивида выступают не как определяющие личность или входящие в ее структуру, а только как генетически заданные условия формирования личности, которые определяют не ее психологические черты, а лишь формы и способы их проявления [99, с. 15].

Таким образом, А.В. Леонтьев не только определил те фундаментальные категории, которые должны быть положены в фундамент психологической науки, но и внес свою интерпретацию в понимание сущности данных понятий, опираясь на историко-материалистическое учение о природе человека, его деятельности, сознания и личности.

А.В. Леонтьев, как и С.Л. Рубинштейн, подчеркивал, что психика развивается в системе внешней деятельности и определяется ее строением, задачами и законами. Принципиальное значение в данном случае имеет положение Леонтьева о том, что решающую роль в духовном развитии ребенка играет его собственная деятельность. «То, что непосредственно определяет развитие психики ребенка, – это... развитие деятельности ребенка, как внешней, так и внутренней» [100, с. 513]. Данный исследователь детально разработал понятие о ведущей деятельности, а также выделил ее основные признаки. Он писал, что развитие ведущей деятельности «обуславливает главнейшие изменения в психических процессах и психологических особенностях личности ребенка на данной стадии его развития» [там же, с. 515].

Современные концепции научения по своей теоретико-методологической основе не имеют существенных различий и противоречий. Различия обнаруживаются при переходе от теории к практике, когда на основе теории строятся конкретные методы научения, обучения или учения, определяются наиболее рациональные способы учебной деятельности, способные обеспечить максимальный развивающий эффект.

По мнению Р.С. Немова, современные теории научения затрагивают следующие основные проблемы:

1. Источники знаний, умений и навыков человека, его способностей.

2. Динамика процесса научения.

3. Условия и факторы интеллектуального развития человека в процессе научения.

4. Движущие силы и этапы познавательного развития ребенка [116, с. 249–250].

Среди современных психолого-педагогических теорий, которые нацелены на решение данных проблем, особое положение занимает теория планомерного (позаэтапного) формирования знаний, умений и умственных действий П.Я. Гальперина [55]. Эта специальная психолого-педагогическая теория, являющаяся обобщением и дальнейшим развитием учения о происхождении психических процессов и внутренних состояний *из внешней деятельности* (А. Валлон, Ж. Пиаже, Л.С. Выготский, А.Н. Леонтьев, С.Л. Рубинштейн и другие). Согласно данному учению, *предметное действие* и выражающая его *мысль* находятся в диалектической взаимосвязи. Несмотря на их исходное различие, они – генетические звенья единого процесса *преобразования материального действия в идеальное, его интериоризации*, т.е. перехода извне внутрь. Любое действие функционально связано с предметом, над которым оно осуществляется, включает в себя цель и средства преобразования данного предмета, которые в совокупности составляют исполнительскую часть формируемого действия.

Теория поэтапного формирования умственных действий находит обоснование в работах А.Н. Леонтьева. Рассматривая вопросы психики ребенка, Леонтьев отмечает: «Мы рассматриваем психику как свойство материи. Но всякое свойство раскрывается в определенной форме движения материи, в определенной форме взаимодействия» [100, с. 25].

«Главным процессом, который характеризует психическое развитие, – указывает А.Н. Леонтьев, – является специфический процесс усвоения, или присвоения ими достижений развития предшествующих поколений людей, которые в отличие от достижений филогенетического развития животных, не фиксируются и не передаются путем наследственности. Этот процесс осуществляется в деятельности ребенка по отношению к предметам и явлениям окружающего мира, в которых воплощены эти достижения человечества. Такая деятельность, однако, не может формироваться у ребенка сама собой, она формируется в практическом и речевом общении с окружающими людьми, в совместной деятельности с ними; когда цель такой деятельности специально состоит в том, чтобы передать ребенку

определенные знания, умения и навыки, то мы говорим, что ребенок учится, а взрослый учит... Его человеческие способности формируются в самом этом процессе» [там же, с. 535–536].

И далее А.Н. Леонтьев формулирует еще очень важную мысль: «*Овладение понятиями, обобщениями, знаниями требует, чтобы у ребенка сформировались адекватные умственные операции. А для этого они должны быть у него активно построены. Сначала они возникают в форме внешних действий, которые взрослый формирует у ребенка, а лишь затем преобразуются во внутренние интеллектуальные операции*» [там же, с. 542].

Опираясь на идеи, сформулированные ранее ведущими психологами, П.Я. Гальперин не только развил их, но и выдвинул новые, и тем самым внес важный вклад в дальнейшее развитие деятельностного подхода. Значимость его теоретических исследований заключается, прежде всего, в том, что он впервые выдвинул и развил положение о *преимущественности целенаправленного формирования как базового метода психологического исследования*. Его теория планомерно-поэтапного формирования умственной деятельности человека получила мировую известность. Внутри этой теории П.Я. Гальпериным были выдвинуты и развиты положения о видах и свойствах человеческих действий, о типах ориентировочной основы действия и соответствующих им типах учения, шкала поэтапного формирования.

Основными положениями психологической концепции П.Я. Гальперина являются учение о предмете психологии, объективной необходимости психики, об основных закономерностях ее развития в фило- антропо- и онтогенезе, о закономерностях формирования *идеальных действий, образов и понятий* как элементов психической деятельности [45; 47; 49; 51 и др.].

Развивая идеи своих предшественников, П.Я. Гальперин показал, что уровень и качество исполнения формируемого действия в первую очередь зависит от *ориентировочной основы действия* (ООД). Введя впервые это понятие в психологическую науку, автор понимал под ним процесс и результат первоначального ознакомления обучаемого человека с формируемым у него действием, а также с качествами и условиями его успешного, правильного выполнения. При правильном выполнении ООД субъекту представляется достаточно полная картина обстоятельств, в которых должно совершиться действие. Соответственно этим обстоятельствам и

цели намечается план выполнения действия, формы его контроля и способы коррекции, в случае возникновения ошибок.

Само действие состоит из операций. Таким образом, ООД представляет собой психологический механизм регулирования исполнительских и контрольных операций, которые включаются в действие в процессе его формирования и с помощью которых оценивается правильность процесса развития действия [50].

В качестве характеристики ООД используют три критерия: степень ее полноты (полная–неполная), меру обобщенности (обобщенная–конкретная) способ получения обучаемым (самостоятельно или в готовом виде). Полная ООД предполагает наличие у учащихся точной и достаточной информации о всех компонентах формируемого действия. Обобщенность ООД характеризуется широтой класса объектов, к которым применимо данное действие на практике. Конкретный тип ООД создается сочетанием каждого из трех компонентов, в итоге возможны восемь вариантов, из которых выделяют три основных типа ООД.

Первый тип имеет место при выполнении действия по методу проб и ошибок. Его используют учащиеся в том случае, когда задача обучения определенному действию специально не ставится. При *втором типе* такая задача ставится, и разумное изучение внешних сторон действия происходит прежде, чем оно начнет выполняться. Однако тип ООД учащимся задает учитель. И только при *третьем типе* ООД учащиеся, встретившись с новым для них действием, самостоятельно способны составить и реализовать его ориентировочную основу. Согласно теории П.Я. Гальперина, процесс усвоения знаний и формирования умственных действий проходит **шесть этапов**: *мотивация; уяснение ООД; выполнение действия в материальной (материализованной) форме; выполнение действия в плане громкой речи; выполнение действия в плане речи для себя; выполнение действия в плане внутренней речи, или в уме.*

В процессе учения школьники непрерывно совершают целую цепь *умственных, прецептивных, речевых и физических действий*. Им необходимо слушать, понимать, читать, писать, производить вычисления и т.д. Все эти действия составляют непосредственный предмет обучения и значительную часть учебных предметов. Другую их часть составляют *понятия*, которые также нужно *усвоить, понять, и применить*, иначе говоря, также получить с помощью *действий*, или включить в разные действия, без чего они не могут быть представлены. Отсюда следует, что *действия и образы*

(восприятия, представления, понятия) находятся в определенном соотношении. Анализируя эту связь, А.И. Подольский (1974) отмечает, что только на первый взгляд они представляют нечто противоположное и даже противопоставленное: действие – процесс, понятие – статично, действие направляется на объект, который открывается в восприятии, представлении, понятии и т.д. Но такое противопоставление возникает от того, что, говоря о понятии, мы имеем в виду не само понятие, а его содержание, то, что в нем открывается. Само же понятие есть то, чем руководствуется субъект при выполнении действия, компонент ориентировочной части этого действия. Таким образом, сердцевиной любого процесса учения является *действие*. Вместе с ним и в результате него формируются новые представления и понятия о внешних объектах, на которые эти действия были направлены.

В процессе онтогенеза человек осваивает разнообразные действия, которые формируются зачастую спонтанно. Современное общество выдвигает требование, чтобы каждый его гражданин владел научной организацией своего труда, умел управлять своим развитием. Из этого вытекает, что основная цель обучения состоит в том, чтобы обеспечить научное формирование действий и понятий с заданными свойствами и это составляет *центральную психологическую проблему учения*.

В современной школе процесс учения в большинстве случаев идет по методу «проб и ошибок», который называют «слепым», и это название отражает его суть, так как он действительно слеп по отношению к значительной части условий и способов действия. В результате у учащихся не происходит, как правило, *осознания самого действия*, с помощью которого они достигли поставленной цели. Подобная ситуация имеет место и в науке. Выше уже приводилось высказывание Дж. Бернала, о том, что в середине XX века изучение научного метода шло гораздо медленнее, чем развитие самой науки. Ученые сначала открывали что-то, а затем уже, как правило, безрезультатно размышляли о способах, которыми это было открыто.

В отличие от «метода проб и ошибок», теория П.Я. Гальперина акцентирует внимание на необходимости знаний об *условиях* планомерного формирования умственных действий и понятий. Такие действия (материальные, перцептивные, речевые, умственные) сначала выступают как объективные процессы, они должны быть сначала усвоены тоже как внешние процессы, а затем «переведены» в голову человека, где преобразуются

в идеальные, а затем и в собственно психические процессы. Эти «предметные действия» имеют определенную структуру и по своей эффективности, производительности зависят от средств, которыми они вооружаются. От этих средств будет зависеть и производительность умственного труда. Поэтому, важнейшая задача каждого педагога, прежде всего, заключается в том, чтобы вооружить каждого ученика современными средствами учебной деятельности и соответственно усовершенствовать методы и технологии обучения. Это значительно облегчит умственную деятельность учащихся и раскроет их природный потенциал и творческие способности.

В своей теории П.Я. Гальперин первоначально выделял пять этапов, но в последствии к ним был присоединен еще один этап – *мотивационный*. В силу того, что изменения действия происходят только на четырех этапах, процесс формирования делится на две фазы: *предварительную*, которая включает мотивационный этап и этап составления схемы ориентировочной основы действия (ООД), и *основную*, объединяющую остальные четыре этапа.

При исследовании процессов *становления новых актов психики* данный автор разработал объективный метод, в основу которого положил такие характеристики, как *поэтапность* и *планомерность* (управляемость) процесса формирования новых умственных действий и понятий. При таком подходе становление новых психических актов стало *управляемым*, что обеспечило принципиально другой ход усвоения знаний. Процесс идет без отклонений и, как следствие, учащиеся с самого начала не делают ошибок. При такой постановке дела можно изучать позитивные психологические *изменения действия*, видеть *возникновение его нового состояния*, в то время как в большинстве случаев процесс усвоения изучается в условиях его стихийного протекания. Во втором случае на первый план выходят отклонения, которые психолог и фиксирует.

Используя управляемое усвоение, П.Я. Гальперин показал, что в этом случае исчезают явления, которые считались закономерными при стихийном ходе процесса. Из этого следовало, что мы можем не только изучать то, что складывается стихийно, но и *целенаправленно формировать различные виды деятельности, управляя процессом их становления*. Наличие и сравнение стихийного и управляемого путей формирования различных видов деятельности позволило автору поставить вопрос о двух видах закономерностей, которые лежат в их основе. После знакомства с теорией П.Я. Гальперина известный швейцарский психолог Ж. Пиаже сказал: «Я изучаю то, что есть, а вы изучаете то, что может быть», на что П.Я. Гальперин ответил: «Но то, что есть – это лишь частный случай того, что может быть».

Одним из принципов деятельностного подхода является признание социальной природы развития психики человека. Развитие конкретного индивида идет через усвоение тех знаний и видов деятельности, которые зафиксированы в социальном опыте предшествующего поколения. Разделяя этот философский принцип, П.Я Гальперин указывает, что далеко не всегда освоенные ранее виды деятельности, закрепленные в социальном опыте, являются рациональными и отвечающими требованиям времени. В качестве источников новых видов деятельности он видит науку. В его школе моделируют новые виды деятельности, проверяют экспериментально, и если возникает необходимость, дорабатывают [45]. По мнению Н.Ф. Талызиной, данный метод помогает психологии выполнять главную функцию науки – опережать практику, пополнять социальный опыт наиболее ценными видами человеческой деятельности [161, с. 47–49].

Таким образом, предметом психологии для П.Я. Гальперина является ориентировочная деятельность, решение субъектом задач на ориентировку в определенных ситуациях. Опираясь на принципы теории деятельности, он использовал деятельностную единицу анализа, что и позволило реализовать деятельностный подход в психологических исследованиях. Благодаря объективному методу анализа, который был выведен из преобразования предметных действий, автор дал не только структурно-функциональное описание действия, но и дополнил его новыми элементами и, прежде всего, таким как ориентировочная основа действия. Ведущий тип ООД П.Я. Гальперин предложил использовать в качестве критерия для выделения типов учения.

В соответствии с тремя главными типами ООД выделяют *три типа учения*. При первом типе учения, который называют методом проб и ошибок, усвоение действия происходит с ошибками, недостаточным пониманием материала, неспособностью выделить существенные признаки. Знания, усвоенные при втором типе учения, характеризуются более уверенным и полным пониманием содержания материала с четким различием существенных и несущественных признаков. Третий тип учения обеспечивает быстрое, эффективное и безошибочное усвоение действия, предполагающее формирование всех его основных качеств.

Благодаря работам Гальперина внимание впервые приобрело самостоятельную функцию и вошло в деятельностный анализ психики. Анализируя функциональную сторону действия, он показал, что контрольная часть умственного действия обеспечивается вниманием [50].

В своих исследованиях П.Я. Гальперин использовал не только экспериментальные данные своей школы, но и психологии в целом, что позволило выделить достаточно емкую систему психологических свойств действия (деятельности). Именно поэтому эти свойства могут быть использованы не только для диагностики и описания любого действия, любой деятельности, но и для их формирования. Наиболее полно автор описал качественные переходы относительно формы действия на пути от материального к идеальному.

Вклад П.Я. Гальперина в развитие деятельностного подхода очень емко выразила Н.Ф. Талызина: «... используя группу первичных свойств, П.Я. Гальперин выделил типовые психологические состояния действий и деятельности при переходе из материальных, внешних, развернутых, не обобщенных, разделенных, не автоматизированных в умственные, внутреннее, обобщенные, свернутые, самостоятельные, автоматизированные. Эти типовые переходные состояния и составляют *этапы* основной фазы становления умственных действий и понятий» [161, с. 48]. По ее мнению, теория поэтапного формирования умственных действий и понятий является основой построения деятельностной теории учения [там же].

Деятельность учения также состоит из действий, которые в ее структуре могут занимать разные места. Одни занимают место *предмета усвоения*, другие – место *средств усвоения*. Основные исследования П.Я. Гальперина были направлены на первое, его интересовала динамика новых действий. При этом действия, составляющие средства усвоения (умение учиться), также обеспечивались, так как они были необходимы для перевода усвояемого действия из одного состояния в другое. Для этого в экспериментальных исследованиях школы Гальперина существует раздел: «Формирование предварительных знаний и действий». Однако эти предварительные знания и действия не подвергались специальному анализу с точки зрения их функции как средства усвоения. После того как теорию поэтапного формирования умственных действий стали называть теорией учения, эта часть деятельности учения подверглась специальному исследованию (И.И. Ильясов, Н.Г. Салмина и др.). Большой вклад в разработку этой проблемы внесла Н.Ф. Талызина, в работах которой «умение учиться» выступает как специальный предмет исследования, а действия, входящие в это умение, подвергаются классификации [161; 162].

Теория поэтапного формирования умственных действий является фундаментом не только для деятельностной теории учения, но и для частной дидактики и частных методик. Внедрение этого подхода в практику обучения показало его эффективность по нескольким направлениям:

1. Сократить объем учебных предметов (иногда в несколько раз).
2. Обеспечить выживаемость усвояемых знаний, подготовленность человека к новым знаниям, которые, как правило, являются всего лишь новым вариантом той же системы.
3. Дать учащимся более глубокие знания: достигается фундаментализация образования.
4. Сократить время изучения предметов (обычно на 25–30%).
5. Повысить развивающий эффект обучения. Вместо частных умений и навыков оказывается возможным формирование общих методов решения задач – формировать фактически интеллектуальные способности [200, с. 49].

Таким образом, плодотворность деятельностного подхода к теории учения не вызывает сомнения, так как в практике образования доказана высокая эффективность ее положений. Вместе с тем, эта теория еще далека от завершения, и это дает основание для дальнейших исследований в этом направлении не только в области самой психологии, но и деятельностной дидактики, а также частных методик изучения предметов, в том числе и естественно-научных.

Как отмечал сам П.Я. Гальперин, историко-теоретическими предпосылками создания теории поэтапного формирования умственных действий и понятий явилось два учения: учение Л.С. Выготского о происхождении и природе высших психических функций и учение А.Н. Леонтьева и С.Л. Рубинштейна об отношении психики к осмыслительной внешней предметной деятельности [45].

Связь между теорией культурно-исторического развития Л.С. Выготского и теорией планомерно-поэтапного формирования умственных действий и понятий П.Я. Гальперина попыталась выявить М.А. Степанова, которая опиралась не только на опубликованные труды данных авторов, но и личный архив П.Я. Гальперина.

Сравнительный анализ опубликованных работ (и архивов) позволил М.А. Степановой высказать положение о том, что обе теории, *имея единое методологическое основание, представляют различное направление развития*. Это вытекает из высказывания самого Гальперина, который

в неопубликованной работе «Система исторической психологии Л.С. Выготского и некоторые положения к ее анализу» пишет, что основная идея системы – «идея своеобразного развития и строения человеческого сознания», и далее, на основе этого положения, выделяет три основных момента:

1. «Идея развития как руководящая идея психологического исследования».

2. «Идея двух типов развития: животного и человеческого... инстинктивного и разумного».

3. «Своеобразие человеческого сознания заключается в его системном и смысловом строении» [158].

Заслуга Л.С. Выготского, по мнению П.Я. Гальперина, состоит в создании «психологического учения об особой природе высших собственно общественно-исторических функций человека по сравнению с естественной психикой животных» [там же]. Он акцентирует внимание на следующих утверждениях Л.С. Выготского. Человеческая психика отличается от психики животных тем, что животное непосредственно связано с окружающей средой, а человек использует специфические психологические орудия. Так первоначально ребенок относится к окружающему непосредственно, затем с какого-то момента начинается использование вспомогательных средств, но как внешних, материальных; дальнейший переход к использованию орудий приводит к повышению эффективности психической деятельности. Поэтому П.Я. Гальперин высоко оценивал учение Л.С. Выготского о развитии понятия, которое привело к «еще более грандиозному учению» о «понятии как клеточке сознания» [там же].

По Л.С. Выготскому, при психическом развитии происходит двойное изменение: с одной стороны, содержания понятий и меры их глубины, а с другой – *положения понятий в структуре психической жизни*. На этом основании он говорит о **смысловом и структурном строении сознания**. «Системное строение сознания можно условно назвать внешним строением сознания, тогда как смысловое строение, характер обобщения – его внутренняя структура. **Обобщение есть призма, преломляющая все функции сознания... обобщение выступает как функция сознания в целом, а не только одного мышления**» [37, с. 363], (курсив наш. – С.П.).

На основе этих концептуальных положений Л.С. Выготский сформулировал основной закон динамики возрастов, по которому силы, движущие развитие ребенка, с неизбежностью приводят к разрушению основы развития, «с внутренней необходимостью определяя аннулирование социальной ситуации развития, окончание данной эпохи развития и переход к следующей, или высшей, возрастной ступени» [там же, с. 260]

Важнейшим источником развития Л.С. Выготский считал обучение. Он писал: «Всякое обучение является источником развития, вызывающим к жизни ряд таких процессов, которые без него вообще возникнуть не могут» [35, с. 386]. Обучение, по его мнению, должно опираться *не на созревшие, а на созревающие функции*. «Обучение только тогда хорошо, когда оно идет впереди развития. Тогда оно пробуждается и вызывает к жизни целый ряд функций, находящихся на стадии созревания, лежащих в зоне ближайшего развития. В этом и заключается главная роль обучения в развитии. Этим и отличается обучение ребенка от дрессуры животных... Обучение было бы совершенно не нужно, если бы оно только могло использовать уже созревшее в развитии, если бы оно само не являлось источником развития, источником возникновения нового» [35, с. 252].

Как уже было отмечено выше, П.Я. Гальперин выделил **три типа учения в соответствии с тремя типами ориентировки**. Эти типы ориентировки были выделены по следующим основаниям: конкретная – обобщенная, полная – неполная, самостоятельно получаемая – данная в готовом виде. «При первом типе учения умственное развитие не зависит от обучения, а наоборот, обуславливает его возможности. Учение по второму типу также не оказывает влияния на развитие. И только *третий тип учения* обеспечивает «мощный развивающий эффект» [49, с. 40]. По мнению В.В. Давыдова, учение по третьему типу обеспечивает **формирование у учащихся абстракций и обобщений содержательного характера, усвоение ими теоретических знаний** [63]. Сам же П.Я. Гальперин такой эффект третьего типа обучения объяснял его нацеленностью на приобретение **общего метода** исследования объектов, на формирование нового способа мышления.

Таким образом, подходы Л.С. Выготского и П.Я. Гальперина к проблеме о соотношении обучения и развития дополняют друг друга. Первый исследователь говорил о разном содержании обучения и степени самостоятельности ребенка, второй – конкретизировал это положение, вскрыв сам механизм развивающего эффекта.

Преемственность работ Л.С. Выготского и П.Я. Гальперина высвечивается и по вопросу о соотношении биологического и социального. В самой общей форме этот вопрос был решен Выготским в рамках его культурно-исторической теории. «Культура, – писал Выготский, – и есть продукт социальной жизни и общественной деятельности человека, и потому самая постановка проблемы культурного развития повеления уже вводит нас

непосредственно в социальный план развития [39, с. 145–146]. В ходе психического развития в процессе присвоения индивидом ценностей культуры происходит преобразование «натуральных» функций в функции высшего порядка. Развивая эту идею, Гальперин показал, что вся система орудийных операций есть продукт общества, вспомогательные средства животных лишь похожи на орудия, но не представляют собой таковых даже в зачатке. Он писал: «Замена ручных операций орудийными ... ведет к переходу мышления с пути биологического его развития, принципиально ограниченного его непосредственным отношением к природе на путь развития общественного... неограниченного в перспективе» [51, с. 93].

По мнению Гальперина, специфические особенности психики человека заключаются не в опосредовании, как указывал Л.С. Выготский, а в отсутствии у человека «унаследованных от животных инстинктивных форм деятельности и поведения» [47, с. 36]. Эта особенность является обязательным условием развития человеческой психики. «Отмирание инстинктов составляет... одно из фундаментальных условий образования личности» [52, с. 140].

Свое понимание представлений о специфике человеческой психики Гальперин выводит из категории «действие». Как психологическая категория действие изучалось и А.Н. Леонтьевым, и С.Л. Рубинштейном. Именно Рубинштейн предложил рассматривать действие как единицу анализа психической деятельности. Он писал, что необходимо найти «ту «клеточку», или «ячейку», в которой можно вскрыть зачатки всех элементов психологии в их единстве» [150, с. 163]. Руководствуясь этим общим положением, Гальперин выделил *структурные и функциональные части действия, его свойства* (параметры) и тем самым наполнил учение о действии теоретическим обоснованием и проверенным на практике конкретно-психологическим содержанием.

Взяв в качестве единицы поведения *отдельное действие*, Гальперин выявляет общую стратегию его эволюции: *физическое действие, физиологическое действие, действие субъекта и действие личности*. Личность от субъекта действия у животных отличает то, что в процессе ориентировки человек опирается не только на свое восприятие окружающего мира, но и накопленные обществом знания о нем. Иначе говоря, *человек в процессе ориентировки использует не только свой индивидуальный и усвоенный им социальный опыт*.

При разработке теории поэтапного формирования умственных действий и понятий Гальперин опирался еще на одну идею Л.С. Выготского,

а именно, о переводе действия извне внутрь. В учении об интериоризации Л.С. Выготский лишь констатировал, что высшие психические функции сначала образуются как внешние формы деятельности, и лишь потом, в результате интериоризации, становятся психическими процессами индивида. По мнению Гальперина, эта идея заслуживает внимания, но не раскрывает процесс по существу. Понимание Выготским интериоризации как превращения внешних способов действия во внутренние Гальперин интерпретировал по-своему, как *переход материального в идеальное, производство идеального мира, сознания* [48, с. 26].

Понимание психической деятельности как результата переноса внешних материальных действий в план восприятия, представлений и понятий Гальперин изложил в своей теории поэтапного формирования, согласно которой, этот процесс осуществляется поэтапно, и на каждом из этих этапов действие характеризуется совокупностью показателей по основным параметрам. Знание этапов формирования *умственного действия* позволяет контролировать сам процесс его образования, а не только конечный результат, как это происходит при традиционном обучении. Такой контроль возможен с помощью *условий*, «которые обеспечили бы, – именно обеспечили бы! – формирование новых знаний и умений с заданными показателями» [49, с. 41]. К таким условиям Гальперин относит *создание адекватной мотивации, обеспечение правильного выполнения нового действия, воспитание его желаемых свойств и превращение его в действие заданной формы*. Совокупность данных условий и получило название «*поэтапное формирование*». В этом случае речь идет о формировании как психологическом методе, являющемся одновременно и *методом обучения, и методом исследования*.

По мнению Гальперина, Л.С. Выготский указывал на обучающий эксперимент как средство подлинного генетического анализа процесса, но ему не удалось получить достаточно полного контроля над процессом формирования понятий. Сам Л.С. Выготский назвал свой метод историко-генетическим и считал, что он является ключом к пониманию высших форм поведения ребенка и путем к практическому овладению ими [36, с. 58–77]. Метод планомерно-поэтапного формирования умственных действий и понятий, предложенный Гальпериним, позволил вплотную подойти к решению задачи управления познавательной деятельностью.

Таким образом, управление познавательной деятельностью обеспечивает решение следующих задач: 1) принципиально новый ход

усвоения знаний; 2) раскрывает структуру процесса образования; 3) выявляет строение психической деятельности человека, то есть собственные его механизмы.

В психологических теориях деятельности исключительно важным является вопрос о движущих силах психического развития. *Источником такого развития* Л.С. Выготский считал процесс обучения. П.Я. Гальперин, развивая эту идею, наметил два источника движущих сил: 1) процесс организованного (или неорганизованного) обучения; 2) мотивы, интересы, потребности, т.е. аффекты. Так в системе идей Л.С. Выготского появилась проблема взаимоотношения интеллекта и аффекта, ставшая «внутренним нервом его психологических исканий» [551, с. 354].

А.Н. Леонтьев и С.Л. Рубинштейн подчеркивали, что психика развивается в системе внешней деятельности и определяется ее строением, задачами и законами. Принципиальное значение в данном случае имеет положение А.Н. Леонтьева о том, что решающую роль в духовном развитии ребенка играет его *собственная деятельность*. «То, что непосредственно определяет развитие психики ребенка, – это... развитие деятельности ребенка, как внешней, так и внутренней» [100, с. 513]. На каждом из этапов психического развития одни виды деятельности играют главную роль, другие – подчиненную. В связи с этим, А.Н. Леонтьев предлагает говорить о зависимости развития психики не от деятельности вообще, а от *ведущей деятельности*.

Идея о ведущей деятельности впервые была предложена Л.С. Выготским. Характеризуя игру дошкольника, он писал, что игра – не преобладающий, а ведущий момент развития ребенка. «Игра в концентрированном виде содержит в себе, как в фокусе увеличительного стекла, все тенденции развития» [34, с. 74]. Л.С. Выготский проводит параллель между отношением игры к развитию и отношением обучения к развитию. По его мнению, игра – источник развития и создает зону ближайшего развития. Поэтому *игра как ведущая деятельность определяет психическое развитие ребенка*.

А.Н. Леонтьев детально разработал понятие ведущей деятельности, а также выделил ее основные признаки. Он писал, что развитие ведущей деятельности «обуславливает главнейшие изменения в психических процессах и психологических особенностях личности ребенка на данной стадии его развития» [100, с. 515].

Ключевые идеи теорий П.Я. Гальперина и А.Н. Леонтьева в определенной степени объединены Н.Ф. Талызиной, которая, рассматривая процесс учения, как деятельность отмечает, «что в процессе обучения стоит задача формирования отдельных видов деятельности, прежде всего – познавательной, а не абстрактных функций памяти, мышления, внимания и т.д.» [163, с. 41], (курсив наш. – С.П.). Она отмечает, что применение положений теории поэтапного формирования позволяет управлять процессом учения, причем «не только усвоением отдельных познавательных действий, но и формированием приемов интеллектуальной деятельности» [там же, с. 220].

Целесообразность и высокая эффективность положений теории поэтапного формирования подтверждена многолетней практикой в различных областях знания. Кроме того, было доказано, что вместе с такими действиями формируются и другие психические процессы: восприятие, произвольное внимание и речь, а также система понятий, связанных с выполняемым действием.

Таким образом, разработанная П.Я. Гальпериним психологическая теория является результатом творческого развития концепций, идей принципов, заложенных Л.С. Выготским, А.Н. Леонтьевым и С.Л. Рубинштейном. Весомый вклад П.Я. Гальперина в психологическую науку весьма лаконично сформулировала М.А. Степанова: «П.Я. Гальперин капитально разработал проблемы предмета и метода психологии, сущности психического, управляемого формирования умственных действий, создал конкретно-психическое учение о действии, о трех типах учения» [158, с. 99]. В свою очередь, психологическая теория П.Я. Гальперина служит ведущей методологической основой для разработки *деятельностной дидактики и методики обучения*.

Особую актуальность данная теория приобретает в настоящее время, когда *значительное увеличение объема знаний, повышение теоретического уровня и требований к качеству их усвоения ставит перед обучением новые задачи, которые нельзя решить без учета возможностей умственной деятельности учащихся*.

Теория поэтапного формирования умственных действий и понятий П.Я. Гальперина, как и любая другая теория, была подвергнута всестороннему теоретическому анализу и проверке практикой, как со стороны ведущих психологов, так и практических педагогов. В результате этой проверки были установлены относительные границы по ее применению. Так, А.Н. Леонтьев, анализируя этапы формирования умственных действий,

описанных в работах Гальперина и его сотрудников, отмечает, что «не всегда этот процесс проходит по всем трем указанным этапам, а может начинаться прямо с формирования в плане речи, что зависит от предшествующих достижений умственного развития ребенка» [100, с. 343]. Однако сами авторы теории поэтапного формирования умственных действий на эту возможность не указывают. П.Я. Гальперин и Н.Ф. Талызина считают, что исходной формой интеллектуальной деятельности в процессе обучения является деятельность внешняя, материализованная. Психической, идеальной она становится лишь после ряда качественных преобразований, происходящих по нескольким параметрам.

Познавательная деятельность в этом случае выступает одновременно и как средство усвоения знаний о мире, и как особый предмет усвоения [48; 163].

Процессу интериоризации (переносу действий из внешнего во внутренний план) в обучении придают исключительное значение женеvские психологи (Пиаже и Инельдер), что нашло отражение в их докладах на XVIII Международном психологическом конгрессе.

Точка зрения сторонников поэтапного формирования умственных действий, согласно которой при усвоении новых знаний исходной формой всегда должно быть материальное (или «материализованное») действие, не разделяется целым рядом отечественных и зарубежных психологов, в частности Н.А. Менчинской, Г.С. Костюком, А. Рокша, Ф. Флейшнер [163]. Они обращают внимание, что в обучении наряду с процессом *интериоризации* не меньшее значение имеет противоположный процесс *экстериоризации* (перенос операции из внутреннего во внешний план), который постоянно осуществляется при использовании знаний на практике, при решении различных наглядно-действенных задач.

Не разделяет в полной мере точку зрения П.Я. Гальперина и Н.Ф. Талызиной об этапах формирования понятий и М.Н. Шардаков, справедливо отмечающий, что предложенный ими метод нельзя считать универсальным. Он отмечает, что «Образование понятий путем практического оперирования оказывается эффективным лишь в тех случаях, когда можно тотчас же в процессе усвоения знаний применить их на практике» (М.Н. Шардаков 1963, с. 214). П.Я. Гальперин и Н.Ф. Талызина в своем исследовании имели дело именно с такими понятиями, когда изучали процесс усвоения школьниками некоторых геометрических понятий [46; 161].

Они предлагали учащимся карточки с перечислением признаков понятий, стандартную фигуру и материализованный образец (нить, угол из проволоки и т.п.). Школьники показывали образцы и должны были с ними действовать. Понятия усваивались в результате практических действий учащихся, и такой способ формирования понятий в их эксперименте приводил к хорошим результатам. Однако исследования других авторов, в частности А.Н. Соколовой показали, что к положительным результатам приводит также и иной порядок формирования понятий, при котором учащиеся *теоретически усваивают материал, а затем уже применяют его на практике*.

По мнению М.Н. Шардакова, усвоение понятий школьниками может совершаться разнообразными методами. Он полагает, что изучать закономерности формирования понятий у школьников следует не только в соответствии с этапами, указанными П.Я. Гальпериным и Н.Ф. Талызиной, но прежде всего путем выявления *соотношений* их словесно-понятийной, образной и практически-действенной мыслительной деятельностью.

М.Н. Шардаков рекомендует формирование понятий по следующим этапам:

1. *Организация наблюдения единичных предметов или явлений*. Учащимся дается наглядное представление о явлении, предмете или законе с помощью выразительных наглядных пособий или опытов; при этом новые понятия даются в тесной связи с уже известными учащимся понятиями. Если имеются условия, рекомендуется дать учащимся возможность манипулировать с предметом, понятие о котором они изучают (работа с раздаточным материалом, схемами, моделями).

В процессе всей работы по усвоению понятия внимание школьников акцентируется на общих, существенных признаках изучаемых предметов и явлений.

2. *Обогащение наблюдений*. С целью обогащения наблюдений учащихся организуется наблюдение возможно большего количества разнообразных предметов и явлений, относящихся к изучаемому понятию. Наблюдая большое количество разнообразных новых предметов и явлений, учащиеся легче смогут обнаружить как общие существенные признаки и свойства, связи и отношения, так и второстепенные индивидуальные признаки.

3. *Выделение общих и существенных признаков изучаемых предметов и явлений*. После того, как знания учащихся обогатятся достаточным количеством наблюдений разнообразных признаков и свойств предметов

и явлений, связей и отношений, они начинают выделять общие существенные признаки и отношения. Этот мыслительный процесс происходит при помощи абстрагирования и анализа отдельных признаков предметов и явлений, отношений между ними, сравнения сходных признаков и связей, и, наконец, синтезирования и обобщения их. В результате такой работы мышления школьники выясняют общие и существенные признаки понятия.

4. *Уточнение.* Чтобы приобретаемые школьниками понятия о предметах и явлениях действительности были не расплывчатыми, а точными, определенными, необходимо уточнить их и, пользуясь сравнением, отличить от родственных или сходных понятий. Например, сравнить расширение тел при нагревании с их сжатием при охлаждении, или сравнить содержание понятия «вес», с содержанием понятия «масса». Такое сравнение делает знания учащихся об изучаемом явлении более четкими, а, следовательно, и понятие о нем становится ясным, определенным и дифференцированным от всех других понятий.

5. *Определение понятий.* После проделанной работы по формированию понятий рекомендуется дать их определение. Определение – это указание общих существенных черт, образующих содержание понятий. Определение должно охватывать все общие существенные признаки понятия. В то же время оно не должно включать частное, второстепенное. При этом определение должно быть выражено в краткой форме.

В определении указывается: а) к какой группе, роду принадлежит данный предмет (явление, величина) и б) каковы его отличительные признаки.

6. *Упражнения по практическому применению понятий и проверка их усвоения.* После того, как учащиеся ознакомились с общими существенными признаками понятия, необходимо проверить, насколько сознательно они усвоили понятие, и научить оперировать понятием. Это достигается с помощью различного рода упражнений. Характер упражнений зависит от содержания понятия. В одних случаях это может быть вычерчивание схем, чертежей, в других – построение графиков, в-третьих – объяснение явлений, в-четвертых – решение задач и т.д.

7. *Расширение и углубление понятий.* Предыдущим этапом не заканчивается работа по усвоению понятий. В процессе дальнейшего обучения учащиеся глубже знакомятся с содержанием понятий и изучают связи и отношения между различными понятиями одной и той же науки, а затем и разных наук.

Рассмотренный путь формирования понятий, – отмечает академик РАО А.В. Усова, – также не охватывает всех случаев усвоения понятий учащимися в процессе их обучения в школе. По ее мнению, «в педагогической практике усвоение понятий может идти и по другому пути. В частности, в старших классах формирование понятия может быть начато с определения, после чего осуществляется конкретизация его с помощью средств наглядности, рассмотрения различного рода примеров и фактов» [180, с. 160].

Рассмотренные выше этапы формирования понятий в той или иной мере являются общими при формировании понятий разных наук (учебных предметов). Вместе с тем, математические, физические, химические, биологические и др. понятия имеют свое специфическое содержание, а потому, порядок следования указанных общих этапов может изменяться. При этом могут проявляться те или иные особенности процесса формирования понятий, специфические для разных наук.

Метод формирования понятий по этапам не может быть рекомендован в качестве универсального и по другим причинам. А.В. Усова выделяет еще два важных обстоятельства, которые ограничивают область его применения.

П.Я. Гальперин и Н.Ф. Талызина, как уже отмечалось, применяли этот метод, в основном, при формировании геометрических понятий (например, перпендикуляр, прямоугольник), все существенные признаки которых могли быть раскрыты и выписаны на карточки при первоначальном знакомстве с ними учащихся [50]. В дальнейшем учащиеся оперировали со всей системой признаков. Такой же подход целесообразен при формировании понятий на уроках по русскому языку. «Однако в преподавании основ наук, – пишет А.В. Усова, – мы чаще всего имеем дело с формированием таких понятий, содержание которых сложно и не может быть полностью раскрыто сразу же, при первоначальном знакомстве с ними учащихся. Учащиеся оказываются не в состоянии усвоить сразу все признаки понятия. В таких случаях раскрывается один признак за другим по мере теоретической подготовки учащихся к их усвоению. В результате этот процесс развития сложных понятий растягивается на продолжительное время» [180, с. 116–122].

В математике такими сложными понятиями являются, например, такие как «число», «предел», «функция»; в физике – «вещество», «поле», «энергия», «работа»; в химии – «химический элемент», «химическая реакция», «валентность», «степень окисления»; в биологии – «обмен веществ», «эволюция органического мира», «наследственность», «фотосинтез», «дыхание» и др.

Процесс развития сложных понятий у школьников на примере понятия «лист» очень хорошо показал Н.М. Верзилин. На первом уроке данное понятие выступает как очень простое, первичное понятие, «включающее» один элемент знания, которое касается лишь внешнего строения листа (учащиеся узнают, что лист имеет зеленую пластинку с жилками и черешок). По окончании темы, на восьмом уроке, понятие «лист» становится сложным, включающим ряд элементов знаний: анатомическое строение, фотосинтез, дыхание листа, приспособленность листьев к среде обитания. Таким образом, «сложное понятие «лист» обобщает понятия морфологии, анатомии, физиологии и экологии листа» [25, с. 87].

Аналогичное движение сложных понятий при изучении их школьниками происходит и при изучении других наук. Это хорошо показано З.И. Шевцовой на примере развития химического понятия «валентность» [206], Ю.И. Соколовским – на примере физических понятий «работа» и «энергия» [155], А.Л. Хинчиным – на примере некоторых математических понятий [200].

Анализируя сложные математические понятия, А.Л. Хинчин отмечает, что «не всегда возрастные условия учащихся позволяют дать такую трактовку понятия, которая принята в современной науке. Концепция может быть упрощена (но не искажена!)... Это означает, – пишет Хинчин, – что школа не обязана доводить развитие каждого понятия до его состояния в современной науке, она может останавливаться и на предшествующей стадии этого развития» [там же, с. 5].

Это положение относится не только к математическим понятиям.

2. В процессе изучения основ наук учащиеся должны усвоить немало абстрактных понятий, формирование которых не может быть начато с «материализованных» или предметных действий. Так, например, в курсах физики, химии, биологии школьники должны усвоить целый ряд абстрактных понятий, при формировании которых нельзя опереться ни на посредственный опыт учащихся, ни на наглядные образы, ни на реконструируемые воображением представления о явлениях и предметах, ни на знания, усвоенные ранее. В курсе физики такими понятиями являются «элементарная частица», «квант», «электромагнитные волны». Начинать формирование подобных понятий с «предметных» действий не представляется возможным.

В курсе химии таким абстрактным понятием является «валентность». Его нельзя представить наглядно, нельзя отразить и с помощью

символики (схем, чертежей). Как указывает З.И. Шевцова, при формировании этого понятия нельзя опереться ни на житейский опыт учащихся, ни на знания, усвоенные ранее. Ученики впервые с термином «валентность» встречаются на уроках химии в 7 классе. В качестве первоначальной, конкретной опоры при формировании этого понятия выступают арифметические значения, так как единственным элементом, который связывает новое знание с предшествующим учебным опытом на данном этапе, является числовая характеристика величины валентности (валентность определяется как свойство атома присоединять или замещать определенное количество атомов других элементов). Арифметическая опора теряет свое значение только после того, как учащиеся познакомятся с строением атома и его электронной оболочки [206].

Примерами абстрактных понятий, изучаемых в курсе биологии, могут являться такие как «живое вещество», «эволюция», «наследственная информация», «анаболизм», «катаболизм» и др.

На основании глубокого анализа различных подходов к формированию понятий, а также результатов собственных многолетних исследований в этом направлении А.В. Усова приходит к выводу о том, *«что нельзя рекомендовать какой-либо один из методов в качестве универсального для формирования различных по природе и содержанию понятий. Можно говорить лишь о выработке общего подхода или общего принципа к формированию понятий»*.

В зависимости от вида и содержания понятий должна определяться и методика его формирования» [186, с. 164] (курсив наш. – С.П.).

Аналогичной точки зрения придерживается и Н.А. Менчинская. «В одних случаях, – отмечает она, – исходной формой являются восприятия и действия с предметами, в других – только восприятие, в-третьих – образ или представление и, наконец, в-четвертых – возможны такие случаи, когда исходной формой является обобщение и абстрактная, словесно выраженная мысль, усвоенная вначале в нерасчлененной форме, а затем путем последовательной конкретизации, усвоенная в ее полном содержании» [114, с. 20]. Мы полностью разделяем эту точку зрения. Однако, памятуя указания Н.А. Менчинской [115, с. 6] и других психологов на необходимость опираться на жизненные наблюдения школьников и их донаучные представления при формировании научных понятий, считаем необходимым раскрыть нашу точку зрения по данному вопросу.

1. Опора на жизненный опыт учащихся и их повседневные наблюдения возможна только при формировании понятий о предметах, явлениях, свойствах тел и связях между явлениями (не только природы, но общественной жизни). В этих случаях формирование понятий возможно, как по этапам, описанным П.Я. Гальпериным и Н.Ф. Талызиной, так и по этапам, описанным М.Н. Шардаковым. Преимущество процесса, описанного М.Н. Шардаковым, заключается в том, что он приемлем для более широкого круга понятий по сравнению с процессом, рекомендованным сторонниками поэтапного формирования умственных действий. Этапы формирования понятий, указанные М.Н. Шардаковым, являются общими для формирования понятий разных наук. Однако следует учитывать, что физические, химические, биологические и другие понятия имеют свое специфическое содержание. Поэтому при формировании понятий, относящихся к разным наукам, содержание и порядок следования указанных общих этапов могут изменяться. При этом могут проявляться те или иные особенности процесса формирования понятий, специфические для разных наук.

2. Тезис Н.А. Менчинской и других психологов о необходимости находить «точку опоры» в житейских представлениях учащихся при формировании у них научных понятий [115, с. 6] не следует понимать как безоговорочное утверждение – прежде всего потому, что при формировании многих понятий, как это было показано выше, не всегда возможно найти такую «точку опоры». Во-вторых, Н.А. Менчинская сама указывает на зависимость способов раскрытия содержания понятий, этапов формирования понятий от содержания формируемых понятий и той основы, на которой они формируются [113, с. 354].

«В одних случаях, – пишет она, – сущность понятия раскрывается на основе восприятия фактов или явлений, в других – на основе слова-определения. При помощи наглядной иллюстрации в этом случае можно выразить только некоторые и притом несущественные признаки понятия» [там же, с. 354].

3. Опора на жизненный опыт учащихся и их донаучные представления, если она даже возможна, должна осуществляться с большой осторожностью, так как содержание многих донаучных представлений не совпадает с содержанием соответствующих им научных понятий и даже противоречат им. В таких случаях опора на житейские представления учащихся будет оказывать отрицательное воздействие на формирование у учащихся понятий и может привести к неверному усвоению научных понятий.

4. Учитель должен быть внимателен при отборе наглядно-иллюстративного материала при формировании понятий. «Функция наглядного материала, как это отмечает А.Н. Леонтьев, может быть различной, в зависимости от той задачи, которая ставится в обучении. В разных конкретных условиях наглядный материал может оказывать положительное влияние или быть бесполезным, или даже играть отрицательную роль как фактор, отвлекающий от основной задачи» [101, с. 301].

Исследованиями психологов установлено, что образное способствует усвоению обобщенных понятийных знаний лишь тогда, когда образное вариативно и является, с одной стороны, опорой, а с другой – конкретизацией обобщенного, понятийного [31].

Свою концепцию построения учебной деятельности, рассчитанной на *усвоение учащимися научных понятий*, разработал В.В. Давыдов. Данная концепция является весьма актуальной и своевременной в связи с нарастающей *теоретизацией школьных курсов*, особенно в последнее время. Ее основные положения декларируют *приоритетность дедуктивного способа мышления и приобретения учащимися знаний*, в то время как даже в современной школе обучение направлено на формирование индуктивного мышления при подавляющей роли учителя.

Как показал В.В. Давыдов, индуктивный способ изложения учебного материала, направлен на формирование у учащихся только одной и не основной стороны мыслительного процесса, а именно – логических рассуждений по типу «восхождения от конкретного к абстрактному». При таком подходе мышление ребенка развивается односторонне, а сами научные понятия и законы не усваиваются должным образом (по существу). Не получая, изначально представления о всеобщем, учащиеся при изучении конкретных фактов акцентируют внимание на второстепенных признаках, а потому не в состоянии достаточно глубоко понять и осознать изучаемые факты как выражающие некоторый общий закон. Когда же сам закон формулируется в конце изученной темы или курса, он не усваивается как следует, в силу того, что процесс обучения останавливается и убедиться в его справедливости учащиеся не имеют возможности.

В.В. Давыдов считает, что построение учебных программ должно удовлетворять диалектико-материалистической теории понятий, центральным моментом которой является определенное понимание соотношений между общим (всеобщим) и единичным (особенным), существующим в явлениях и предметах объективной действительности.

Важной частью материалистической теории понятия является выделение двух форм обобщения – 1) движение от чувственно-конкретного к абстрактному (создание понятий) и 2) движение от абстрактного к конкретному (опора на понятие при выведении конкретного). «Первая из них связана с таким анализом частных видов явлений, эмпирических сведений о них и истории предыдущих поисков, который приводит к выделению «клеточки» системы, к обнаружению такого особенного явления, которое есть одновременно и всеобщее» [63, с. 462].

Вторая форма обобщения связана «с выделением всех частных предметов, входящих в систему, из «клеточки», на основе всеобщего» [там же]. При этом выявляются все его частные формы. Это означает переход от абстрактного к конкретному как *единству многообразного, выведение из общего индивидуальных, специфических явлений*, в своей совокупности и связи, реализующих конкретность всеобщего.

«Такая форма обобщения, – пишет Давыдов, – возможна лишь благодаря наличию понятия, фиксирующего всеобщее, благодаря использованию этого понятия при анализе эмпирических фактов, характеризующих процесс реального развития предметов, становления его как системы.

Здесь понятие выступает как начальный пункт теоретического воссоздания предмета: оно есть существенное условие самого процесса теоретического исследования. Лишь в этом процессе восхождения от абстрактного к конкретному понятие обнаруживает свое действительное содержание. Вне этого оно становится просто словом, фиксирующим какое-либо общее представление, т.е. сумму внешних признаков некоего класса вещей.

Такое понятие есть компонент теоретической системы знания (науки) и имеет свой особый предмет, не совпадающий и не могущий совпадать с предметами восприятий и представлений» [там же, с. 463].

Критикуя существующую схему построения курсов как основ наук, Давыдов отмечает, что они построены не на основе материалистической теории познания, а на основе сенсуалистических теорий обобщения, сфера применения которых весьма ограничена по возможности углубления в сущность предметов и явлений, во внутренние отношения элементов. Это приводит, как утверждает Давыдов, «к замораживанию зачатков теоретического мышления, к задержке формирования у миллионов детей содержательных форм мыслительной деятельности» [там же, с. 466] (курсив наш. – С.П.).

В.В. Давыдов настаивает на такой «конструкции» программ, которая способствовала бы движению понятий «от абстрактного к конкретному, от всеобщего к частному». Фундамент такой программы, по его мнению, должно составить «Исходное понятие науки», фиксирующее ее «клеточку».

Ознакомление с особенной, чувственно-данной формой существования этой «клеточки» как всеобщего является, по мнению Давыдова, началом усвоения данной науки. Только тогда, – считает Давыдов, – ее изучение будет связано с теоретическим мышлением, с работой в понятийном плане.

В этом случае наращивание знаний будет происходить по логическому принципу развертывания и конкретизации всеобщих элементов, по принципу выведения их особенных случаев. И может оказаться, что понятие, исторически сформулированное позже, должно усваиваться раньше других, так как выражает объект «близкий» ко всеобщему, чем другие объекты. Кроме того, это ранее вводимое понятие может обозначать объект, более удаленный от прямого и непосредственного опыта, чем другие объекты, понятия о которых вводятся позже [63]. При такой структуре курсов, которая предлагается В.В. Давыдовым, формирование понятий начинается сразу со второй формы обобщения (движение от абстрактного – к конкретному). Первая форма обобщения при этом совершенно выпускается. Автор данного подхода считает, что она и не нужна, поскольку понятие уже образовано. «Но если всеобщее определение предмета в науке уже найдено, сформулировано, фиксировано понятием, то спрашивается, – пишет Давыдов, – в чем целесообразность повторения ребенком тех эмпирических поисков, которые осуществлялись ученым? Специфика обучения как раз и состоит в том, что здесь ребенок осваивает, присваивает то, что уже добыто, найдено человечеством, и выражено в систематической форме. Здесь можно начать с того, что является результатом поисков ученого, т.е. с понятия» [там же, с. 467].

Реализация этой идеи, по мнению автора, потребует перестройки учебных предметов. Прежде всего, в процессе обучения учащимися должна быть усвоена *система теоретических понятий*, выражающих наиболее общие и существенные знания данного предмета. Более того, *эти понятия, хотя и в общем виде, но должны усваиваться учащимися, а не даваться им в готовом виде*. Усвоение понятий должно предшествовать знакомству с конкретными фактами. Частные знания, в свою очередь,

должны выводиться из всеобщих и представляться как конкретное проявление всеобщего закона. При изучении (усвоении) понятий и законов на основе тех или иных материалов учащиеся в первую очередь должны обнаружить в них генетически исходную связь, определяющую объект, отраженный в соответствующем понятии. Эту связь, пишет В.В. Давыдов, *необходимо воспроизвести в графических, предметных и знаковых моделях, позволяющих изучать ее в «чистом» виде.* Для этого у учащихся нужно сформировать *специальные предметные действия*, посредством которых они смогут в учебном материале выявить и далее воспроизвести искомую существенную зависимость, изучая ее собственные свойства. Это позволит осуществить постепенный переход учащихся от внешних предметных действий к их выполнению в умственном плане.

Концепция построения учебной деятельности, предложенная В.В. Давыдовым, и ее основные положения, декларирующие приоритетность дедуктивного способа формирования понятий, в целом поддерживается другими видными исследователями. Вместе с тем, по мнению известного методиста в области физики А.В. Усовой, этот способ формирования понятий также нельзя абсолютизировать. «Действительно, – отмечает А.В. Усова, – нет необходимости при формировании понятий вынуждать учеников повторять весь путь, который был пройден в науке до образования понятия. Во многих случаях возможно начинать формирование понятия с его определения... Однако не всегда такой путь возможен и не всегда педагогически оправдан. Прежде всего, пренебрежение первой формой обобщения может привести к ограниченности мышления учащихся, к затормаживанию аналитического мышления. Во-вторых, сообщение всех понятий в «готовом» виде может привести учащихся к формальному усвоению понятий, к догматизму в преподавании» [186, с. 171].

Следует отметить, что, развивая свою концепцию в последующем, В.В. Давыдов заострял определенное внимание и *на индуктивном методе* формирования понятий. Так, в частности, он отмечал, что «для формирования полноценного теоретического мышления, каким является индуктивно-дедуктивное мышление, необходимо предоставить учащимся на занятиях возможность свободного мыслительного движения в двух взаимосвязанных направлениях: от абстрактного к конкретному и от конкретного к абстрактному, с приоритетом первого над вторым. Одна из задач теоретического мышления, состоит в выделении существенной связи

(в ее абстрагировании), а затем и в мысленном сведении к ней всех проявлений объекта (в их обобщении)» [62, с. 204].

Мы считаем, что в учебном процессе должны найти применение оба способа формирования понятий – традиционный и предлагаемый В.В. Давыдовым.

Традиционный мы называем способ, при котором формирование понятия начинается с первого способа обобщения и заканчивается вторым способом обобщения, т.е. процесс развития понятий идет по этапам: 1) движение от чувственно-конкретного к абстрактному (создание понятий) и 2) движение от абстрактного к конкретному (дальнейшее развитие и применения понятия).

Актуальность и ценность такой последовательности процесса обусловлена тем, что формирование понятия может начаться с создания проблемной ситуации (и мотивации), требующей от учеников активной мыслительной деятельности, что способствует созданию в коре больших полушарий оптимального очага возбуждения и образованию необходимых условных связей (ассоциаций).

Для того чтобы условная связь создалась, необходимо достаточное возбуждение в коре больших полушарий. Такое возбуждение имеет место тогда, когда образующиеся связи значимы для организма.

Последнее может быть объяснено на основе представлений об избирательности образующихся ассоциаций.

На мозг действует огромное количество раздражителей, однако лишь некоторые из них, имеющие жизненно важное значение для организма, отражаясь в мозгу, образуют прочные временные связи, направляющие совместно с уже образованными другими временными связями всю психическую деятельность животных и человека (Самарин Ю.А., 1962).

Для человека жизненно большое значение имеет общественная значимость связей.

Образование ассоциаций, согласно учению И.П. Павлова, зависит от следующих факторов:

а) создается ли у учащихся в процессе восприятия оптимальный очаг возбуждения;

б) насколько быстро образуется такой очаг;

в) насколько он будет стойким, то есть, насколько сильным будет процесс торможения в ближайших участках коры.

Создать такой очаг возбуждения у учащихся, это значит мобилизовать их внимание на восприятие учебного материала. Успешная мобилизация внимания учащихся (создание устойчивого очага возбуждения) может

иметь различную основу. Ю.А. Самарин в качестве такой основы выделяет: а) интерес к данному учебному предмету; б) эмоциональный рассказ учителя; в) требовательность учителя, заставляющая учащихся внимательно слушать учителя во избежание плохой отметки; г) самостоятельные усилия учащегося, работающего над собой и т.д. (Самарин Ю.А., 1962).

Мы полагаем, что решающую роль в этом играют первые два фактора – интерес учащегося к предмету и эмоциональный рассказ учителя. Особую роль в создании оптимального очага возбуждения и, следовательно, в установлении прочных связей, имеет *проблемная* постановка вопроса, создание *проблемной ситуации*, при которой ученик обнаруживает противоречие между наличием имеющегося у него запаса знаний и знаний, необходимых для решения поставленной перед ним проблемы. Последняя может быть поставлена в форме вопроса, требующего дать объяснение причины явления или его сущности, предсказать, в каком направлении будет развиваться явление при заданных условиях; она может быть поставлена и в форме технической задачи, требующих расчетов и логических рассуждений.

Концепция *проблемного обучения*, разработанная Л.В. Занковым, внесла важный вклад в разработку проблемы развития мышления учащихся. Опираясь на идею Л.С. Выготского о том, что правильно организованное обучение должно вести за собой развитие, он сформулировал и теоретически обосновал мысль, согласно которой обучение детей необходимо вести на основе принципа «высокого уровня трудности». Этот принцип, – пишет Л.В. Занков, – «характеризуется не тем, что повышает некую абстрактную «среднюю норму трудности», но прежде всего тем, что раскрывает духовные силы ребенка, дает им простор и направление. Если учебный материал и методы его изучения таковы, что перед школьниками не возникает препятствий, которые должны быть преодолены, то развитие детей идет вяло и слабо» [80].

Принцип проблемного обучения нашел свое развитие в ряде психолого-педагогических исследований. Так, А.М. Матюшкин определил два основных понятия, которыми пользуется психологическая теория проблемного обучения: понятие *задачи* и понятие *проблемной ситуации*. С помощью понятия задачи автор обозначает «такие интеллектуальные задания, в результате выполнения которых человек должен раскрыть некоторое искомое отношение, свойство, величину, действие» [73, с. 274].

Задача как таковая не предполагает включение в нее субъекта действия. В отличие от нее проблемная ситуация характеризуется как

«определенное психическое состояние субъекта (ученика), возникающее в процессе выполнения такого задания, которое требует открытия (усвоения) новых знаний о предмете, способе или условиях выполнения действия» [там же, с. 275]. Для субъекта решение проблемной ситуации означает определенный шаг в своем развитии, в получении нового, обобщенного знания на основе решения содержащейся в ней проблемы. Таким образом, создание и решение проблемных ситуаций является важным принципом развивающего обучения. Основной задачей в организации такого обучения является поиск соответствующих проблемных ситуаций, которые находились бы на достаточно высоком, но доступном для учащихся уровне трудности, порождали бы потребность и обеспечивали способность получения учащимися подлинно нового знания, которое по своему психологическому содержанию было бы равноценно открытию.

В таких ситуациях внимание ученика мобилизуется на поиски путей решения поставленной задачи и способов преодоления возникших противоречий. Введение нового понятия указывает ученику способ преодоления противоречия. Мысль его сосредотачивается на выявлении существенных признаков понятия, установления сходства и различия с другими, ранее усвоенными понятиями. В итоге, достигается решение нескольких дидактических задач: а) активизация мышления учащихся, осознание ими собственной деятельности; б) создание у ученика особого отношения к изучаемому объекту (понятию), стремления проникнуть в сущность объекта; в) включение нового понятия на первом же этапе его усвоения в систему других понятий (или точнее: установление связей и отношений между понятиями, приведение их в систему). На актуальность этих психологических моментов указывал еще в своих работах Л.С. Выготский. Учет их особенно важен в учебном процессе с детьми младшего и среднего школьного возраста.

Важное психологическое значение в рассмотренном процессе имеет осознание учащимися необходимости введения в систему нового («не достоящего») понятия. В том случае, когда формирование понятия начинается с его научного определения и следующей затем его конкретизации, мысль учащихся в достаточной мере *не активизируется*, поскольку они получают знания в готовом виде. Активная познавательная деятельность учащихся начинается только на следующем этапе – в процессе конкретизации понятия.

Однако сказанное не означает отказ от реализации второго пути формирования понятия. В старших классах, когда у учащихся уже достаточно развито абстрактное мышление и достаточно устойчиво внимание, это второй путь формирования понятий может стать *преобладающим*. Возможен этот путь и при формировании некоторых понятий у учащихся 6–9 классов, но не верно было бы его рассматривать как единственно приемлемый путь формирования понятий.

Таким образом, каким бы путем не осуществлялось формирование понятия, движение от абстрактного к конкретному, от всеобщего к частному – составляет важный, завершающий этап в развитии понятия. Вместе с тем, без конкретизации не может быть завершено формирование понятия, так как подлинное обобщение достигается только конкретизацией. «Общее существует лишь в отдельном, через отдельное» [93, с. 329].

1.5. СОПРЯЖЕНИЕ КАК СТОРОНА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И КАТЕГОРИЯ ПОЗНАНИЯ

В настоящее время, как никогда ранее, наука и материалистическая диалектика нуждаются в более тесном сотрудничестве. Это обусловлено все нарастающими темпами научно-технического прогресса, который предопределяет спрос на более эффективные методы научного мышления. Наука подошла к той области глубинных и во многом опосредованных знаний, которые нельзя понять без диалектики. В то же время сам диалектический метод поднялся на более высокую ступень и способен в своих законах и категориях не только философски осмыслить и выразить результаты научного знания, но и предопределить стратегию его развития. Не менее важна роль материалистической диалектики и в «отсеивании» спекулятивных «теорий» и «концепций», которые массово множатся в связи с мировоззренческим кризисом в обществе.

Воздействие на ход развития научного знания, отмечает П.В. Копнин, философия в современных условиях может оказать как мировоззрение, реализуемое в виде метода и теории познания [84, с. 80–81]. По мнению данного автора, в различных областях знания «все острее встает вопрос *об анализе понятий*, теорий и методов наук. Все чаще и чаще теперь задаются вопросы не только о том, что мы знаем о предмете, но и как мы узнали это, на основе какого метода, с помощью каких интеллектуальных и материальных средств пришли к знанию. Причем решение

этих проблем, как показывает опыт математики, приводит и к дальнейшему движению в самой специальной области знания и к разработке логико-гносеологических проблем научного знания вообще» [84, с. 84] (курсив наш. – С.П.). В настоящее время необходим фундаментальный философский синтез современного научного знания, результатом которого явилось бы развитие и обогащение всех законов и *категорий* материалистической диалектики, которые только тогда становятся эффективным методом научно-теоретического мышления, когда берутся в своей связи [там же, с. 87]. По мнению П.В. Копнина, современная марксистская философская мысль должна сосредоточить «свое внимание не на построении системы из уже существующих категорий диалектического материализма, распределяя их на основе какого-то принципа по рубрикам, а на систематическом анализе всех существующих категорий и **выдвижении новых на основе синтетического понимания особенностей и закономерностей современного научного познания**, его тенденций и устремлений в будущее» [там же] (курсив наш. – С.П.). Актуальность подобной стратегии в настоящее время очевидна, так как совершенствование категориального аппарата, выступающего методом научно-теоретического мышления, будет способствовать совершенствованию философского мировоззрения, которое, в свою очередь, предопределяет векторы развития во всех областях научного знания, и прежде всего, в естествознании. Именно эта область человеческих знаний в основном определяет темпы научно-технического развития любого государства и его статус на мировой арене.

Методологическая значимость фундаментальных естественно-научных понятий определяется их промежуточным положением между философскими категориями, которые они конкретизируют, и общими понятиями курсов физики, химии, биологии, географии и др. Как промежуточное звено между философией и наукой эти понятия *сопрягают* онтологию и гносеологию (объективное знание и познавательный прием), связывают теоретический уровень с эмпирическим, способствуя выработке экспериментальных схем и интерпретации полученных результатов.

Фундаментальные понятия занимают особое место в системе научных знаний. Они обладают большой степенью общности и формируются на всем протяжении изучения курсов физики, химии, биологии и географии как многоуровневые теоретические понятия. А.В. Петров отмечает, что фундаментальные понятия, которые закладываются физикой, это центральные теоретические понятия, являющиеся непосредственной

проекцией философских категорий, определяющих в самом широком плане содержание *научной картины мира* как с количественной, так и с качественной стороны [129].

Стратегия формирования фундаментальных естественно-научных понятий и естественно-научного мышления во многом определяется пониманием принципов организации, функционирования и развития материи в целом. Известный философ Л.Ф. Ильичев отмечает, что «... представления о принципах структурной организации материи образуют основу научных воззрений, и поэтому сила и значение новых идей в науке, прежде всего, оценивается в методологическом плане тем, как они связаны и как они содействуют развитию и совершенствованию этой основы» [109, с 438]. Доказательством этому является сама история науки, которая свидетельствует о том, «что важнейшие ее достижения в конечном счете оценивались в зависимости от их вклада в развитие учения о материи» [там же]. Именно в таком плане оценивалось, прежде всего, революционизирующее влияние на мировоззрение людей открытий Коперника и Галилея, работ Ньютона, открытия закона сохранения и превращения энергии, создания теории относительности и квантовой механики, становления эволюционного учения Дарвина, генетики, молекулярной биологии и т.д. Философское осмысление и понимание всех этих достижений науки явилось основой для совершенствования, изменения наших исходных представлений о структурной организации материи, благодаря чему раскрывались новые широкие перспективы, новый подход и взгляд на ведущие проблемы науки и их роль в структуре познания [там же].

Философское определение понятия «материя» строится на основе системы атрибутов (неотъемлемых, существенных свойств объекта), раскрывающих ее сущность. Такими атрибутами материи выступают, прежде всего, *движение, взаимодействие и отражение*. Материя и ее атрибуты являются философскими абстракциями, формирующими совокупность наших представлений о реальном мире.

Даже краткий анализ содержания атрибутов материи позволяет констатировать, что они диалектически связаны и взаимообусловлены: отражение зависит от взаимодействия, которое является следствием и основным проявлением движения, а одновременно и условием движения и взаимодействия, т.е. выступает в качестве источника дальнейшего развития объекта. Материя не может *ни существовать* без своих атрибутов, *ни мыслиться*. Поэтому *движение, взаимодействие и отражение* как атрибуты

материи играют ключевую роль для понимания сущности конкретных форм движения материи и их генетической связи. Как *философские категории* (наиболее общие понятия) они являются основой для формирования и развития фундаментальных естественно-научных понятий, естественно-научного мышления и научного мировоззрения.

Анализ генетических связей между различными формами движения материи позволил Ф. Энгельсу обнаружить, что с вещественной стороны каждая более сложная форма не включает в себе ничего, кроме находящихся во *взаимодействии* материальных носителей ближайшей к ней более низкой и простой формы движения, из которой она возникает. Она лишь отличается *внутренним взаимодействием* носителей предыдущей формы, которые обеспечили *новое качество* последующей и, следовательно, вывели ее на более высокую ступень развития [209].

Все свойства тел производны от взаимодействий, являются результатом их внутренних структурных связей и внешних взаимодействий между собой, поэтому понятие «взаимодействие» находится в глубокой связи с понятием «структура». Под структурой понимают совокупность устойчивых связей объекта, обеспечивающих его целостность и тождественность самому себе, то есть сохранение основных свойств при различных внешних и внутренних изменениях [154, с. 1276].

«Взаимодействие – это процесс взаимного влияния тел друг на друга путем переноса материи и движения, универсальная форма изменения состояний тел. Взаимодействие определяет существование и структурную организацию всякой материальной системы, ее свойства, ее объединение, наряду с другими телами, в систему большего порядка. Без способности к взаимодействию материя не могла бы существовать» [235, с. 65]. В этой связи Ф. Энгельс определял взаимодействие как конечную причину всего *существующего*, за которой нет других, более фундаментальных определяющих свойств. Эту глубокую мысль он выразил краткой фразой: «Мы не можем пойти дальше познания этого взаимодействия именно потому, что позади его нечего больше познавать» [209, с. 199].

Таким образом, взаимодействие выступает как *интегрирующий фактор*, посредством которого происходит соединение различных материальных элементов в системы, системную организацию материи, что обуславливает ее *целостность*. В силу универсальности взаимодействия осуществляется функциональная взаимосвязь всех структурных уровней бытия, материальное единство мира. Именно взаимодействие определяет

отношение причины и следствия между объектами, т.е. устанавливает генетические связи в системе, предопределяя развитие объектов. При развитии происходит *изменение* состояния объекта, обусловленное **возникновением**, трансформацией или **исчезновением** его *элементов и связей в результате взаимодействия*.

Категория «взаимодействие» является существенным методологическим *принципом познания* природных и общественных явлений. Любой объект может быть понят и определен лишь в системе отношений и взаимодействий с другими окружающими явлениями, их частями, сторонами и свойствами. Познание вещей означает познание их взаимодействия и само является результатом взаимодействия между субъектом и объектом. «Исследование особенностей этого взаимодействия, **природы взаимодействующих систем**, и субъекта прежде всего, является ключом к пониманию **сущности мышления**» [84, с. 160] (курсив наш. – С.П.).

«В категориях диалектики тесно *связаны объективное знание* о соответствующей форме связи явлений (причинность, закон и другие) и форма мысли – *познавательный прием*, посредством которого постигается, осмысливается такая связь. И чем совершеннее понятийные средства, способы осознания определенных связей, тем успешнее может, в принципе, осуществляться их реальное открытие, истолкование. Одно предполагает другое. Философы говорят в связи с этим о единстве онтологического и гносеологического смысла категорий» [194, с. 109].

Продуманный и осознанный категориальный аппарат придает диалектическому мышлению как явлению **культуры** огромную силу, делает возможным познание, освоение, сознательное применение диалектики при решении разнообразных теоретических и практических задач. Подтверждением этому может служить высказывание академика РАН В.С. Степина на круглом столе, посвященном проблеме о месте философии в современной культуре. Он сказал: «Я рассматриваю основания культуры как систему мировоззренческих универсалий или *категорий* культуры. Это те жизненные смыслы, которые заключены в понимании человека, его деятельности, природы, пространства и времени, причинности, справедливости, свободы, истины, добра и зла и т.д. Они выступают *своеобразным системообразующим фактором культуры*. Универсалии выполняют три основные функции в культуре и социальной жизни. Во-первых, они обеспечивают селекцию, отбор и *включение в поток культурной трансляции постоянно развивающегося социального опыта*. Во-вторых, эти же *мировоззренческие универсалии усваиваются людьми в процессе обучения*

и воспитания и становятся **категориальной** структурой их сознания. И в-третьих, они же в своем сцеплении и взаимодействии (сопряжении, прим. авторов) задают некоторый целостный образ человеческого жизненного мира, который называется мировоззрением.

Мировоззренческие универсалии определяют не только осмысление человеком мира, его рациональное постижение, но и переживание человеком мира, эмоциональные оценки различных аспектов, состояний и ситуаций человеческой жизни. Смыслы универсалий в этом аспекте предстают как *базисные ценности культуры*» [192, с. 8] (курсив наш. – С.П.)

«Понятия позволяют сконструировать соответствующие *теоретические идеальные объекты*, с которыми философы оперируют аналогично тому, как математик оперирует с геометрическими фигурами, числами, функциями и др. математическими объектами ... неклассическая философия вовсе не отказывается *от системного мышления, от установления связей между категориями*» [192, с. 9, 11] (курсив наш. – С.П.).

Взаимодействие, как уже было отмечено выше, не является однозначным процессом. В одних случаях воздействия между объектами приводят к их *деградации, разрушению, снижению уровня организации*, в других – к *объединению, созданию более сложной системы, у которой возникает новое качество*. Второй тип взаимодействия, по-видимому, можно охарактеризовать как **сопряжение** и *рассматривать его как одну из сторон этого явления*.

Нахождение более широкого понятия представляет собой только начало определения понятия. Вторым этапом является указание видового отличия определяемого понятия. В процессе образования понятий происходит движение понятий в двух направлениях: 1) от отдельных восприятий и представлений – к простейшим общим понятиям и от них, посредством дальнейшей абстракции, – к более высоким, более *общим понятиям*; 2) от общих и абстрактных понятий – к многообразию действительности, к *конкретизации понятий* [189].

Возникнув в науке на определенном этапе ее развития, понятие не остается неизменным. В результате открытия новых *существенных свойств и признаков предметов и явлений происходит обогащение содержания понятий*, увеличивается их объем, полнее раскрываются связи и отношения между ними. Имея в виду эту особенность развития понятия, В.И. Ленин отмечал, что они «человеческие понятия не неподвижны, а вечно движутся, переходят друг в друга, переливаются одно в другое,

без этого они не отражают живой жизни. Анализ понятий, изучение их, «искусство оперировать с ними» (Энгельс) требует всегда изучения *движения* понятий, их связи, их взаимопереходов» [93, с. 226–227].

Процесс образования понятий, как и всего познания, носит диалектически противоречивый характер. Противоречивый характер процесса образования понятий, как указывает Г.А. Курсанов, «раскрывается в единстве аналитической и синтетической его сторон, в единстве логических операций отвлечения и обобщения, активно совершаемых разумом познающего субъекта» [90, с. 205].

Понятие есть обобщенный умственный образ, единство противоположных моментов, единство общего и единичного, конкретного и абстрактного «...уже самое простое обобщение, первое и простейшее образование понятий (суждений, заключений etc), – отмечает В.И. Ленин, – означает познание человека все более и более глубокой объективной связи мира» [93, с. 161]. Оно является некоторым *итогом*, результатом развития соответствующей области науки. «Понять, – писал Ленин, – значит выразить в форме понятий» [там же, с. 231].

Теоретико-методологической основой обоснования «сопряжения» как философской категории явились следующие положения:

– «категории материалистической диалектики выработаны в процессе исторического развития философского знания, поэтому опыт истории философии имеет первостепенное значение для их понимания и дальнейшего обогащения» [84, с. 49];

– «сама философия уже не может служить поставщиком готовых *естественно-научных идей*. Последние рождаются в тяжелых муках самими науками» [там же, с. 82];

– источниками возникновения и развития понятий в науке являются противоречия между установленными новыми научными фактами и имеющимся понятийным аппаратом, недостаточностью имеющихся знаний для объяснения вновь открытых явлений и свойств тел [186, с. 76];

– «категории надо *вывести* (а не произвольно или механически взять) (не «рассказывая», не «уверяя», а *доказывая*)...» [93, с. 86];

– «новые идеи и построения в науке возникают в результате теоретического синтеза, который в качестве своего момента содержит категории философского мировоззрения, выступающие методом научно-теоретического мышления» [84, с. 82]; поэтому философия продолжает оставаться источником новых научных идей, а материалистическая диалектика является «единственным, в высшей инстанции,

методом мышления, соответствующим теперешней стадии развития естествознания» [107, с. 528];

– «категории материалистической диалектики не дедуцируются друг из друга, ни из каких-то других более общих понятий и предложений научного знания» [84, с. 52];

– «понятия выступают не только как результат познания человеком объективной реальности, но и как средство, аппарат мышления, на основе которого происходит освоение им новых объектов, их свойств и закономерностей» [84, с. 148];

– «образование (абстрактных) понятий и операции с ними уже включают в себе представление, убеждение, сознание закономерности объективной связи мира» [93, с. 160];

– «понятия отражают обобщенное содержание, относящееся не только к одному предмету, но и ко многим предметам, к целому классу предметов» [186, с. 7];

– «категории материалистической диалектики *тесно связаны с понятиями других наук, являются их обобщением*» [84, с. 52].

Разработкой стратегии формирования научных понятий с древнейших времен занимались философы. Они понимали, что точное определение понятия, а, следовательно, знание правил определения понятий имеет огромное значение во всех областях науки и практики. Первые попытки такого рода были предприняты древнегреческим философ-материалистом Демокритом (460–370 г. до н.э.) в его трактате «О логике», древнегреческим философом-идеалистом Сократом (469–399 г. до н.э.), опиравшимся на индукцию. Правильность определений он устанавливал на основе анализа отдельных случаев.

Платон (428–347 г. до н.э.), развивая сократовскую индукцию, приходит к мысли, что понятие есть существенное в вещах, общее, показывающее принадлежность к общему роду. *Он считал, что определение должно указывать на принадлежность к общему (роду) и на специфическое различие, которое отличает данную вещь от всех других вещей рода.*

В последующем проблемой определения понятий занимались Аристотель (384–322 г. до н.э.), Т. Гоббс (1588–1679) и другие философы.

Большое внимание определению понятий уделяли в своих работах основоположники материалистической диалектики. Так, Ф. Энгельс в своем знаменитом труде «Диалектика природы» отмечал: «Единичность, особенность, всеобщность – вот те три определения, в которых движется все

«Учение о понятии». При этом восхождение от единичного к особенному и от особенного к всеобщему совершается не одним, а многими способами...» [209, с. 194].

В свою очередь В.И. Ленин писал: «Что значит дать «определение»? Это значит, прежде всего, подвести данное понятие под другое, более широкое» [92, с. 149].

Значительный вклад в решение данной проблемы внесли такие ученые, как А.С. Арсеньев, В.С. Библер, Б.М. Кедров. Они отмечали, что «определить понятие отнюдь не означает перечислить признаки предмета (эта операция совершается лишь с мертвым понятием, вынутым из теоретического контекста). *Определить понятие означает развить его, включить в узловую линию понятийных превращений. Это означает, далее, определить его через «место» в системе понятий, в теоретической структуре*» [5, с. 53].

Общая стратегия формирования понятий, разработанная философами, перенесена в образовательную область и конкретизирована на психологическом и дидактическом уровне Д.Н. Богоявленским [17], Н.М. Верзилиным [25], Е.К. Войшвилло [32], Л.С. Выготским [37–39], П.Я. Гальпериным [50], В.В. Давыдовым [63], Е.Н. Кабановой-Меллер [77], Н.А. Менчинской [113], А.В. Усовой [182; 189] и др.

Особого внимания в последние годы заслуживают работы А.В. Усовой. На основе многолетних исследований автора и анализа результатов, ранее выполненных исследований психологов и дидактов определены условия успешного формирования научных понятий у учащихся. Проецируя диалектический подход на методику формирования понятий, академик РАО А.В. Усова отмечает: «*Определить понятие – значит подвести данное видовое понятие под ближайшее родовое понятие и указать его видовые отличия*» [186, с. 38].

Опираясь на теоретико-методологические основы общей стратегии формирования понятий, разработанной видными философами, психологами и педагогами, можно констатировать, что в нашем теоретическом исследовании понятие «сопряжение» подведено под более общее фундаментальное понятие (категорию) «взаимодействие» и поэтому, с этой точки зрения, может иметь право на самостоятельное существование и использование в качестве всеобщего понятия.

В словаре русского языка С.И. Ожегова понятие «сопряженный» трактуется как «взаимно связанный, непременно сопровождаемый чем-

нибудь» [123, с. 650]. В такой интерпретации данное понятие весьма успешно используется в курсах физики, химии и биологии. Так, например, в курсе физики, в разделе «Оптика» вводится понятие «*сопряженные точки*». Это «две точки, которые по отношению к оптической системе являются объектом и его изображением. Вследствие обратимости световых лучей объект и изображение могут взаимно меняться местами. Понятие «сопряженные точки» строго применимо только к *идеальным* оптическим системам» [154, с. 1239].

В курсе химии существует понятие «*сопряженные реакции*». Это «химические реакции, которые протекают только при наличии хотя бы одного общего реагента, причем одна из реакций возбуждает или ускоряет другую» [там же].

Используя метод молекулярных орбиталей для изучения распределения электронной плотности и роли π -электронов у важнейших биологически активных веществ, Б. Пюльман и А. Пюльман пришли к заключению, что почти все высокомолекулярные соединения содержат *сопряженные системы π -электронов*. Они представляют собой длинную цепь (кольцо) с многократно чередующимися σ - и π -связями. В результате эффекта сопряжения образуется общее электронное облако, которое охватывает одновременно большое число атомов, и молекула или часть ее действуют в ряде реакций (окисления, гидролиза) как одно целое. К таким веществам относятся NAD, FAD (коферменты оксидоредуктаз), гемм и его производные, пуриновые и пиримидиновые основания, входящие в состав нуклеотидов DNK, RNK, ATP и др. [148]. Эти важнейшие биологические соединения играют ключевую роль в превращении *вещества, энергии и информации* во всех типах клеток, существующих на Земле.

Природа, таким образом, широко использует *сопряжение* как принцип организации и эволюции вещества. Действие этого принципа имеет место во всех природных формах движения материи: физической, химической и биологической. Особенно важен этот принцип при возникновении новой формы движения материи, у которой возникает абсолютно *новое качество*. Именно эта характеристика «сопряжения» является отличительной чертой по отношению к родовому понятию «взаимодействие», которое отражает процесс взаимного влияния тел друг на друга путем переноса материи и движения, универсальную форму *изменения* состояний тел.

Понятие «сопряжение» используется не только в естественных науках, но и социальных. Особого внимания заслуживает тот факт, что

данное понятие используют корифеи современной отечественной философии для того, чтобы подчеркнуть *качественную* особенность анализируемого предмета или явления. Так, обсуждая вопрос о роли философии в современной культуре, В.А. Лекторский отмечает: «Философия всегда была и всегда останется выражением одного из высших проявлений мышления. Поэтому она не может не быть системной. Она не может быть собранием фрагментов – иначе это не философия. При всей своей современной специализированности она всегда останется также способом *интеграции* разных форм культуры, способом коммуникации между далеко разошедшимися видами культуротворчества. Многие крупные и влиятельные современные философы, такие, например, как Б. Рассел, Л. Витгенштейн, К. Поппер, Ю. Хабермас, М. Фуко, Р. Рорти, Х. Патнэм и другие, *сопрягали и сопрягают анализ познания, моральной философии, политики*» [192, с. 6] (курсив наш. – С.П.). Понятие «сопряжение» В.А. Лекторский использует и во время дискуссии о свободе философии: «...в отношении свободы философ может и должен занять критическую позицию, различая, в частности, свободу и произвол, мнимую и подлинную свободу, *сопрягая* свободу с необходимостью, с познанием, с нравственными требованиями, с зависимостью, вписывая понимание свободы в систему других философских понятий и проектируя идеал свободы. Но в этом случае придется понимание свободы *сопрягать* также с пониманием предельных оснований познания» [192, с. 38] (курсив наш. – С.П.).

В таком же смысле понятие «сопряжение» употребляет В.В. Миронов при обсуждении вопроса о профессиональной подготовке преподавателя философии. «Как известно, можно окончить 10 философских факультетов и не стать философом, и наоборот. Я всегда иронизирую над нашими студентами. Вот запись в дипломе – философ, преподаватель философии. Я говорю, что вторую часть мы еще можем гарантировать, тогда как в качестве философа себя можно осознать лишь самому. Преподаватель философии – это некоторая *профессия, сопряженная с известными знаниями философских систем*. Философ – это призвание» [там же, с. 23] (курсив наш. – С.П.).

Подтверждением всеобщей значимости принципа сопряжения как организующего начала на самом высоком уровне является сама история «рождения» материалистической диалектики. И диалектика, и материализм сами по себе являлись методологиями познания, однако их логическое *сопряжение в единую методологическую систему* позволило создать *универсальный метод познания природы, общества и мышления*.

Вышесказанное дает основание для *предположения*, что понятие «сопряжение» может использоваться не только при характеристике конкретных физических, химических, биологических и социальных явлений (в узком смысле), но и как *категория, отражающая общий принцип организации материального мира*.

Фундаментальное положение Ф. Энгельса о том, что «...законы мышления и законы природы необходимо согласуются между собой...» [209, с. 193], позволяет спроецировать «сопряжение» как фундаментальный принцип организации и развития материи в образовательную область и рассматривать его как *категорию* и важнейшую методологию формирования и развития естественно-научных понятий.

Осмысление и понимание сущности *сопряжения* как важнейшей стороны *взаимодействия* дает основание для предположения, что данная категория *может быть* обоснована как важнейший *дидактический принцип обучения и воспитания*. Дидактические принципы, как правило, являются проекцией общих законов природы и тех философских категорий, через которые они выражаются. Например, такие дидактические принципы, как преемственность, системность, принцип развивающего обучения и др., выведены из философских законов и категорий, которые выражают универсальные формы человеческого мышления.

В процессе обучения необходимо *сопрягать* чувственные и интеллектуальные эмоции, чувственное и рациональное познание, эмпирическое и теоретическое, абстрактное и конкретное, содержание и форму, сущность и явление и т.д. Только в этом случае можно говорить о формировании *диалектического стиля мышления и научного мировоззрения* у учащихся и студентов в процессе изучения предметов естественно-научного и социального циклов.

Таким образом, в нашем теоретическом исследовании показано, что понятие «сопряжение» является отражением такого вида взаимодействия между объектами и явлениями, которое обуславливает появление *нового качества* и которое присуще всем *формам движения материи*. Отсюда следует, что данное понятие может претендовать на статус *категории*, отражающей один из фундаментальных принципов организации и эволюции материального мира. Категория «сопряжение» может служить эффективным методологическим средством познания, способствующим формированию научного мировоззрения.

1.6. СОПРЯЖЕНИЕ КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМНО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА

Знание как система носит многоуровневый характер, что отображает *системный принцип организации материи в целом, иерархию методов ее познания и их результаты*, которые в сознании человека отражены опосредованно в виде восприятий, понятий, суждений и теорий. Основной «клеточкой» знаний являются понятия, универсальной формой которых являются *категории диалектики*, выражающие общие принципы организации, функционирования и эволюции природы, общества и мышления.

Усвоение сущности категорий диалектики, их взаимосвязей, а, следовательно, и сущности общих законов природы создает методологический фундамент для формирования теоретического естественно-научного мышления. Это возможно потому, что общими законами мышления, согласно Ф. Энгельсу, являются общие законы природы: «... законы мышления и законы природы необходимо согласуются между собой, если только они надлежащим образом познаны» [209, с. 193]. Анализируя этот тезис, П.В. Копнин отмечает: «мысль движется по законам предмета, иначе на основе человеческих идей нельзя было бы создать в практике вещей, объектов. После того, как законы и формы развития познаны, они превращаются в сознательно используемые принципы и приемы теоретического мышления, а потому диалектика как теория развития явлений объективного мира становится *логикой*, наукой о постигающем этот мир мышлении, его законах и формах» [84, с. 45] (курсив наш. – С.П.). Материалистическая диалектика, таким образом, является логикой не потому, что она изучает мышление, а потому, что, вскрывая законы движения материи, она становится и методом (логикой) движения мышления при выявлении объективной природы предмета. Именно это имел в виду Гегель, когда писал: «Логика есть учение не о внешних формах мышления, а о законах развития „всех материальных, природных и духовных вещей“» [55, с. 206].

Развитие диалектической логики означает дальнейшую разработку категорий материалистической диалектики, обогащение их содержания, *выдвижение новых понятий, выступающих в роли категорий диалектики*, установление связи между ними, построение системы, позволяющей в наиболее полном виде выражать их содержание и двигать научное знание вперед. Законы и категории материалистической диалектики служат основной *синтеза знания*, направляют мышление на поиск решения новых

проблем в науке. В свою очередь, диалектический метод мышления возникает на базе *обобщения результатов познания предмета*, его закономерностей, знание которых используется как орудие его дальнейшего познания. Эти обобщенные результаты фиксируются в категориях и законах материалистической диалектики, которые являются универсальными формами познания бытия. Одним из таких результатов обобщения науки, полученных нами, является естественно-научная категория сопряжения [16; 103].

Осмысление и понимание сущности *сопряжения* как важнейшей внутренней стороны *взаимодействия* дает основание для предположения, что данная категория может быть обоснована и как важнейший *дидактический принцип обучения и воспитания*. Дидактические принципы, как правило, являются проекцией общих законов природы и тех философских категорий, через которые они выражаются. Например, такие дидактические *принципы*, как преемственность, системность, принцип развивающего обучения и др., выведены из философских законов и категорий, которые вскрывают наиболее общие тенденции развития явлений объективного мира, и одновременно являются правилами и формами человеческого познания, мышления.

Принцип как *категория педагогического знания есть* научное положение, которое, с одной стороны, *отражает познанную и обоснованную закономерность*, а с другой – *предписывает*, как правильно строить процесс обучения и воспитания в соответствии с познанной закономерностью [128, с. 217]. Первое положение данного определения, касающееся сопряжения как научного принципа, отражающего *организацию, функционирование и эволюцию различных форм движения материи*, как уже было отмечено выше, нами уже обосновано. Остается решить вторую важнейшую задачу, то есть показать, как, руководствуясь данной закономерностью, необходимо выстроить весь процесс обучения и воспитания при изучении студентами биологических дисциплин в вузе. И тем самым доказать, что категория сопряжения может выполнять функцию современного и эффективного *дидактического принципа* обучения и воспитания. Кроме того, теоретические выкладки должны быть проверены на практике.

Методологическую основу *сопряжения* как современного дидактического принципа обучения составляет положение материалистической диалектики о всеобщей связи всех процессов и явлений в природе и обществе, о материальном единстве мира. Это положение воплощается

в диалектическом методе познания, требующем рассматривать все процессы и явления в их *развитии, во взаимосвязи, в единстве и борьбе противоположностей*. Диалектический метод конкретизируется в системном (системно-синергетическом) подходе, предполагающем изучение объектов как *систем*, имеющих свою структуру, иерархию, связь элементов и свои особенные свойства и функции. Применение диалектического метода и системного подхода к изучению живой природы позволили Ч. Дарвину создать эволюционное учение, которое является мета-теорией всей биологической науки и методологией ее развития. Таким образом, иерархия методов познания отображает *системный принцип организации материи*, поэтому при изучении природного объекта определенного уровня организации необходимо подобрать и соответствующий метод познания.

Сущность диалектического метода и системного подхода раскрывается через категории, одной из которых является *сопряжение*. Сопряжение как принцип организации материи необходимо рассматривать как *дополнение к системному подходу*, который является мощным общенаучным методом исследования, однако не дает всеобъемлющего представления об объекте и, неизбежно, как всякая *абстракция*, обедняет исследуемую реальность.

Изучение системности как самостоятельного предмета связано с именем А.А. Богданова, который опубликовал с 1911 по 1925 гг. свои изыскания в трех томах под названием «Всеобщая организационная наука (тектология)». Ему принадлежит идея о том, что все существующие объекты и процессы имеют определенную степень, *уровень организованности*. Все явления он рассматривал как непрерывные процессы *организации и дезорганизации*. А.А. Богданов выявил важнейшую закономерность взаимосвязи между уровнем организации системы и ее свойствами. *Уровень организации системы тем выше, чем сильнее свойства целого отличаются от простой суммы свойств его частей*. Особенностью тектологии А.А. Богданова является то, что основное внимание уделяется *закономерностям развития организации* [16]. По мнению И.В. Прангишвили, организация является важнейшим признаком развивающихся систем [145].

Общие принципы организации и эволюции материи имеют исключительное значение в понимании сущности организации живых систем. Одним из них является *принцип сопряжения*. Сопряжение как *внутренняя сторона взаимодействия* сыграло и играет важнейшую роль в эволюции

материи, в том числе и в возникновении и эволюции биологической формы движения материи, которая возникла на основе физической и химической форм движения. Доказательством этого положения является высказывание видных ученых, которые подчеркивают, что «в процессе химической эволюции при наличии всех необходимых для нее условий происходит усиление роли сопряженности. Последовательные сопряженные процессы выступают как существенная сторона **организации** динамических неравновесных систем» 193, с. 165] (курсив наш. – С.П.). Остается только добавить, что к таким динамическим неравновесным системам относятся все живые системы разных уровней организации: начиная с клетки и заканчивая биосферой. Таким образом, повышение уровня организации систем в процессе эволюции материи обусловлено *увеличением сопряженности между ее элементами*.

В отличие от *системного подхода*, который декларирует необходимость изучения *связи* между элементами любой системы, *принцип сопряжения* предписывает выявление *механизма взаимосвязи* между компонентами изучаемых систем, то есть выявление той *области сопряжения* между элементами системы, которая является *общей* для них и обеспечивает *целостность* этой системы, а, следовательно, и ее *качественную* особенность. Сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия является одним из механизмов, с помощью которого происходит *взаимосвязь* между элементами системы и с помощью которого можно управлять данной системой.

Принцип сопряжения конкретизирует одновременно два методологических подхода – *системный* и *деятельностный*. Первая часть этого принципа предписывает нахождение элементов у зарождающейся системы, вторая, деятельностная сторона, – выявляет сопряженную (общую) область между структурными элементами, механизм взаимодействия между ними, который обуславливает возникновение нового качества у вновь возникшей системы.

Если принцип *сопряжения* обеспечивает *непрерывность* природных объектов и явлений, то в образовательной области он должен обеспечить непрерывность (*сопряжение*) всех понятий, приведение их в единую систему, которую, по-видимому, можно обозначить как *сопряженное понятийное поле*. Отдельные понятия отражают не только сущность объектов и явлений, но и их взаимодействие (*сопряжение*) с другими объектами. «Каждое понятие находится в известном отношении, в известной связи

со всеми со всеми остальными» [93, с. 179]. Отсюда следует, что принцип *сопряжения* как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – *методологическом и общедидактическом*.

Методологический аспект сопряжения проявляется, во-первых, в том, что оно является одной из внутренних сторон важнейшего атрибута материи – *взаимодействия*, а, во-вторых, отражает сущность организации, функционирования и эволюции любой природной и социальной системы. Методологическая функция данного принципа просматривается и через призму основного закона развития природы – *единства и борьбы противоположностей*, который является не только законом развития объективного мира, но и законом познания. Этот закон служит ядром диалектики и объясняет *внутренний источник всякого развития*. «Диалектическое мышление не рассекает целое, абстрактно разделяя крайности, а, напротив, осваивает целое как органическое, как систему, в которой противоположности взаимодействуют (*сопряжены* прим. автора), обуславливая весь процесс ее развития» [194, с. 141].

По выражению В.И. Ленина: «Диалектика есть изучение противоречия в самой *сущности предметов...*» [93, с. 227]. Основными ступенями противоречия являются *тождество, различие, противоположность*. Категория тождества обозначена как приоритетная не случайно. Противоречие разрешается только в том случае, когда в противоположностях находятся тождественные (одинаковые) предметы и явления, которые, взаимодействуя между собой, образуют *сопряженные* (общие) области. Эти области сопряжения обеспечивает взаимосвязь между противоположностями, и на этой основе возникает система с новым качеством.

Являясь главным компонентом развития, сопряжение и проявляется как развитие, выступает внутренним механизмом, обуславливающим *интегральность, целостность, направленность процессов развития любой системы и по существу регулирует развитие учебного познания*. Огромная важность принципа сопряжения в познании материального мира инициировала наше исследование методологической значимости категории сопряжения в образовательной области и ее статуса в учебно-воспитательном процессе студентов вуза.

Принцип сопряжения способствует снятию существующего в предметной системе обучения *противоречия между разрозненным по предметам усвоением знаний студентов и необходимостью их синтеза, комплексным применением интегрированных (метапредметных) знаний*

не только учителями в педагогической практике, но и любыми специалистами в их профессиональной деятельности. Вооружение выпускников вузов знаниями и умениями такого рода есть актуальная социальная задача, обусловленная тенденциями интеграции в науке и практике и востребованностью творческого подхода к решению проблем в условиях научно-технического прогресса. Такая стратегия образования четко прослеживается в государственных стандартах.

По мнению Н.С. Пурышевой, общая стратегия реализации школьных и вузовских стандартов предусматривает последовательную методологизацию изучаемых предметов, т.е. «превращение *общекультурных (метапредметных) универсальных знаний и умений*, связанных с освоением общекультурных способов организации и осуществления своей учебной и иной деятельности, в центральное и ведущее звено всего образовательного процесса» [147, с. 11]. К таким универсальным (метапредметным) знаниям в полной мере можно отнести естественно-научную категорию сопряжения, которая, являясь одной из важнейших внутренних сторон взаимодействия, подчёркивает философскую фундаментальность предмета, превосходящую научно-экспериментальный уровень его освоения.

Как уже было отмечено выше, категория «сопряжение» не только отражает один из механизмов организации и эволюции материи, но и является тем методологическим (дидактическим) принципом, который после усвоения его содержания становится эффективным средством познавательной деятельности учащихся, студентов и преподавателей при изучении конкретных объектов неживой и живой природы. Такой вывод согласуется с мнением А.В. Хуторского, который подчеркивает, что наиболее общие фундаментальные понятия и категории также являются фундаментальными образовательными объектами, поскольку, благодаря глубинному смыслу, принадлежат как реальному, так и идеальному миру [202].

Сопряжение как принцип обучения способствует реализации других педагогических принципов и прежде всего принципа межпредметных связей. Взаимосвязь этих принципов можно рассматривать как диалектическую пару, в которой один принцип (межпредметных связей) является *формой*, второй же принцип (сопряжения) является *содержанием*. Доказательством этого служит как этимология данных терминов, так и существующие разночтения авторов о дидактическом статусе межпредметных связей. Одни авторы рассматривают межпредметные связи как дидактическое *условие* дальнейшего повышения качества знаний учащихся [184],

другие – как современный принцип обучения [106]. По мнению В.Н. Максимова, межпредметные связи как принцип обучения *способствует* реализации всех функций обучения: образовательной, развивающей и воспитывающей [там же] (курсив наш. – С.П.). Из этого тезиса следует, что сам принцип является формальным (он лишь *способствует*), а не содержательным, который бы указывал на механизм организации и функционирования системы. Формальность принципа межпредметных связей подтверждается и многолетней педагогической практикой, которая свидетельствует, что интерес педагогической науки и практики к принципу межпредметных связей значительно снизился.

Сопряжение как всеобщая категория выявлена нами путем анализа и нахождения общих признаков (свойств, отношений, тенденций развития и т.п.) у различных форм движения материи. После чего данное понятие может выполнять свою *дидактическую функцию* в сфере образования – выявление взаимосвязи (*областей сопряжения*) между понятиями, законами и теориями, что приведет к новому уровню *обобщения* знаний и, следовательно, к новому уровню теоретического мышления у школьников и студентов.

Понятие МПС является лишь формой, которая указывает на необходимость взаимодействия между разными предметами. В то время как понятие «сопряжение» отражает содержательную сторону этого взаимодействия. Принцип сопряжения как метод познания указывает стратегию, которая *выявляет те содержательные области понятий, законов, теорий, являющиеся общими как для биологических курсов, так и для естественно-научных дисциплин в целом*. Основной причиной нереализации принципа МПС является то, что преподаватели зачастую не *могут выявить точки сопряжения между понятиями*. Они в лучшем случае пытаются формировать отдельные понятия, забывая зачастую о том, что эти отдельные понятия есть результат сопряжения более частных понятий.

Перенос принципа сопряжения из науки в образовательную область биологии особенно актуален. Это обусловлено спецификой биологической формы движения материи, которая в скрытом виде содержит физическую и химическую формы движения. Отсюда вытекают два принципиальных положения, служащих методологической основой изучения курса биологии. Первое положение определяет стратегию изучения биологической формы движения материи, принципы организации и развития (эволюции) которой отражены в законах и категориях материалистической диалектики.

Второе положение направлено на решение тактических задач, связанных с изучением конкретных явлений и процессов жизнедеятельности организмов, в основе которых лежат физико-химические явления. Отсюда следует, что понимание сущности живого возможно лишь на основе взаимосвязи (сопряжения) философских, естественно-научных и биологических понятий, законов и теорий.

Сопряжение как самостоятельный дидактический принцип должен определять стратегию всех компонентов процесса обучения: цели, задач, содержания, форм, методов, средств и результатов. Реализация этой стратегии позволит сконструировать дидактическую систему, в которой переосмысливаются все этапы деятельности преподавателя и студента. Отражая взаимосвязь объектов и явлений природы, принцип сопряжения может составить ядро естественно-научной картины мира, которая, в свою очередь, послужит базой для формирования у студентов научного мировоззрения и экологического сознания. Овладение студентами сопряжением как естественно-научной категорией будет способствовать развитию у будущих педагогов диалектического, творческого мышления, которое в настоящее время все больше осознается как общечеловеческая ценность.

1.7. СОПРЯЖЕНИЕ КАК ОДИН ИЗ ПРИНЦИПОВ ИНТЕГРАЦИИ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Усиление взаимосвязи наук – важнейшая тенденция их современного развития, которая выражает и новые возможности науки, и новые запросы практики, и новые потребности всего общества. Быстрые темпы развития современного общества порождают сложные и масштабные проблемы, решение которых возможно только на основе более тесной *интеграции* между общественными, естественными и техническими науками. Только синтетический взгляд, интегрирующий естествознание и обществознание, позволяет правильно увидеть современную общность, единство природы и общества, специфику того и другого, определить вектор их дальнейшего поступательного развития.

Эта стратегия развития науки в современных условиях находит отражение и в сфере образования, однако зачастую здесь предпринимаются попытки использовать для разработки образовательных концепций лишь отдельные принципы интеграции, что приводит к искажению сущности самой теоретической идеи и негативным последствиям в практическом обучении учащихся и студентов. В частности, это выражается в резком со-

кращении часов для изучения фундаментальных дисциплин и тенденции к сворачиванию дифференцированного обучения в будущем.

Механизм интеграции наук и научных знаний обусловлен диалектико-материалистическим соотношением форм движения материи, совпадением логического и исторического. Что касается уровней интеграции, то можно выделить несколько форм ее проявления, которые тесно связаны между собой. Прежде всего следует выделить основные блоки системы научных знаний, внутри которых происходит интеграция понятий, законов и теорий. Таковыми являются *предметные, метапредметные и философские знания*.

Конечным результатом *внутрипредметной интеграции* является «рождение» метатеории данной науки, которая становится стратегией развития всех ее направлений. В качестве примера такой метатеории является эволюционное учение в биологии, которое используется как методология познания организации, функционирования и развития всех живых существ на Земле.

Эволюция трактуется как необратимый процесс исторического изменения живого. Из этого следует, что понятие «жизнь» является ключевым в этом определении, интегрирующим фундаментальные знания о сущности биологической формы движения материи. Конкретизируя это положение, нами разработана идеализированная модель живой системы под названием «Эмблема жизни», которую можно считать достаточно цельным символом жизни, так как в ней нашли отображение фундаментальные основы живой материи, связанные с превращением вещества, энергии, информации и формы; важнейший принцип самоорганизации – *принцип сопряжения*, одним из механизмов которого является механизм обратной связи, лежащий в основе зарождения, сохранения и эволюции живых систем, начиная с клетки и заканчивая биосферой (изменение формы); взаимосвязь с окружающей средой; природоохранные мероприятия (рис. 1).

Предложенную эмблему можно рассматривать как символ, *сопрягающий* (интегрирующий) в себе элементы образности и теоретичности. Созданная на основе различных методологий, она сама становится методологией научного познания живых систем различного уровня организации и поможет учащимся и студентам при изучении биологических дисциплин развить образное интегративное мышление до теоретического уровня, и на этой базе сформировать экологическое (биологическое) мышление и сознание, которые станут основой для формирования биологической картины мира в целом.

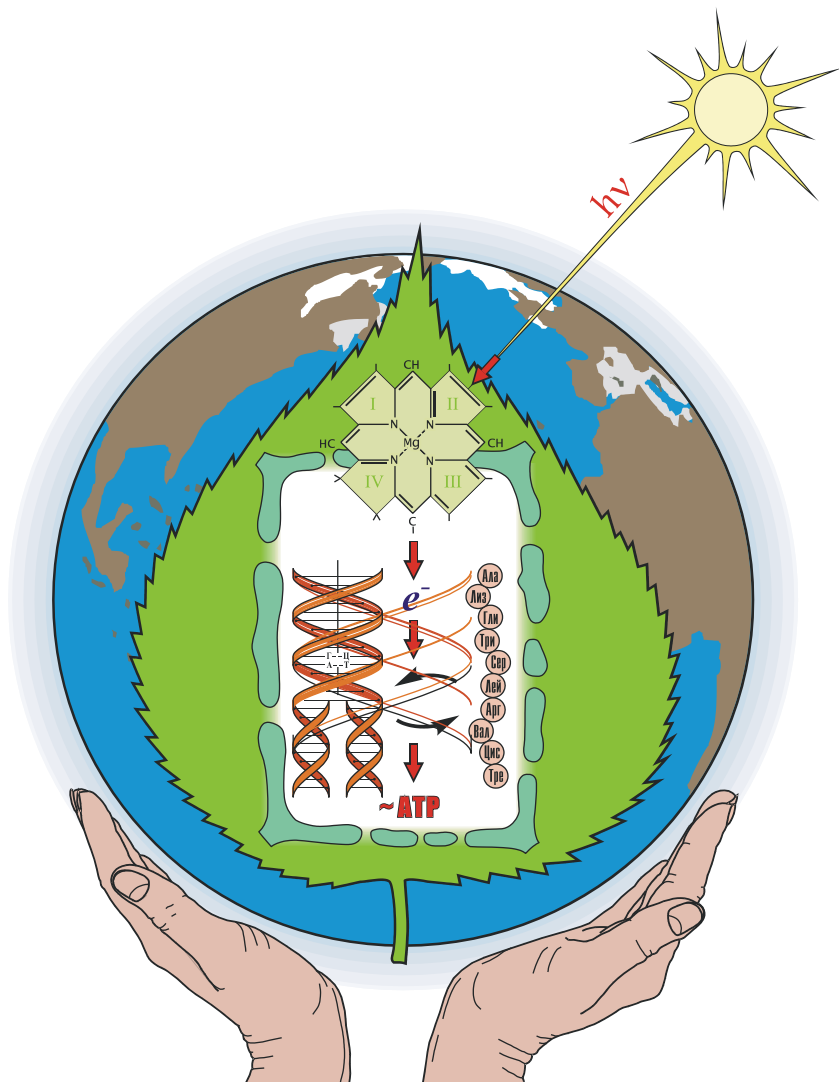


Рис. 1. Эмблема жизни (идеализированная теоретическая модель живых систем)

«Эмблема жизни» в определенной степени раскрывает содержание понятия «жизнь», которое является ключевым понятием биологической картины мира (БКМ), точно так же как понятие «материя» является ключевым для общенаучной картины мира. Мировоззренческий потенциал современной БКМ должен использоваться в качестве методологической основы не только в сфере науки, но и в сфере образования, в силу того, что определяет стратегию решения самых глобальных проблем, возникающих в разных сферах человеческой деятельности.

Тенденция к усилению взаимодействия естественных наук является отражением *естественного механизма усиления интеграции между структурными элементами материи в процессе ее эволюции*. Эта естественная закономерность нашла свое отражение в сфере науки, где предопределила интеграцию научных знаний *на метапредметном уровне*. Такой метапредметной наукой о неживой и живой природе служит естествознание, которое интегрирует самые фундаментальные знания частных наук и отражает их в наиболее общих понятиях, законах и теориях, которые используют в качестве общей методологии частные науки в соответствующих областях исследования. К таким фундаментальным естественно-научным знаниям относятся, прежде всего, такие понятия, как «вещество», «поле», «энергия», «информация» и др.; законы термодинамики, оптики, всемирного тяготения, сохранения и превращения энергии, сохранения массы и др.; электронная теория строения атома, квантовая теория света, теория относительности, атомно-молекулярная теория строения вещества и др.

Самую высокую степень интеграции и универсальности знаний имеет *философия диалектического материализма*, отражающая атрибутивные (неотемлемые) свойства материи, всеобщие принципы законов строения, изменения и развития всех типов материальных систем природы и общества, а также систем познавательной и творческой деятельности. Философские знания отражают наиболее общие законы человеческого познания (мышления) и методы исследования, которые проявляются в той или иной форме во всех науках.

Среди атрибутов материи важнейшую роль в интеграции и познавательной деятельности исследователей играют такие как движение, взаимодействие, отражение, пространство, время, структурность, системная организация, единство прерывности и непрерывности. Особо следует выделить категорию *«взаимодействие»*, так как только при взаимодействии, согласно Ф. Энгельсу, можно выявить сущность объектов и явлений.

Взаимодействие выступает как *интегрирующий фактор*, посредством которого происходит соединение различных материальных элементов в системы, системную организацию материи, что обуславливает ее *целостность*. В силу универсальности взаимодействия осуществляется функциональная взаимосвязь всех структурных уровней бытия, материальное единство мира. Именно взаимодействие определяет отношение причины и следствия между объектами, т.е. устанавливает генетические связи в системе, предопределяя развитие объектов. При развитии происходит изменение состояния объекта, обусловленное *возникновением*, трансформацией или *исчезновением* его элементов и связей в результате взаимодействия.

Категория «взаимодействие» является существенным методологическим *принципом познания* природных и общественных явлений. Любой объект может быть понят и определен лишь в системе отношений и взаимодействий с другими окружающими явлениями, их частями, сторонами и свойствами. Познание вещей означает познание их взаимодействия и само является результатом взаимодействия между субъектом и объектом. «Исследование особенностей этого взаимодействия, природы взаимодействующих систем, и субъекта прежде всего, является ключом к пониманию сущности мышления» [84, с. 160] (курсив наш. – С.П.).

Всеобщие атрибуты материи находят свое выражение в действии универсальных диалектических законов развития и взаимосвязи. Таковыми являются закон единства и борьбы (взаимодействия) противоположностей; закон взаимного перехода количественных и качественных изменений; закон спирального развития (отрицания отрицания); закон сохранения материи и движения, закон убыстрения темпов развития с прогрессом и усложнением структуры систем.

Целостное и систематизированное представление об изучаемой действительности целесообразно выразить в форме идеализированной схемы (модели), которая отразит ее фундаментальные объективные законы и сделает их сущность наглядной. В качестве такой схемы предлагается «Атрибутивная модель понятия «материя», которая интегрирует в себе базовые категории философии и естествознания (рис. 2). Данную модель можно рассматривать как средство реализации интегративных тенденций науки в сфере образования. Данная модель может определять стратегию изучения не только частных, но и интегративных курсов, положительно влиять на качество усвоения учащимися и студентами фундаментальных естественно-научных понятий, законов, теорий и служить методологической основой построения и развития современной общенаучной (естественно-научной) картины мира в целом.

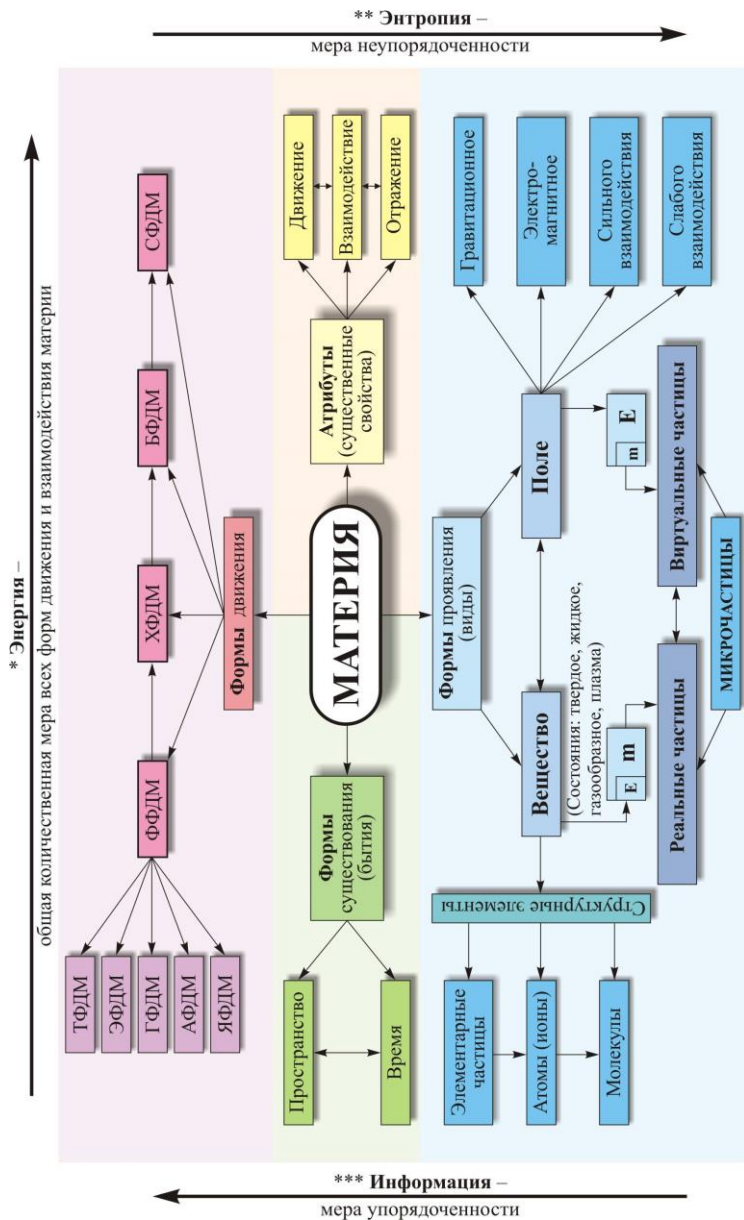


Рис. 2. Атрибутивная модель понятия «материя»
*, **, *** – мерные характеристики атрибутов материи

Выделение форм интеграции научных знаний на предметном, мета-предметном и философском уровнях является относительным в силу того, что они глубоко взаимосвязаны, обуславливают друг друга, детерминируя тем самым их постоянное параллельное развитие. Особую роль в такой межпредметной интеграции научного знания играет естествознание из-за своего содержательного и методологического потенциала, который питает философию диалектического материализма, поставляя материал, отражающий общенаучные принципы и законы природы. В свою очередь, философия диалектического материализма обрабатывает эти знания (и знания общественных наук) своими методами и формулирует всеобщие принципы и законы, которые отражают сущность бытия в целом. Эти философские знания используются естествознанием в качестве *всеобщей методологии* для более углубленного изучения материальных систем, а также для совершенствования *общенаучных методологий*, которые будут востребованы всеми естественными науками. Эффективность такого взаимодействия подтверждается всем ходом исторического развития науки.

Таким образом, содержательный и методологический потенциал естествознания используется в двух направлениях: для более высокого уровня интеграции научных знаний в рамках философии и для решения конкретных фундаментальных проблем в рамках отдельных наук (физики, химии, биологии и др.), а также их собственных методологических подходов. Можно сказать, что естествознание – это важнейшее *связующее звено между философией диалектического материализма и частными науками о природе*, которое во многом обеспечивает целостность научного знания. Отсюда следует, что интеграция философских и естественно-научных знаний является самой общей и глубокой формой интеграции.

В качестве примера связующей функции естествознания между философией и частными науками можно привести научное направление, которое на основе исторического анализа научных знаний, выработанных частными науками, выявляет общие закономерности развития природы, фиксирует эти знания в фундаментальных естественно-научных понятиях (категориях) и увязывает их с соответствующими философскими категориями. Уникальность и значимость таких естественно-научных понятий заключается в том, что они одновременно интегрируют в себе *некоторые всеобщие и особенные* знания о природе. Как промежуточное звено между философией и наукой эти понятия *сопрягают* онтологию и гносеологию (объективное знание и познавательный прием), связывают теоретический уровень с эмпирическим, способствуя выработке экспериментальных схем.

В современный период развития науки особенно усиливается и становится более зримой *фундаментальная роль философских категорий и принципов, содержание которых обогащается и в значительной мере обновляется благодаря их переплетению с конкретно-научными началами.* Среди основных философских понятий всё возрастающее значение в настоящее время приобретает категория «взаимодействие». Особое значение имеют исследования внутренних сторон взаимодействия, которые отражают взаимные превращения и переходы, взаимную обусловленность и взаимную связь объектов и явлений. Понимание этих механизмов позволяет решать важнейшие проблемы человечества.

Взаимодействие, как было показано выше, может проявлять себя прямо противоположным образом. В одних случаях взаимодействие объектов и явлений друг с другом приводит к появлению более сложных систем с новым качеством. В других случаях, взаимодействие приводит к обоюдной деградации исходных систем. Проведенный нами теоретический анализ научных знаний в рамках естествознания позволил выдвинуть идею о том, что одну из внутренних сторон взаимодействия, которая обеспечивает повышение уровня организации природных систем, можно обозначить как *сопряжение*. Принцип сопряжения объясняет механизм повышения уровня организации любой природной системы и их генетическую связь. Опора на *диалектическую логику* как метод познания позволила теоретически обосновать и предложить возвести понятия «сопряжение» в ранг естественно-научной категории, которая способствует более полному раскрытию сущности важнейшего атрибута материи – взаимодействия. В дальнейших исследованиях этот теоретический постулат нашел свое конкретное подтверждение при рассмотрении биологической формы движения материи, начиная электронным уровнем и заканчивая биосферой.

Отражая сущность одной из внутренних сторон взаимодействия, категория сопряжения расширяет границы нашего понимания о принципах структурной организации материи в целом, благодаря чему открываются новые перспективы, новые подходы к решению важнейших проблем науки и их роли в понимании структуры *рационального познания*. Как логическая форма мышления *сопряжение выражает содержание других форм рационального познания*, и в частности, такой формы нормативного знания, как *стиль научного мышления*, который востребован в настоящее время, как в области науки, так и в области образования.



Рис. 3. Рациональное познание как сопряженная система

Взаимосвязь, обозначенных выше фундаментальных блоков интеграции научных знаний целесообразно выразить обобщенно-образной моделью, отражающую взаимосвязи и иерархию основных понятий, законов, теорий на предметном, метапредметном и философском уровне. При этом в модели важно обозначить общую методологию (через категории), которая является принципом формирования и развития понятий, законов и теорий на всех отмеченных уровнях познания. В качестве такой методологической основы в разработанной нами модели является сопряженная диалектическая пара понятий «обобщение – развитие», которая определяет весь онтогенез рационального познания в процессе изучения естественных дисциплин в вузе (рис. 3). Категория «сопряжение», отражающая взаимосвязь объектов и явлений в природе, в данном случае проявляется в том, что мыслительная деятельность, связанная с обобщением, выводит мышление на качественно новую ступень его развития. Более развитое теоретическое (рациональное) мышление, в свою очередь, позволяет делать обобщения на более высоком уровне познания материи. Таким образом, категории «обобщение» и «развитие» тесно сопряжены и как бы переходят друг в друга, позволяя рациональному познанию постигать все более и более глубокую сущность бытия. Данная модель, после ее осмысления, может являться стратегией развития рационального познания каждого студента и одновременно критерием уровня сформированности мышления на конкретном этапе обучения. Подтверждением правильности выбранной нами стратегии конструирования модели онтогенеза рационального познания является название теорий, разработанных В.В. Давыдовым: «Теория развивающего обучения» и «Теория содержательного обобщения». В этих теориях ключевыми понятиями являются «развитие» и «обобщение». Данные теории и те идеи, которые являются их основой, тесно сопряжены между собой, а реализация их на практике позволяет воспроизвести в учебной деятельности детей даже начальной школы логику научного познания, которая детерминирует формирование теоретического мышления как высшей формы научных знаний.

Если принцип *сопряжения* обеспечивает *непрерывность* природных объектов и явлений, то в образовательной области он должен обеспечить непрерывность (*сопряжение*) всех понятий, приведение их в единую систему, которую, по-видимому, можно обозначить как *сопряженное понятийное поле*. Отдельные понятия отражают не только

сущность объектов и явлений, но и их взаимодействие (сопряжение) с другими объектами. «Каждое понятие находится в известном отношении, в известной связи со всеми со всеми остальными» [93, с. 179]. Отсюда следует, что принцип *сопряжения* как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – *методологическом и общедидактическом*.

Являясь главным компонентом развития, сопряжение и проявляется как развитие, выступает внутренним механизмом (принципом), обуславливающим *интегральность, целостность, направленность процессов развития любой системы и по существу регулирует развитие учебного познания*. Принцип сопряжения способствует снятию существующего в предметной системе обучения *противоречия между разрозненным по предметам усвоением знаний студентов и необходимостью их синтеза, комплексным применением интегрированных знаний не только преподавателями в педагогической практике, но и любыми специалистами в их профессиональной деятельности*. Вооружение выпускников вузов знаниями и умениями такого рода есть актуальная социальная задача, обусловленная тенденциями интеграции в науке и практике, востребованностью творческого подхода к решению проблем в условиях научно-технического прогресса.

1.8. СОПРЯЖЕНИЕ КАК КАТЕГОРИЯ ПОЗНАНИЯ И ДИДАКТИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ВУЗЕ

Содержательное реформирование и модернизация школьного и вузовского образования возможны только на основе фундаментальных идей, которые обозначают общую инновационную стратегию таких преобразований. В качестве такой стратегии познания и преобразования современной педагогической действительности выступают, прежде всего, как отдельные методологические подходы разного уровня общности, так и их конструкции, в которых методологический потенциал частных подходов «сливается» воедино, что позволяет глубже выявить сущность исследуемого объекта или явления. В основе таких подходов, как правило, лежат философские категории и принципы, которым присуще свойство *универсальности*. Поэтому не случайно И.А. Колесникова отмечает, что «в состоянии мастерства всегда заключено философское начало, указывающее путь к истокам осмысленного профессионального бытия...» [81, с. 240].

Анализ содержания авторефератов диссертационных исследований свидетельствует о постоянной востребованности методологического анализа подходов, которые авторы используют к исследованию состояния и преобразования педагогической реальности. О важности «выбора и конструирования методологических подходов с целью построения целостного методологического пространства (конструкта), в котором осуществляется познание и преобразование педагогической действительности», свидетельствует вышеприведенное высказывание А.А. Арламова [4, с. 24].

Философские и фундаментальные естественно-научные идеи кристаллизуются в процессе как минимум двух типов *взаимодействий*: 1) при *взаимодействии* субъекта познания и объектов действительности и 2) при *взаимодействии* субъекта познания с другими исследователями. Взаимодействие как атрибут материи и категория познания содержит в себе огромный методологический потенциал, который раскрыл Ф. Энгельс. Он отмечал, что сущность объектов и явлений познается при взаимодействии: «... взаимодействие является истиной *causafinalis* (конечной причиной. – Ред.) вещей. Мы не можем пойти дальше познания этого взаимодействия именно потому, что позади его нечего больше познавать» [209, с. 199]. Как универсальная форма изменения состояний тел, взаимодействие определяет существование, организацию и функционирование любой системы, а также ее эволюцию путем объединения с другими телами в систему более высокого уровня организации. Во всякой целостной системе взаимодействие сопровождается взаимным отражением телами свойств друг друга, в результате чего они могут меняться.

В современный период развития общества обнаруживаются изменения характера методологии: «... из методологии общих норм и правил деятельности она превращается в методологию постановки и прояснения человеческих проблем» (Философский словарь, 2004, с. 218). В первую очередь она становится основой для осмысления и пересмотра современных *культурных* проблем. «Современная культура живет и обновляется в значительной мере благодаря тому, что осмысливает и использует свою методологичность, культивирует и развивает социально-гуманитарные аспекты» [там же]. Осмысление, понимание и внедрение в педагогическую практику методологических подходов разного уровня общности создаст фундамент для функционирования успешных образовательных систем, что будет детерминировать *социальный и личностный* прогресс членов

общества, которые, в свою очередь, обеспечат научно-технический прогресс своего государства и его достойное место на мировой арене.

Содержанием того или иного методологического подхода могут являться разные основания. Такие фундаментальные основания обнаруживаются, прежде всего, у *категорий* (или *принципов*), которые, обладая огромным методологическим потенциалом, применяются как общая стратегия для научного исследования той или иной формы движения материи. В свою очередь, категории и принципы сами выявляются в результате методологического анализа данных естественных и гуманитарных наук, а также их философского осмысления. Понимание категории как методологического подхода и ее истоков очень метко сформулировал Э.Г. Юдин: «...ученый внимательно вслушивается не только в собственный голос или голоса своих коллег, но и в то, что говорит ему объективная реальность...» [210, с. 30–39].

Анализ современных естественно-научных знаний, которые отражают результаты познания объективной реальности, позволил выявить, что среди основных философских понятий все возрастающее значение в настоящее время приобретает категория «*взаимодействие*». Это обусловлено научно-техническим прогрессом, который предопределяет спрос на более эффективные методы научного мышления. Опираясь на положение о том, что принцип неисчерпаемости материи предопределяет и принцип неисчерпаемости взаимодействия, нами была поставлена задача расширения и углубления нашего понимания сущности взаимодействия, одной из внутренних его сторон, которая отражает взаимные превращения и переходы, взаимную обусловленность и связь *при изучении конкретных материальных и идеальных объектов и явлений*. На основании содержательного рассмотрения естественно-научных знаний, отражающих сущность различных форм движения материи, была выдвинута идея о том, что одну из внутренних сторон взаимодействия может в полной мере отражать понятие «*сопряжение*», которое трактуется как взаимосвязь и достаточно часто используется в естествознании при изучении механизмов взаимодействия (внутренней стороны) физической, химической и биологической форм движения материи. При изучении биологических явлений, в основе которых лежат явления физические и химические, это понятие используется особенно часто, в силу того, что сопряжение имеет место на каждом уровне организации живой системы, начиная электронным уровнем и заканчивая биосферным. Вместе с тем, анализ смыслового содержания понятия «сопряжение», применяемого

в курсах физики, химии и биологии, позволяет констатировать, что во всех частных применениях (значениях) этого понятия оно не несет методологической нагрузки. И только после того как будут раскрыты генетические связи понятия сопряжения с философскими категориями (автор выявил такую связь с категорией взаимодействия), данное понятие будет выполнять функцию *естественно-научной категории*, обозначая общую закономерность для всех объектов природы, понимание которой продвигает научное (рациональное) знание вперед. Признание сопряжения как важнейшей внутренней стороны взаимодействия между структурными элементами материи, которое приводит к созданию качественно новой системы, позволяет, по мнению автора, перенести этот принцип в образовательную область и использовать его как методологическую основу (дидактический принцип) для выявления взаимосвязи между фундаментальными естественно-научными понятиями, которая будет способствовать формированию научной картины мира [143].

Отражая сущность одной из внутренних сторон взаимодействия, категория сопряжения расширяет границы нашего осмысления сущности принципов структурной организации материи в целом, благодаря чему открываются новые перспективы, новые подходы к решению важнейших проблем науки и их роли в понимании структуры *рационального познания*. Как логическая форма мышления *сопряжение выражает содержание других форм рационального познания*, и в частности такой формы нормативного знания, как *стиль научного мышления*, который востребован в настоящее время как в области науки, так и в области образования. Сопряжение как принцип внутреннего взаимодействия между структурными элементами материи, который приводит к созданию качественно новой системы, спроецирован нами в образовательную область и использован как методологическая основа для конкретизации таких важнейших общенаучных методов познания, как системный и деятельностный подходы, положенные в основу разработки современных школьных и вузовских стандартов.

Методологическая значимость принципа сопряжения в этом аспекте заключается в том, что он одновременно конкретизирует и системный, и деятельностный подходы. Первая часть этого принципа предписывает нахождение элементов у зарождающейся системы, вторая, деятельностная сторона, – выявляет сопряженную (общую) область между структурными элементами, механизм взаимодействия между ними, который

обуславливает выявление нового качества у изучаемой системы. В процессе познавательной деятельности школьников и студентов принцип *сопряжения* как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – *методологическом и общедидактическом*.

По мнению Н.С. Пурышевой, системно-деятельностный подход «не противоречит компетентностному, а, напротив, интегрирует его лучшие достижения как в педагогической науке, так и в практике обучения» [147, с. 11]. Компетентностный подход можно рассматривать, по-видимому, как методологию обособления и становления теоретической педагогики на основе компенсаторности и единства антропосоциального, системного и деятельностного подходов. Поэтому не случайно школьные и вузовские стандарты ориентированы не только на усвоение выпускниками методологий системного и деятельностного подходов, которые направлены на усвоение *предметных, межпредметных* понятий, законов, теорий и *универсальных учебных действий*, но и на становление *личностных* характеристик выпускника. Такое сопряжение методологий, отражающих развитие природы и социума, позволит сформировать основы саморазвития и самовоспитания в соответствии с общечеловеческими ценностями и идеалами гражданского общества; готовность и способность к самостоятельной, творческой и ответственной деятельности. Итогом такого обучения и воспитания выпускников школ и вузов в конечном итоге должно явиться мировоззрение, соответствующее современному уровню развития науки и общественной практики, основанного на диалоге культур, а также различных форм общественного сознания, осознание своего места в поликультурном мире.

По мнению В.А. Болотова и В.В. Серикова, компетентностный подход «выдвигает на первое место не информированность ученика, а *умение разрешать проблемы, возникающие в следующих ситуациях*: 1) в познании и объяснении явлений действительности; 2) при освоении современной технологии; 3) во взаимоотношениях людей, в этических нормах, при оценке собственных поступков; 4) в практической жизни при выполнении социальных ролей гражданина, члена семьи, покупателя, избирателя; 5) в правовых нормах и административных структурах, в потребительских и эстетических оценках; 6) при выборе профессии и оценке своей готовности к обучению в профессиональном учебном заведении, когда необходимо ориентироваться на рынок труда; 7) при необходимости решать собственные проблемы: жизненного самоопределения, выбора стиля и образа жизни, способов разрешения конфликтов» [18, с. 11].

При компетентностно-ориентированном обучении учащиеся и студенты всегда получают творческий продукт своей деятельности, при этом усваивают *способ, прием, метод, подход, стиль* эффективной работы. Именно в продукте, созданном ими, воплощается совместное творчество учителя и ученика [там же].

Методологический потенциал сопряжения используется не только для понимания сущности организации, функционирования и эволюции объектов и явлений природы, но и как общая стратегия взаимодействия природы и социума. Так, при обсуждении проблемы формирования научного мировоззрения, адекватного практической реальности бытия общества, наиболее перспективной считается позиция теории коэволюции – взаимообусловленного, *сопряженного*, гармоничного развития системы «природа – жизнь – общество» [204] (курсив наш. – С.П.).

Категория «сопряжение» не только отражает один из механизмов организации и эволюции материи, но также является фундаментальным образовательным объектом, поскольку благодаря глубинному смыслу принадлежит как реальному, так и идеальному миру. Усвоение методологического потенциала категории сопряжения позволяет раскрыть один из внутренних механизмов не только системно-деятельностного подхода, но и механизм становления таких личностных характеристик выпускника школы и вуза, как *самоопределение, самоорганизация и самоутверждение*, которые тесно *сопряжены* между собой. В свою очередь, системно-деятельностный и личностный подходы также тесно сопряжены и определяют сущность компетентностного подхода в целом, который является общей стратегией формирования профессиональных качеств будущего учителя.

Профессиональная компетентность учителя как интегральная характеристика личности формируется в образовательном процессе как *сопряжение ключевых базовых и специальных компетенций*. Данная стратегия во многом согласуется с основными принципами «Учения о понятии» Ф. Гегеля, которое Ф. Энгельс приводит в своем знаменитом труде «Диалектика природы»: «*Единичность, особенность и всеобщность* – вот те три определения, в которых движется все «Учение о понятии». При этом восхождение от единичного к особенному и от особенного к всеобщему совершается не одним, а многими способами...» [209, с. 194] (курсив наш.– С.П.).

Принципы данного учения позволяют выявить *в общих чертах* сущность отдельных компетенций, их методологический потенциал, взаимосвязь и общую стратегию их формирования. Так, *ключевые компетенции*

можно определить как **всеобщую** стратегию и способности учителя для приложения их ко всем областям его профессиональной деятельности. *Базовые компетенции* следует трактовать как **особенные** (специфические), методологический потенциал которых приложим к педагогической деятельности. *Специальные компетенции* отражают **единичную** специфику конкретной предметной сферы профессиональной деятельности, в которой реализуются ключевые и базовые компетенции в области того или иного учебного предмета. Приоритетность выбора той или иной компетенции будет зависеть от уровня сложности (общности) анализируемой проблемы. Методологический потенциал компетенции должен соответствовать уровню сложности (общности) решаемой проблемы. При этом менее интегральные компетенции также могут быть востребованы для выявления конкретных механизмов и путей решения отдельных задач. Таким образом, ключевые, базовые и специальные компетенции могут эффективно использоваться лишь как *сопряженная система*, позволяющая решать учителю профессиональные задачи разного уровня сложности и в разных *условиях* педагогической среды.

Принципы, лежащие в основе «Учения о понятии», позволяют глубже раскрыть не только сущность личностных характеристик учителя с позиции его профессиональной компетентности, но и личностные характеристики ученика, которые представляют собой диалектическое единство *общего* (социально-типического), *особенного* (классового, национального и т.д.) и *отдельного* (индивидуального). В современных условиях личность выступает как целостность, которая задана определенной социальной системой, стратегия которой отражена в Федеральном государственном образовательном стандарте второго поколения основного общего образования. Стандарт ориентирован на становление личностных характеристик выпускника, основой которых являются предметные, метапредметные знания и универсальные учебные действия.

Категория сопряжения раскрывает более полно не только сущность компетентностного подхода, но и такого ключевого принципа педагогики, лежащего в основе учебно-воспитательной работы, как «педагогическое взаимодействие». Педагогическое взаимодействие является сложным процессом, включающим дидактические, воспитательные и социально-педагогические взаимодействия, сущность которых обусловлена конкретными целями и задачами реализуемых Государственных образовательных стандартов. Современный образовательный стандарт, в основе которого

лежит методология компетентностного подхода, предусматривает такое педагогическое взаимодействие, которое основано на равенстве отношений между воспитателем и воспитанником, при этом педагоги и родители выступают в роли наставников. Реализация принципов компетентностного подхода при педагогическом взаимодействии между воспитателем и воспитанником в ходе учебно-воспитательной работы способствует не только становлению личности ученика, но и творческому росту педагога.

В основу педагогического взаимодействия должен быть положен также и *личностный подход* – «последовательное отношение педагога к воспитаннику как к личности, как к самостоятельному ответственному субъекту собственного развития и как к субъекту воспитательного взаимодействия» [128, с. 134]. Личностный подход является базовой ценностной ориентацией педагога, которая должна определять его стратегию во взаимодействии с каждым ребенком и коллективом в целом. Такой подход инициирует воспитанника в осознании себя личностью, в выявлении, раскрытии своих огромных потенциальных возможностей, становлении самосознания, в осуществлении лично значимых и общественно приемлемых *самоопределения, самоорганизации, самореализации* и самоутверждения. Своеобразие личностных характеристик всех членов коллектива и их сопряжение во время учебно-воспитательного процесса позволяет учителю вывести в режим творчества не только каждого ученика, но и коллектив в целом.

Таким образом, проекция естественно-научной категории сопряжения в образовательную область позволяет рассмотреть ее как дидактический принцип реализации системно-деятельностного и личностного подходов при формировании профессиональных компетенций будущих учителей. Овладение студентами сопряжением как универсальной методологией познания будет способствовать развитию диалектического стиля мышления как интегративной формы знания при формировании у них ключевых, базовых и специальных компетенций.

1.9. СОПРЯЖЕНИЕ МЕТОДОЛОГИЙ КАК ОБЩАЯ СТРАТЕГИЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

На основе принципа системности и категории «сопряжение» разработана модель, логически синтезирующая философские, естественно-научные и общебиологические подходы. Данная модель может исполнять роль матрицы и способна определить общую стратегию изучения всех биологических систем – от клетки до биосферы. При этом и сама модель

выполняет методологическую функцию, отражая в определенной степени целостность организации, функционирования биологической формы движения материи и ее эволюцию. Ключевые слова: методология, диалектика, система, эволюция, «часть – целое», взаимодействие, сопряжение, моделирование, обучение.

Одной из главных целей биологического образования, как и любого другого, является способность выпускников школ и вузов к самообразованию и непрерывному самообучению. Это возможно лишь в том случае, если приоритет получают методологические основы содержания обучения. «И лишь на базе методологических основ в учебных предметах... – по мнению Л.М. Фридмана, – должно изучаться все остальное содержание обучения как конкретизация и реализация этих основ» [198, с. 121]. Вполне очевидно, что знакомство с научными методологиями при изучении тех или иных предметов следует начинать еще в школе.

В процессе исторического развития человеческого знания менялись не только философия и различные специальные науки, но и само взаимоотношение между философией и этими науками. Философски выраженное мировоззрение должно быть конкретизировано естественно-научной картиной мира, интегрирующей в единое целое наиболее принципиальные и характерные достижения наук о природе. Результатом такого творческого взаимодействия между философией и естествознанием явилось рождение системного подхода (системно-синергетического), который, конкретизируя принципы диалектического материализма, становится наиболее универсальной методологией современных научных исследований и формой мировоззрения не только ученых, но и учащихся.

Концепция системного подхода является одной из ведущих в современном научном познании. Она отражает системность мироустройства. Рассмотрение предметов и явлений с позиций разных структурных уровней организации – важнейшее естественно-научное обобщение XX в. Согласно теории структурных уровней организации природы, материя в процессе эволюции последовательно проходит все более высокие порядки (уровни) сложности и интеграции систем. При этом каждый уровень отличается целостностью, своеобразием свойств и явлений, особой структурой этой целостности.

Системный подход – это методология научного познания, в которой системное видение предметов составляет основу «познавательной технологии». Задача системного подхода как методологического направления в науке состоит в разработке методов исследования и конструирования сложноорганизованных объектов – систем разных типов и классов.

Наиболее широкое применение методы системного подхода находят при исследовании сложных развивающихся объектов, многоуровневых, иерархических, как правило, самоорганизующихся биологических, психологических, социальных, а также больших технических систем и т.д.

Теоретической базой для разработки системного подхода является диалектико-материалистический принцип системности, глубокий анализ которого дали К. Маркс и В.И. Ленин. Э.Г. Юдин считает, что системный подход должен применяться для рассмотрения явлений, исходя из их целостности, взаимосвязи, взаимодействия составных компонентов. При этом суть его состоит в умении не просто описать множество структур, а выделить единственный конечный вариант, необходимый для реализации заданной цели [210]. По мнению В.Г. Афанасьева, сущность системного подхода состоит в том, что исследуемое явление не вырывается из комплекса других, с ним связанных, а рассматривается как некоторая часть целостности, зависящая от других ее компонентов и, в свою очередь, воздействующая на них. При этом главной отличительной чертой системного подхода является целостность восприятия исследуемого объекта.

Объектом же системного подхода может стать явление, которое не сводимо к сумме составляющих элементов, а представляет собой расчлененную в интересах глубокого познания целостность [7]. Из принципов системного подхода при разработке представлений о структуре деятельности исходит и А.Н. Леонтьев, который специально подчеркивает, что структурные компоненты деятельности – «единицы» деятельности – не имеют своего отдельного существования, но в совокупности представляют целостную систему [102].

Вторым постулатом системного подхода, лежащим в основе организации и развития материи вообще, является принцип иерархичности. Этот очень важный научный принцип необходимо использовать не только при исследовании уровней структурной и функциональной организации материальных объектов, но и для понимания сущности и логических связей всеобщих, общих и частных методов и приемов, используемых для изучения этих объектов, в совокупности называемых методологией. В настоящее время общеизвестным является положение о том, что изучать определенный уровень организации того или иного материального объекта вне связи с другими уровнями его организации, а также с условиями внешней среды неперспективно. Точно так же бесперспективна попытка научить какой-то одной методологии без связи с более общими и более

частными методами и приемами познания действительности. Какую бы отрасль биологии мы ни взяли, увидим, что непосредственным условием перехода к новой, более высокой ступени познания объекта или процесса всегда являлось возникновение нового метода исследования.

Даже краткий анализ научных методологий, используемых при изучении материальных систем, в том числе и биологических, позволяет говорить об их взаимосвязи и иерархичности. Применение этих методологий для изучения объектов неживой и живой природы станет эффективным, если будет учитываться соответствие между уровнем организации изучаемой системы и уровнем обобщенности (научным потенциалом) используемого метода. Отсюда следует, что уже в рамках школы (и вуза) учитель должен научить учащихся применять соответствующие методы и подходы при изучении биологических систем разного уровня сложности. Конкретные примеры соответствия между уровнями организации живых систем (закономерностями их развития) и уровнями общности методологий, необходимых для их изучения, приведены ранее.

Огромная значимость и эффективность указанных методологий, по-видимому, требует и их формального статуса (наряду с эволюционной теорией) в школьном стандарте по биологии. Из сделанных обобщений вытекает также необходимость еще одной содержательной линии (методологической) в структуре образовательной области «Биология». Эта линия включала бы соответствующие методы и подходы, которые стали бы инструментом познания учащимися (студентами) соответствующего уровня организации биологических систем. Таким образом, эффективность системно-синергетического подхода в изучении объектов и явлений природы будет во многом зависеть от того, насколько учащиеся и студенты осмыслят потенциальные возможности этого метода и определят его взаимосвязь как с наиболее общими, так и с более частными методами познания объектов и явлений природы, изучаемых в курсе физики, химии и биологии.

Принципы системного подхода сами детерминируют его применение в системе научных методологий. Только в этом случае системный подход выполнит функцию методологии формирования естественно-научного мышления и мировоззрения у обучаемых при изучении естественных дисциплин. Использование системного подхода в биологии позволяет изучать живые объекты различных уровней сложности как биологические системы, для которых присущи все основные явления

живой материи и иерархичность строения. При изучении биологических систем различного уровня сложности данный подход предполагает абстрагирование от несущественных (в том или ином отношении) связей и признаков, построение теоретически идеализированных объектов.

Это позволяет поставить в центр внимания изучение общебиологических законов и специфических закономерностей. Такой подход предусматривает также изучение всех взаимодействий и связей между подсистемами и частями. Деятельность учащихся и студентов по установлению этих связей между элементами изучаемых природных систем способствует формированию у них системного мышления, которому присуща внутренняя противоречивость, проявляющаяся в парадоксе целостности и парадоксе иерархичности [52].

Парадокс целостности подразумевает, что при анализе системы ее необходимо расчленить, но при этом исчезают свойства целостности системы. Парадокс иерархичности заключается в необходимости описания системы как элемента надсистемы и т.д. В свою очередь, для описания системного мышления как такового также приходится использовать несистемные понятия. Таким образом, взятие на вооружение системно-синергетического подхода позволяет изучать сложные биологические объекты на теоретическом уровне, что, в конечном итоге, поможет сформировать у школьников научно-теоретическое мышление и мировоззрение. К числу важнейших задач системного подхода относятся:

1) разработка средств представления исследуемых и конструируемых объектов как систем;

2) исследование структуры теорий систем и различных системных концепций;

3) построение обобщенных моделей систем, моделей разных классов и специфических свойств систем. Важной особенностью системного подхода является то, что не только объект, но и сам процесс исследования выступает как сложная система, задача которой состоит в соединении в единое целое различных моделей объекта [194]. Системный подход, как и метод моделирования, разработан в рамках общенаучной методологии. Из этих двух методологий системный подход, конкретизирующий принципы диалектического материализма, является более общим, поэтому он может использоваться не только для изучения объектов и явлений природы, общества и мышления, но и вполне применим для конструирования моделей, отражающих эти объекты и явления.

Многие исследователи связывают моделирование непосредственно с системным представлением исследуемого объекта. Например, К.П. Борিশполец считает системный подход методологической основой, главным методическим средством моделирования [20, с. 5]. Существенное повышение роли научных методологий в биологической подготовке учащихся и студентов требует разработки соответствующих технологий для их эффективного усвоения и использования в учебном процессе. В качестве технологического приема, который позволит постоянно держать в центре внимания всеобщие и общие научные методологии при изучении биологических объектов разного уровня сложности, может выступить использование обобщающих опорных схем (моделей), отражающих эти методологии и их взаимосвязь.

Сопряжение методологий разного уровня общности в единую логическую систему, выраженную в форме модели, позволяет определить общую стратегию изучения биологических систем, начиная с клетки и заканчивая биосферой в целом. Разработанная нами модель под названием «Общая характеристика живых систем» (рис. 4) результативно используется на протяжении ряда лет в процессе преподавания биологических дисциплин, как в вузе, так и в школе. В основу схемы положено пять научных методологий: диалектический материализм, отражающий взаимосвязь и генезис основных форм движения материи и обязывающий изучать биологическую форму движения материи на основе физической и химической форм движения материи; эволюционная теория (исторический метод), подтверждающая общие закономерности движения материи на биологическом уровне и указывающая на новые качественные признаки этой более высокоорганизованной формы движения материи, начавшей свое существование с клеточного уровня и развившейся до биосферного; системно-синергетический подход, позволяющий изучать любой уровень организации живой природы как биологическую (живую) систему на основе общих принципов организации материальных объектов (целостности, иерархичности, взаимосвязи с окружающей средой и др.); теория происхождения жизни (определение жизни), в которой отражены общие явления живых систем (открытость, саморегуляция, самовоспроизведение) и их вещественная и информационная основа (биополимеры – белки и нуклеиновые кислоты).

“Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров-белков и нуклеиновых кислот.”
 М. В. Волькенштейн

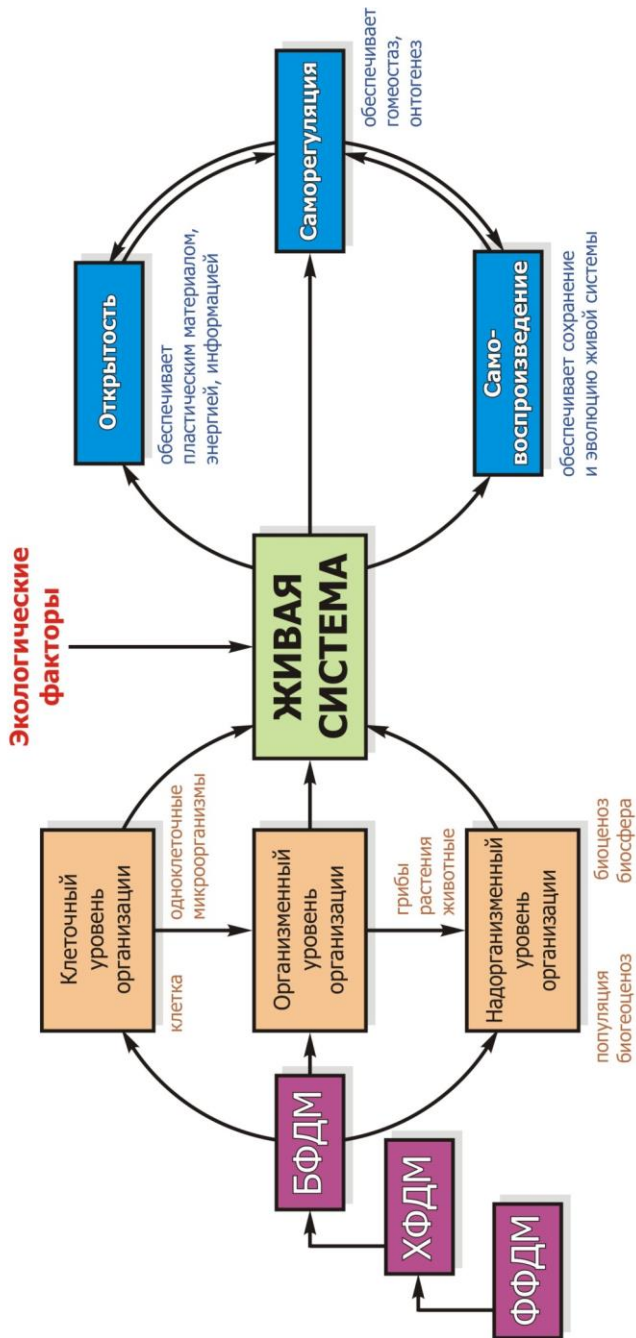


Рис. 4. Общая характеристика живых систем

В процессе изучения механизмов преобразования вещества, энергии и информации в живых системах разного уровня организации большое значение имеет также основополагающее учение диалектики об отражении как всеобщем свойстве материи. Всю эволюцию живого на нашей планете нужно рассматривать как активный процесс отражения через взаимодействия организмов и условий среды. Развивая эту идею, Н.П. Дубинин отмечает: «Историзм отражения для живых систем – генетическая информация, записанная в молекулах ДНК, которая имеет сведения об истории влияния среды в процессах саморазвития видов. Сигналом этой информации служит действие генов в открытой живой системе, что обеспечивает ее жизнедеятельность и развитие при наличии определенных условий среды» [68, с. 539]. Эта важнейшая идея о диалектическом единстве организма и среды также отражена в модели и выполняет методологическую функцию (пятая методология). Разработанная модель применялась при изучении всех живых систем, начиная клеткой и заканчивая биосферой.

Невозможность отделения организмов от непосредственно окружающей их среды, вместе с которой они образуют одну систему, была постулирована А. Тэнли в его концепции экосистемы, которая в настоящее время является основополагающей в экологии [191]. Изложенное выше позволяет утверждать, что концептуальная идея о диалектическом единстве организма и среды должна быть постоянно в поле зрения как преподавателей, так и учащихся (студентов) и наполняться конкретным содержанием при изучении всех уровней организации живого. Данная идея также нашла отражение в предлагаемой нами модели. Таким образом, предложенная модель является в определенной степени результатом сопряжения (теоретического синтеза) философских, естественно-научных и общепроизводческих подходов к изучению объектов живой природы на теоретическом уровне и может исполнять роль матрицы. При этом и сама модель выполняет методологическую функцию, отражая в определенной степени целостность организации, функционирования биологической формы движения материи и ее эволюцию. Использование этой модели при изучении биологических систем разного уровня иерархичности в школьных (и вузовских) курсах биологии приводило к глубокому осмыслению учащимися (и студентами) научных методологий, пониманию взаимосвязи между ними и выработке умений по их использованию при формировании системы естественно-научных и биологических понятий. Это, в свою очередь, способствовало формированию естественно-научного мировоззрения и развитию способностей школьников (студентов) к самообразованию, самосовершенствованию и творческой деятельности.

1.10. СОПРЯЖЕНИЕ КАК МЕХАНИЗМ РЕАЛИЗАЦИИ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ ФИЗИКИ, ХИМИИ И БИОЛОГИИ

Философской предпосылкой постановки проблемы межпредметных связей является положение о необходимости раскрытия взаимосвязи различных явлений природы, общества и мышления, отражаемых современной наукой. «Соответственно тому, – пишет академик Б.М. Кедров, – как совершается все более полное и всестороннее раскрытие связей и переходов между различными формами движения в природе, происходит все более тесное и глубокое переплетение соответствующих естественных наук между собой, их взаимное проникновение. В результате такого их взаимопроникновения друг в друга обнаруживается не только диалектика самой природы, отражаемая современным естествознанием, но и диалектика процесса познания природы человеком, т.е. диалектика развития всего естествознания [79, с. 288].

На протяжении всей истории развития науки понимание особенного и общего при изучении объектов и явлений природы происходило благодаря двум диалектически связанным направлениям научного исследования: *дифференциации и интеграции*. На каждом этапе исторического развития науки превалировала то одна, то другая из этих тенденций. На современном этапе научных исследований взаимодействие между дифференциацией и интеграцией вышло на новый уровень: оно характеризуется большей *диалектичностью и гармоничностью*. Такое взаимодействие обуславливает параллельное развитие этих направлений при ведущей роли интеграции, что обеспечивает высокие темпы научно-технического прогресса.

Результатом интеграции наук является и создание новых *методов и методологий* научного познания, характеризующихся комплексным применением знаний из областей различных наук. Являясь конкретизацией принципов диалектического материализма, универсальные подходы (методологии) за последние годы обновляются: так появились системно-структурный, системно-синергетический, функциональный, холонный и другие подходы, которые являются мощным орудием теоретического познания в различных областях науки и естествознания в целом.

В рамках современного учения о материи происходит все более глубокое переосмысление исходных принципов ее организации и функционирования. Это обусловлено теми фундаментальными открытиями естественных наук в области микромира, которые позволили выйти на новый уровень

понимания материального мира. Особое значение в этом аспекте имеют исследования *внутренних сторон взаимодействия*, которые отражают взаимные превращения и переходы, взаимную обусловленность и взаимную связь объектов и явлений природы. Учитывая актуальность данного направления исследования, нами ранее дано философское и естественнонаучное обоснование сущности *сопряжения* как одной из внутренних сторон *взаимодействия*, которая позволяет глубже понять организацию и функционирование биологической формы движения материи, так и ее взаимосвязь с физической и химической формами движения материи [141].

Сопряжение как *внутренняя сторона взаимодействия* сыграло и играет важнейшую роль в эволюции материи, в том числе и в возникновении и эволюции биологической формы движения материи. Доказательством этого положения является высказывание видных ученых, которые подчеркивают, что «в процессе химической эволюции при наличии всех необходимых для нее условий происходит усиление роли сопряженности. *Последовательные сопряженные процессы выступают как существенная сторона организации динамических неравновесных систем*» [193, с. 165] (курсив наш.– С.П.). Остается только добавить, что к таким динамическим неравновесным системам относятся все живые системы разных уровней организации: начиная клеткой и заканчивая биосферой. Принцип сопряжения обеспечил не только эволюцию конкретных форм движения материи, но и их генетическую связь.

Осмысление и понимание сущности *сопряжения* как важнейшей стороны *взаимодействия* дает основание для предположения, что данная категория может быть обоснована и как важнейший *дидактический принцип обучения и воспитания*. Дидактические принципы, как правило, являются проекцией общих законов природы и тех философских категорий, через которые они выражаются. Например, такие дидактические *принципы*, как преемственность, системность, принцип развивающего обучения и др., выведены из философских законов и категорий, которые вскрывают наиболее общие тенденции развития явлений объективного мира и одновременно являются правилами и формами человеческого познания, мышления.

Принцип как *категория педагогического знания* есть научное положение, которое, с одной стороны, *отражает познанную и обоснованную закономерность*, а с другой – *предписывает*, как правильно строить процесс обучения и воспитания в соответствии с познанной закономерностью [128, с. 217]. Первое положение данного определения, касающееся

сопряжения как научного принципа, отражающего организацию, функционирование и эволюцию различных форм движения материи, как уже было отмечено выше, нами уже обосновано. Остается решить вторую важнейшую задачу, то есть показать, как, руководствуясь данной закономерностью, необходимо выстроить весь процесс обучения и воспитания при изучении студентами естественных дисциплин в вузе.

Методологическую основу *сопряжения* как современного дидактического принципа обучения составляет положение материалистической диалектики о всеобщей связи всех процессов и явлений в природе и обществе, о материальном единстве мира. Это положение воплощается в диалектическом методе познания, требующем рассматривать все процессы и явления в их *развитии, во взаимосвязи, в единстве и борьбе противоположностей*. Диалектический метод конкретизируется в системно-синергетическом подходе, предполагающем изучение объектов как *систем*, имеющих свою структуру, иерархию, *связь* элементов и свои особенные свойства и функции. Применение диалектического метода и системного подхода к изучению живой природы позволили Ч. Дарвину создать эволюционное учение, которое является метатеорией всей биологической науки и методологией ее развития. Таким образом, иерархия методов познания отображает системный принцип организации материи, поэтому при изучении природного объекта определенного уровня организации необходимо подобрать и соответствующий метод познания.

Сущность диалектического метода и системного подхода раскрывается через категории, одной из которых является *сопряжение*. Сопряжение как принцип организации материи необходимо рассматривать как дополнение к системному подходу. В отличие от *системного подхода*, который декларирует необходимость изучения *связи* между элементами любой системы, *принцип сопряжения* предписывает выявление *взаимосвязи* между компонентами изучаемых систем, то есть выявление той *области сопряжения* между элементами системы, которая является *общей* для них и обеспечивает *целостность* этой системы, а, следовательно, и ее *качественную* особенность. Понятие «*сопряжение*» отражает тот *механизм*, с помощью которого происходит *взаимосвязь* между элементами системы и с помощью которого можно управлять данной системой.

Если принцип *сопряжения* обеспечивает *непрерывность* природных объектов и явлений, то в образовательной области он должен обеспечить непрерывность (*сопряжение*) всех понятий, приведение их в единую

систему, которую, по-видимому, можно обозначить как *сопряженное понятийное поле*. Отдельные понятия отражают не только сущность объектов и явлений, но и их взаимодействие (сопряжение) с другими объектами. «Каждое понятие находится в известном отношении, в известной связи со всеми со всеми остальными» [93, с. 179]. Отсюда следует, что принцип *сопряжения* как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – *методологическом и общедидактическом*.

Методологический аспект сопряжения высвечивается, во-первых, в том, что оно является одной из внутренних сторон важнейшего атрибута материи – *взаимодействия*, а, во-вторых, отражает сущность организации, функционирования и эволюции любой природной и социальной системы. Методологическая функция данного принципа просматривается и через призму основного закона развития природы – *единства и борьбы противоположностей*, который является не только законом развития объективного мира, но и законом познания. Этот закон служит ядром диалектики и объясняет *внутренний источник всякого развития*. «Диалектическое мышление не рассекает целое, абстрактно разделяя крайности, а, напротив, осваивает целое как органическое, как систему, в которой противоположности взаимодействуют (*сопряжены* прим. автора), обуславливая весь процесс ее развития» [194, с. 141].

По выражению В.И. Ленина: «...Диалектика есть изучение противоречия в самой *сущности предметов...*» [93, с. 227]. Основными ступенями противоречия являются *тождество, различие, противоположность*. Категория тождества обозначена приоритетной не случайно. Противоречие разрешается только в том случае, когда в противоположностях находятся тождественные (одинаковые) предметы и явления, которые, взаимодействуя между собой, образуют *сопряженные* (общие) области. Эти области сопряжения обеспечивает взаимосвязь между противоположностями и на этой основе возникает система с новым качеством.

Являясь главным компонентом развития, сопряжение и проявляется как развитие, выступает внутренним механизмом, обуславливающим *интегральность, целостность, направленность процессов развития любой системы и по существу регулирует развитие учебного познания*. Огромная важность принципа сопряжения в познании материального мира инициировала наше исследование методологической значимости категории сопряжения в образовательной области и ее статуса в учебно-воспитательном процессе студентов вуза.

Принцип сопряжения способствует снятию существующего в предметной системе обучения *противоречия между разрозненным по предметам усвоением знаний студентов и необходимостью их синтеза, комплексным применением интегрированных знаний не только учителями в педагогической практике, но и любыми специалистами в их профессиональной деятельности*. Вооружение выпускников вузов знаниями и умениями такого рода есть актуальная социальная задача, обусловленная тенденциями интеграции в науке и практике и востребованностью творческого подхода к решению проблем в условиях научно-технического прогресса.

Сопряжение как принцип обучения способствует реализации других педагогических принципов и прежде всего принципа межпредметных связей (МПС). Взаимосвязь этих принципов можно рассматривать как диалектическую пару, в которой один принцип (межпредметных связей) является *формой*, второй же принцип (сопряжения) является *содержанием*. Доказательством этому служит как этимология данных терминов, так и существующие разночтения авторов о дидактическом статусе межпредметных связей. Одни авторы рассматривают межпредметные связи как дидактическое *условие* дальнейшего повышения качества знаний учащихся [185, с. 9], другие – как современный принцип обучения [106, с. 29 – 45]. По мнению В.Н. Максимовой, межпредметные связи как принцип обучения *способствуют* реализации всех функций обучения: образовательной, развивающей и воспитывающей [там же, с. 2] (курсив наш.– С.П.). Из этого тезиса следует, что сам принцип является формальным (он лишь *способствует*), а не содержательным, который бы указывал на механизм организации и функционирования системы. Формальность принципа межпредметных связей подтверждается и многолетней педагогической практикой, которая свидетельствует, что интерес педагогической науки и практики к принципу межпредметных связей значительно снизился.

Основной причиной недолжной реализации принципа МПС в области естественно-научного образования является то, что преподаватели зачастую не *могут выявить точки сопряжения между понятиями*. Они, в лучшем случае, пытаются формировать отдельные понятия, забывая зачастую о том, что эти отдельные понятия есть результат сопряжения более частных понятий.

Перенос принципа сопряжения из науки в образовательную область биологии особенно актуален. Это обусловлено спецификой биологической

формы движения материи, которая в скрытом виде содержит физическую и химическую формы движения. Отсюда вытекают два принципиальных положения, служащие методологической основой изучения курса биологии. Первое положение определяет стратегию изучения биологической формы движения материи, принципы организации и развития (эволюции) которой отражены в законах и категориях материалистической диалектики. Второе положение направлено на решение тактических задач, связанных с изучением конкретных явлений и процессов жизнедеятельности организмов, в основе которых лежат физико-химические явления. Из этого следует, что понимание сущности живого возможно лишь на основе взаимосвязи (сопряжения) философских, естественно-научных и биологических понятий, законов и теорий.

При изучении курсов физики, химии, биологии в условиях нашего исследования категория *сопряжения* позволила студентам проследить *эволюцию природных форм*, изучаемых данными дисциплинами. Овладение данной категорией дает возможность конкретизировать идеи диалектического материализма, *усвоить их как метод познания и преобразования материального мира*. В свою очередь понимание сущности преобразования одних форм движения материи в другие помогло преподавателям понять *механизмы формирования идеализированных форм в мышлении студентов, так как закономерности развития природы и мышления едины*.

1.11. МЕТАПРЕДМЕТНАЯ РОЛЬ ПОНЯТИЯ ДИФфуЗИИ В ФОРМИРОВАНИИ ИНТЕГРАТИВНЫХ ЗНАНИЙ НА ТЕОРЕТИЧЕСКОМ УРОВНЕ ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ

Диффузия как фундаментальное естественно-научное понятие отражает взаимодействие дискретных элементов материи на всех уровнях ее организации. Усвоение данного понятия на теоретическом уровне вооружит учащихся и студентов мощным методологическим приемом познания объектов материального мира и материи в целом. Планомерное и систематическое развитие данного понятия в курсах физики, химии, биологии, географии и др. является исключительно важным, так как позволит интегрировать знания на теоретическом уровне, который является основой для научного мировоззрения.

Движение частиц среды, приводящее к переносу веществ и выравниванию концентраций или к установлению равновесного распределения частиц данного сорта в среде, называемое диффузией, является конкретным случаем проявления фундаментальной формы движения материи – механической, которая предопределяет развитие всех остальных форм движения материи и сохраняется в них в качестве исходной. Диффузия молекул (атомов) определяется их тепловым движением (так называемая молекулярная диффузия). При наличии в среде стационарных перепадов температуры, электрических полей и т.п. диффузия приводит к установлению равновесного распределения концентраций, характеризуемого соответствующими градиентами (термодиффузия, электродиффузия и т.д.) [154, с. 398].

Процесс диффузии представляет собой один из механизмов проявления второго закона термодинамики, согласно которому любая система стремится перейти в более равновесное, т.е. устойчивое, состояние, характеризующееся возрастанием энтропии и минимумом энергии. Являясь фундаментальной основой для функционирования систем различного уровня иерархичности, этот процесс сыграл исключительно важную роль, как в возникновении нашей планеты, так и в ее дальнейшем развитии. Диффузионные процессы обеспечили вещественные, энергетические и информационные взаимодействия между атмосферой, гидросферой и литосферой, которые привели к созданию геохимических циклов, обеспечивающих поддержание и развитие планеты Земля.

Неполная замкнутость геохимических циклов приводила к недостатку или избытку определенных химических элементов в тех или иных регионах планеты, тем самым создавая условия для дальнейшей эволюции химической формы движения материи и возникновения на ее основе биологической формы движения. Живые организмы «встроились» в геохимические циклы планеты, существенно изменив их и преобразовав в биогеохимические циклы, функционирование которых также во многом определяется процессом диффузии.

Таким образом, единство геосферы (литосферы, атмосферы, гидросферы и биосферы), ее саморегулирование и развитие обеспечивается вследствие непрерывного движения (круговорота) вещества и потоков энергии, в основе которых лежит процесс диффузии. Она является фундаментальным процессом, лежащим в основе функционирования и живых систем любого уровня организации, начиная уровнем элементарных частиц (электронная

диффузия) и заканчивая биосферным уровнем (круговорот веществ в биосфере). Вполне естественно, что для всех уровней организации живого процесс диффузии имеет как общие закономерности своего проявления, так и частные особенности.

Живые системы являются открытыми, и это важнейшее условие их существования. Через них постоянно проходят потоки вещества, энергии и информации, которые они преобразуют внутри себя и используют на все процессы жизнедеятельности, а ненужные компоненты вновь возвращают в окружающую среду.

Возникновение первичных организмов – пробионтов – стало возможным тогда, когда образовавшиеся в ходе химической эволюции важнейшие биополимеры – белки и нуклеиновые кислоты – оказались внутри мембранного пузырька, образовав систему с обратной связью, способную к саморегуляции и самоудвоению. Клеточная мембрана сыграла исключительно важную роль, отделив внутреннюю среду первичного организма от внешней, создав тем самым гетерогенные физико-химические градиенты, необходимые для осуществления биохимических реакций.

Уникальное строение жидкостно-мозаичной фосфолипидной мембраны позволило выполнять ей не только барьерную функцию (не пропускать ненужные вещества окружающей среды), но и транспортную – пропускать жизненно важные вещества. Обладая свойством полупроницаемости (избирательной проницаемости), цитоплазматическая мембрана хорошо пропускает воду и избирательно – другие вещества.

По мере повышения уровня организации живых систем, от пробионта до человека, совершенствовались соответственно и механизмы вовлечения вещества и энергии окружающей среды, необходимые для их построения и функционирования. Внутренняя организация содержания всех существующих на нашей планете организмов, как известно, проявляется (выражается) через форму. Поэтому не случайно один из основоположников популяционной генетики Н.В. Тимофеев-Ресовский подчеркивал: «Эволюционный прогресс через пусковые механизмы, интегрирующие деятельность элементарных структур, явлений, материала, факторов эволюции, неизбежно приводит к формообразованию...» [167, с. 193].

Одним из таких стратегических эволюционных направлений, касающихся изменения формы, явилось *увеличение площади тела по отношению к его объему*. Данная тенденция прослеживается уже в эволюции примитивных микроорганизмов – бактерий, у которых шаровидная форма

тела в последующем преобразовалась в палочковидную, извитую и т.п. В результате таких морфологических преобразований поверхность тела бактерий по отношению к объему возросла, а это, в свою очередь, усилило поглощение веществ, в том числе и за счет диффузии.

Таким образом, стратегия изменения формы, как внешней (морфология), так и внутренней (анатомия), была направлена в первую очередь на увеличение (создание) большей поверхности соприкосновения органоидов, клеток, тканей, органов и целого организма с окружающей средой, что увеличивало многократно приток вещества и энергии в данные системы за счет диффузии и других механизмов, которые работают на ее основе.

Диффузия играет огромную роль в поглощении исходных неорганических веществ из воздуха и почвы растительными организмами, которые используются прямо или косвенно в процессе фотосинтеза для образования органических веществ. Органические вещества служат резервом пластического и энергетического материала не только для самих растений, но и всех других организмов (кроме хемосинтетиков), обитающих на Земле. В процессе эволюции растений выработались разнообразные морфологические и физико-химические приспособления, способствующие увеличению диффузии. Эти адаптации имеют место на разных уровнях организации растительного организма. На уровне целого растения – сильное расчленение тела, его основных органов – побега и корня. Расчлененный стебель несет большое количество листьев, а расчлененный корень – огромное число корневых волосков. При этом следует учитывать, что рост стебля и корня неограничен, это обеспечивает постоянное увеличение их площади, а, следовательно, и диффузии. Увеличению диффузии способствует и относительная подвижность побега под действием ветра.

На уровне листа имеется несколько приспособлений к увеличению диффузии. Большинство типичных листьев имеют плоскую форму, что значительно увеличивает поверхность их соприкосновения с воздушной средой. Газообмен листьев с внешней средой осуществляется через сеть мелких отверстий – устьиц, которые в открытом состоянии занимают всего 1–2 % площади листа. Остальная поверхность листа покрыта плохо проницаемой для газов кутикулой. Однако даже при наличии кутикулы углекислый газ входит в лист через устьица за единицу времени почти в таком же количестве, как и без нее [131, с. 111]. Это согласуется с законом Стефана, согласно которому скорость перемещения молекул газа через мелкие отверстия пропорциональна их окружности, а не площади. У края отверстия

молекулы в меньшей степени сталкиваются друг с другом и быстрее диффундируют.

Диффузия CO_2 , O_2 (и других веществ) через клеточные оболочки во многом зависит от их насыщенности водой, так как оба газа диффундируют в растворе. Содержание влаги в клеточных стенках тургесцентных клеток превышает 50 %, и этого достаточно для диффузии газов, а также молекул и ионов минеральных веществ. Передвижение газов и других веществ по цитоплазме клетки, строме хлоропласта и матриксу митохондрий также определяется содержанием в них воды: чем ее будет больше, тем выше будет скорость диффузии различных молекул, больше вероятность их взаимодействия, что обеспечит в конечном итоге высокую скорость химических реакций и метаболизма в целом.

Огромную роль диффузия играет в поглощении воды и минеральных солей растением из почвы. Эти вещества находятся в данной среде еще в более рассеянном состоянии, поэтому для контакта с ними и поглощения требуется еще большая поверхность по сравнению с листьями. Такие морфологические адаптации были «наработаны» в ходе эволюции растительных организмов. В среднем площадь корневой системы больше площади листьев примерно в 130 раз. Увеличение площади корневой системы происходит за счет огромного числа корневых волосков, которые представляют собой одиночные вытянутые клетки. Так, например, у одного растения ржи 14 млрд корневых волосков с площадью поверхности 399 м^2 . Суммарная площадь корней и корневых волосков у этого растения составляет 631 м^2 , и они размещаются в $0,05 \text{ м}^3$ почвы [131, с. 198]. Следует заметить, что при выращивании растений в «водной культуре» корневые волоски практически не образуются. Это обусловлено тем, что в этих условиях вода и элементы минерального питания находятся в концентрированном виде, и для их поглощения путем диффузии не требуется большая поверхность. Вышеизложенное позволяет констатировать, что в живой природе диффузия непрерывно обеспечивает обмен веществом, энергией и информацией между организмами и окружающей средой.

Не менее важную роль данный процесс играет во внутриклеточном транспорте и превращениях веществ внутри самого растения, определяя тем самым все без исключения жизненно важные функции.

Процесс диффузии лежит в основе обмена веществ и энергии не только автотрофных, но и гетеротрофных организмов и проявляется на всех уровнях их организации. Наиболее разнообразно он представлен

у животных организмов, которые являются наиболее высокоорганизованными гетеротрофами. Они, как и растительные организмы, являются открытыми системами. Однако в отличие от растений они получают из окружающей среды уже готовые органические вещества, изначально созданные растениями, которые находятся в концентрированной форме (в виде пищи), и для их поглощения не требуется большая поверхность тела. Однако органические вещества, входящие в состав пищи, являются лишь резервом энергетического и пластического материала и не могут быть использованы непосредственно для построения и функционирования животных организмов; их утилизация происходит в процессе катаболизма.

Важнейшим звеном катаболизма является дыхание, благодаря которому все клетки животного организма обеспечиваются энергией в форме АТФ и всем разнообразием промежуточных метаболитов, необходимых для синтеза собственных (специфических для данного вида) органических соединений: белков, нуклеиновых кислот и т.д. Для осуществления этого процесса животным организмам, как и растительным, необходимы не только субстраты дыхания – органические вещества, но и кислород, который используется как окислитель этих соединений.

У животных различают внешнее дыхание и клеточное, или тканевое, дыхание. Внешнее дыхание – это совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода и удаление углекислого газа. У всех животных организмов, как и растительных, газообмен происходит путем диффузии. Для того чтобы диффузия могла происходить эффективно, дыхательная поверхность должна удовлетворять нескольким требованиям:

1) она должна быть проницаемой, чтобы газы могли сквозь нее проходить;

2) образующий ее слой должен быть тонким, потому что диффузия эффективна на расстоянии не более 1 см;

3) она должна быть влажной, так как оба газа – O_2 и CO_2 – диффундируют в растворе;

4) дыхательная поверхность должна иметь большую площадь, которая позволяет обмениваться с окружающей средой достаточным количеством газов в соответствии с потребностями организма [59, с. 60].

В процессе длительной эволюции животных их органы дыхания «получили» такие свойства (структурные и функциональные адаптации), которые делают дыхательную поверхность максимально эффективной

для диффузии. Так, основной дыхательный орган наземных животных – легкие – имеют большую дыхательную поверхность в виде сотен альвеол с общей площадью в десятки квадратных метров. В то время как толщина их стенок составляет всего лишь 0,0001 мм. Снаружи стенки альвеол покрыты густой сетью кровеносных капилляров. Все они берут начало от легочной артерии, объединяются и образуют легочную вену.

Следовательно, дыхательная поверхность легких максимально приспособлена для протекания диффузии газов. При вдохе кислород воздуха растворяется в слое влаги на поверхности эпителия альвеол, затем диффундирует через тонкий барьер эпителия и поступает в плазму крови, где соединяется в эритроцитах с гемоглобином, образуя оксигемоглобин. В такой форме кислород доставляется током крови ко всем клеткам организма. Углекислый газ диффундирует в обратном направлении в полость альвеол. Когда кровь покидает альвеолы, парциальное давление кислорода и углекислого газа в ней те же, что и в воздухе альвеолы.

Основным органом дыхания водных животных являются жабры. Их дыхательная поверхность также обладает всеми указанными выше свойствами, которые необходимы для диффузии газов. Однако содержание кислорода в воде значительно ниже, чем в атмосфере, и поэтому водные организмы, например, рыбы, вынуждены пропускать над дыхательной поверхностью для удовлетворения своих метаболических нужд большие объемы воды.

Вода в природе играет исключительно важную роль. Ее главное значение заключается в том, что она является одним из важнейших (а в геологическом плане, вероятно, важнейшим) организующих начал природной среды. В природном пространстве вода выполняет одновременно две главные функции. Она выступает как важнейший фактор дифференциации природных систем, обособляющий их друг от друга. Вместе с тем, благодаря своей способности сохранять во всех своих состояниях некоторые универсальные свойства, прежде всего подвижность и сплошность (неразрывность), вода формирует каналы взаимосвязи между природными системами, обуславливая их вещественно-энергетическое (и информационное) взаимодействие. Тем самым вода выступает в природном пространстве как важнейший фактор интеграции природных систем, «стягивающий» их в единое целое.

Содержание воды в живых организмах в среднем составляет 80 %, и это не случайно. Она является той средой, в которой растворяются

газы и твердые вещества, поступающие извне, она же предопределяет и их перемещение внутрь клеток путем диффузии. Через фосфолипидные мембраны быстро диффундируют газы (O_2 и CO_2), перемещаясь по диффузионному градиенту, т.е. из области с высокой концентрацией в область с низкой концентрацией. Гораздо медленнее через полупроницаемую мембрану диффундируют ионы и малые полярные молекулы, такие как глюкоза, аминокислоты, жирные кислоты и глицерол. Более быстро через мембраны проходят незаряженные и жирорастворимые (липофильные) молекулы. Модификацией этого механизма является так называемая облегченная диффузия, при которой веществу помогает пройти через мембрану какая-либо специфическая молекула. У этой молекулы может быть особый канал, пропускающий вещества только одного типа. Примером такого перемещения служит поступление глюкозы в эритроциты; оно не нарушается ингибиторами дыхания и, следовательно, не является активным процессом [59, с. 221].

Внутри клеток вещества также в основном перемещаются за счет диффузии, что предопределяет их соприкосновение, скорость химических реакций и, в конечном итоге, интенсивность обмена веществ и процесса жизнедеятельности в целом. Снижение содержания воды в клетках детерминирует уменьшение скорости диффузии растворенных в ней веществ и химических реакций. Это существенно понижает уровень метаболизма клеток и приводит к затуханию жизни. Данная тенденция очень четко прослеживается при созревании семян.

Таким образом, вода, являясь уникальной средой, обеспечивает постоянные потоки вещества и энергии через организмы, тем самым предопределяя их процессы жизнедеятельности. Однако прежде чем выполнить такие функции, она сама должна поступить в клетки.

Выбор природой воды как диффузионной среды не случаен, это обусловлено ее уникальными свойствами. Величина теплоемкости воды в 5–30 раз больше, чем других веществ; нагретая вода долго сохраняет тепло. Она поглощает инфракрасные лучи и регулирует температуру планеты. Жидкая вода, за счет большого числа водородных связей, обладает значительной теплопроводностью и большой скрытой теплотой испарения. Благодаря большому числу водородных связей у нее большое внутреннее сцепление. Полярность молекул воды обуславливает ее свойство растворять вещества лучше, чем другие жидкости. Растворение кристаллов неорганических соединений осуществляется благодаря гидратации входящих

в их состав ионов. Хорошо растворяются в воде органические вещества, с карбоксильными, карбонильными и другими группами которых вода образует водородные связи.

Вышесказанное позволяет констатировать, что диффузия играет исключительно важную роль в процессах обмена веществ между организмами и окружающей средой. Ключевую роль в этом обмене играет вода. Она сама поступает в живые системы по законам диффузии и выполняет в них разнообразные функции, вместе с тем она выполняет и роль среды, в которой осуществляется диффузия молекул (атомов, ионов) газообразных и твердых веществ. Следовательно, диффузия воды предопределила и диффузию других веществ.

Процесс диффузии лежит не только в основе преобразования вещества, но и в основе трансформации различных форм энергии. Все биохимические реакции сопровождаются изменениями энергии, поэтому понимание сущности энергетических преобразований является исключительно важным, так как позволяет управлять этими реакциями и, в конечном итоге, процессом жизнедеятельности в целом.

Центральной проблемой биоэнергетики на протяжении более 30 лет было выяснение механизма, с помощью которого энергия, освобождаемая при окислении субстратов или при поглощении света, может использоваться для катализа энергозависимых процессов, таких как синтез АТФ из АДФ и P_i (окислительное и фотосинтетическое фосфорилирование) или перенос ионов через мембрану против градиента их концентрации [117, с. 9]. Значительная часть АТФ образуется в ферментативных комплексах, локализованных в так называемых сопрягающих мембранах. К ним относятся: плазматическая мембрана прокариотических клеток (бактерий и сине-зеленых водорослей), внутренняя мембрана митохондрий и мембрана тилакоидов хлоропластов.

Фундаментальная роль диффузии в энергетических преобразованиях хорошо просматривается на примере механизма фотофосфорилирования, имеющего место в световой фазе фотосинтеза. При поглощении квантов света длинноволновыми формами хлорофилла – Р 700 и Р 680, которые являются главными компонентами электронтранспортной цепи (ЭТЦ) хлоропластной мембраны, их окислительно-восстановительные (о/в) потенциалы резко падают, например, о/в потенциал Р 700 меняется с +0,43 до –0,6 В., в то время как все остальные компоненты ЭТЦ имеют более положительные о/в потенциалы. В результате этого между компонентами ЭТЦ создается градиент электронной плотности, поэтому электроны по ним текут самопроизвольно, т.е. путем электронной диффузии.

Энергия, которая освобождается при транспорте электронов по ЭТЦ, используется для создания нового градиента – протонов на внутренней и внешней поверхности тилакоидной мембраны (протонная помпа). Повышение концентрации протонов внутри тилакоидов происходит и за счет фотоокисления воды, которая является конечным донором электронов.

В результате неравномерного распределения H^+ по обе стороны мембраны создается разность химических потенциалов ионов водорода, которая детерминирует возникновение электрохимического потенциала протонов ($\Delta\mu_{H^+}$), включающего две составляющие: концентрационную (Δp_H), возникающую в результате неравномерного распределения ионов H^+ по обе стороны мембраны, и электрическую, обусловленную возникновением противоположного заряда на поверхности мембран, т.е. образованием мембранного потенциала [149, с. 207]. Таким образом, при фотосинтетическом фосфорилировании энергия электронов первоначально запасается в виде электрохимического мембранного потенциала протонов. В последующем при участии АТРа3 (сопрягающего фактора) происходит разрядка мембраны тилакоидов, и протоны путем диффузии перетекают на внешнюю сторону тилакоидной мембраны, ликвидируя ранее созданный электрохимический градиент ионов водорода. Энергия, которая при этом освобождается, используется на химическую работу – синтез АТР из АДФ и P_i .

В сопрягающих мембранах, кроме редокс-цепей и H^+ – АТРа3ы, имеются и другие насосы, создающие электрохимические потенциалы: Na^+ , K^+ – АТРа3а, Ca^{2+} – АТРа3а, анионная АТРа3а. Их функционирование создает электрохимические мембранные потенциалы – ($\Delta\mu_{Na^+}$), ($\Delta\mu_{K^+}$) и др. Все перечисленные выше электрохимические мембранные потенциалы, являясь резервными формами энергии, способны к взаимопревращениям, а также могут быть использованы в химической, осмотической, тепловой и других видах работ [131, с. 18]. Во всех этих превращениях важную роль играет диффузия.

Приведенные выше рассуждения позволяют заключить, что диффузия, как фундаментальное явление материи, лежит в основе превращения и вещества и энергии. Ее проявление имеет место на всех уровнях организации природных систем на нашей планете, начиная уровнем элементарных частиц и заканчивая геосферой. В живой природе диффузия непрерывно обеспечивает обмен веществом, энергией и информацией между

организмами и окружающей средой, в результате чего они могут поддерживать свою структурную и функциональную организацию на определенном уровне и даже повышать ее в процессе онтогенеза и филогенеза, сохраняя и развивая тем самым биологическую форму движения материи в пространстве и во времени.

Диффузия, как фундаментальное естественнонаучное понятие, отражает взаимодействие дискретных элементов материи на всех уровнях ее организации. Усвоение данного понятия на теоретическом уровне вооружит учащихся и студентов мощным методологическим приемом познания объектов материального мира и материи в целом. Планомерное и систематическое развитие данного понятия в курсах физики, химии, биологии, географии и др. является исключительно важным, так как позволит интегрировать знания на теоретическом уровне, который является основой для научного мировоззрения. В то время как «Современное содержание предметов естественного цикла, – по мнению одного из ведущих методистов современности А.В. Усовой, – не обеспечивает раскрытия перед учащимися взаимосвязи физических, химических и биологических форм движения материи, общности фундаментальных естественно-научных понятий, законов, теорий, общности методов исследования» [188, с. 5].

1.12. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ПОНЯТИЯ «СОПРЯЖЕННАЯ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ РЕАКЦИЯ» В КУРСАХ ХИМИИ И БИОЛОГИИ

Выход молекулярной биологии на передовые позиции биологической науки во многом должен определять стратегию содержания биологического образования в силу того, что основополагающим принципом его содержания является принцип научности. Отсюда следует, что изучение и понимание процессов на молекулярном и субмолекулярном уровнях в курсе общей биологии возможно только *на понятийной основе физики, химии и математики*. Следует постоянно помнить, что биология не только должна опираться на понятия, законы и теории этих курсов, но и развивать (углублять) их при изучении объектов и явлений живой природы. Только в этом случае будет реализован главный принцип теории развития понятий, согласно которому *понятия формируются в развитии и взаимосвязи*. При реализации такого принципа на практике в школе и вузе можно

надеяться, что знания обучаемых достигнут теоретического уровня, который будет являться базой для будущих специалистов при выдвигании новых идей и подходов в биологической науке.

Непосредственной основой биологической формы движения материи является химическая, которая сама прошла длительный путь своего развития. Отражением этого является перечень химических наук (дисциплин), которые вытекают одна из другой: неорганическая химия → органическая химия → биохимия. Для подтверждения упомянутой выше закономерности развития химической формы движения материи выбраны только те науки (дисциплины), которые изучаются в школе. Следует также сделать оговорку и в отношении биохимии. Данная дисциплина как самостоятельная в школе не изучается, однако в курсе общей биологии, в разделах «Цитология» и «Генетика», она представлена в той или иной мере.

При изучении химической формы движения материи в качестве основной также должна быть взята *идея о единстве дискретности и непрерывности химической организации вещества*. Взятие ее на вооружение в качестве методологии позволит выявить общие закономерности химических превращений у всех известных веществ, что приведет к созданию единой химической теории, которая будет не только объяснять все существующие механизмы химических реакций, но и предсказывать новые.

С методологической и методической точек зрения очень важно проследить развитие и взаимосвязь основных теорий, законов и понятий, которые отражают *эволюцию (усложнения и разнообразия) вещества как одной из форм существования материи*. Одним из основных понятий химии, выполняющих методологическую функцию при изучении физиолого-биохимических процессов в интактной клетке на молекулярном уровне, является понятие «окислительно-восстановительная реакция». С философской точки зрения эта диалектическая пара представляет несомненный интерес, так как, обладая двойственной реакционной способностью, окислительно-восстановительные реакции во многом определяют эволюцию вещества, подчиняясь основному закону природы – единства и борьбы противоположностей.

Понятие «окислительно-восстановительная реакция» закладывается в курсе неорганической химии в восьмом классе. В параграфе «Окислительно-восстановительные реакции» указывается: *«химические реакции, в результате которых происходит изменение степеней окисления атомов химических элементов, образующих реагирующие вещества, называют окислительно-восстановительными реакциями»* [43, с. 173].

В процессе изучения этого курса в 9 классе понятия «окисление» и «восстановление» используются при рассмотрении свойств металлов, галогенов и кислорода, что дает основание для утверждения о том, что происходит их дальнейшее развитие, однако в диалектическом единстве как «окислительно-восстановительная реакция» они не применяются.

К числу базовых фундаментальных дисциплин относится и органическая химия, которая вносит существенный вклад в понимание биологической формы движения материи и материального мира в целом. Органическая химия отражает следующий этап эволюции вещества, когда появились новые принципы его организации, приведшие к еще большему усложнению и разнообразию структур (молекул) и свойств этого вида материи.

Учитывая генетическую связь между неорганической и органической природой вещества, вполне резонно предположить, что окислительно-восстановительный принцип взаимодействия атомов и молекул будет работать и в органической химии. Однако в школьном курсе органической химии окислительно-восстановительный принцип классификации органических реакций вообще не используется [42]. Вместе с тем при изучении биохимических реакций в школьном курсе общей биологии понятие «окислительно-восстановительная реакция» вновь начинает работать в той или иной степени. Такой парадокс в «логике развития» (а точнее неразвития) данного химического понятия негативно сказывается на понимании сущности физиолого-биохимических процессов (фотосинтеза, дыхания и др.), изучаемых на молекулярном уровне в школьном курсе общей биологии.

Исследование данной проблемы позволило выявить, что ее возникновение обусловлено как объективными, так и субъективными факторами. Объективным фактором, обуславливающим появление подобной проблемы, является специфика предмета изучения органической химии – гидридов углерода (углеводородов) с их особыми свойствами, которых нет у гидридов других элементов. Специфика этих соединений заложена в своеобразных и неповторимых свойствах атома углерода, обусловленных его электронной структурой. Атом углерода находится в четвертой группе периодической системы Д.И. Менделеева, и после его возбуждения, необходимого для химического взаимодействия, он не имеет на валентной оболочке ни электронных пар, ни вакантных низколежащих орбиталей. Поэтому в соединениях углерода, использовавшего все четыре валентных электрона в сигма-связях, возникают стабильные электронные состояния без свободного химического сродства. Это валентно-насыщенные молекулы.

Несмотря на это, ведущие специалисты допускают использование понятия «окислительно-восстановительная реакция» в органической химии. Так, например, Б.Д. Березин и Д.Б. Березин отмечают, что *«органические реакции так же, как и неорганические, могут быть классифицированы по общим признакам на реакции переноса: единичного электрона (окислительно-восстановительные реакции), электронных пар (реакции комплексообразования), протона (кисотно-основные реакции) и др.* Вместе с тем многообразие и большое своеобразие органических реакций приводит к необходимости и целесообразности их классификации по другим признакам: 1) по электронной природе реагентов (нуклеофильные, электрофильные, свободнорадикальные реакции замещения или присоединения); 2) по изменению числа частиц в ходе реакции (замещение, присоединение, диссоциация, ассоциация); 3) по частным признакам (гидратация и дегидротация, гидрирование и дегидрирование и др.)...» [12, с. 183–184].

Подобную точку зрения высказывает Х. Беккер, который в разделе «Окисление и дегидрирование» приводит следующую трактовку понятия «окислительно-восстановительная реакция»: *«Окислительно-восстановительная (редокс-) реакция состоит в передаче электронов от восстановителя (донора электронов, нуклеофильного соединения) к окислителю (акцептору электронов, электрофильному соединению); при этом восстановитель окисляется, а окислитель восстанавливается»* [124, с. 5]. Однако это общее определение, указывает данный автор, можно применить и к органическим реакциям, протекающим с созданием и разрывом ковалентных связей, если ввести понятие *формального числа окисления* (степени окисления). Констатируя факт, что в органической химии понятие «окисление» не получило широкого распространения, данный автор вместе с тем отмечает, что *«в органической химии под окислением понимают потерю электронов, отщепление водорода или введение кислорода. Часто отщепление водорода сопровождается присоединением кислорода»* [124, с. 5].

Приведенные аргументы свидетельствуют, что при изучении курса органической химии понятие «окислительно-восстановительная реакция» может быть применено при рассмотрении механизмов протекания некоторых органических реакций, например, реакций гидрирования–дегидрирования, в которых они являются практически синонимами. Из этого следует, что при изучении курса органической химии учителю

следует на соответствующем материале *развивать понятие «окислительно-восстановительная реакция»*, т.е. *показывать, что одна и та же реакция в зависимости от используемой классификации может интерпретироваться по-разному* (субъективный фактор). Такой подход будет методологически и методически обоснован, так как обеспечит дальнейшее углубление и расширение важнейшего естественно-научного понятия «окислительно-восстановительная реакция», что создаст необходимый фундамент для изучения механизмов биохимических реакций, которые будут рассматриваться в курсе общей биологии.

Подобный вывод согласуется с мнением известного философа В.С. Вязовкина, который указывает, что «...от современного химика требуется избавиться от шор узкопрофессиональных представлений, диктуемых его наукой. Он должен уметь усваивать опыт родственных химии наук (например, физики и биологии), видеть связи, существующие между химической проблемой и сходными проблемами пограничных отраслей знания, оперировать понятиями и теоретическими представлениями смежных наук. В нынешних условиях способность взглянуть на проблему с точки зрения «чужой» науки содействует успешной работе творческого мышления» [40, с. 162]. Данный исследователь указывает также, что химик имеет дело не с отдельными объектами, а с их целыми группами, поэтому закономерным следствием этой особенности является серийный характер эмпирических данных и первоначальных теоретических обобщений. Сущностный характер химического (биологического) стиля мышления ориентирует исследователя на то, чтобы обнаружить в многообразии эмпирических фактов проявление одной и той же сущности [там же, с. 167].

1.12.1. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ПОНЯТИЯ «ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ РЕАКЦИЯ» ПРИ ИЗУЧЕНИИ КЛЕТОЧНОГО МЕТАБОЛИЗМА

Результатом разрешения противоречий в химической форме движения материи явилось возникновение на ее основе более высокоорганизованной формы движения материи, которая именуется жизнью. Возникновение жизни на нашей планете, по мнению Н.П. Дубинина, связано, прежде всего, с актом появления в целостной системе взаимодействия *специфических веществ, энергии и информации* [68, с. 6].

Главным функциональным критерием всего живого, по определению Ф. Энгельса, является *обмен веществ*. Поэтому неслучайно корифеи методики биологии – Н.М. Верзилин и В.М. Корсунская – подчеркивают, что «важнейшее понятие об обмене веществ, связанном с жизненными функциями и условиями жизни, требует особого внимания... Планомерному развитию понятия об обмене веществ мешает отсутствие должного внимания обмену внутриклеточному, внутритканевому и превращениям энергии» [26, с. 90, 93].

В основе обмена веществ биологических систем разного уровня организации с окружающей их средой лежат физические и химические явления, обуславливающие превращения вещества и энергии. Поэтому и содержание понятия «обмен веществ» раскрывается через понятия «вещество» и «энергия», что четко отражено в одном из его определений: «*Обмен веществ* (метаболизм – от греч. *metabole* – перемена) – совокупность всех *химических изменений и всех видов превращений веществ и энергии* в организмах, обеспечивающих развитие, жизнедеятельность и самовоспроизведение организмов, их связь с окружающей средой и адаптацию к изменениям внешних условий. Основу обмена веществ составляют взаимосвязанные процессы *анаболизма и катаболизма*, направленные на непрерывное обновление живого материала и обеспечение его необходимой энергией» [154, с. 905] (курсив наш. – С.П.). В приведенном определении обмена веществ в связи с рассматриваемой проблемой следует выделить два момента: 1) в основе обмена веществ (метаболизма) лежат химические изменения, т.е. реакции; 2) развитие данной функции организмов определяет диалектическая пара: анаболизм–катаболизм.

Применяя законы формальной логики, нетрудно предсказать, что в основе анаболизма и катаболизма также лежат явления превращения вещества и энергии, обусловленные, в первую очередь, химическими реакциями. Эти моменты зафиксированы в энциклопедических словарях, интерпретирующих понятия анаболизма и катаболизма [14, с. 414]. Наиболее важный процесс анаболизма, имеющий планетарное значение, – *фотосинтез*, катаболизма – *дыхание*. Основой этих процессов также являются химические (биохимические) реакции, среди которых исключительно важную роль играют реакции окислительно-восстановительного типа.

Приведенные логические рассуждения дают основание для утверждения, что раскрытие содержания фундаментальных биологических понятий: обмена веществ (метаболизма), анаболизма, катаболизма, фотосинтеза,

дыхания во многом будет определяться степенью сформированности базового для них понятия «окислительно-восстановительная реакция» в курсах неорганической и органической химии.

Важнейшей особенностью живой материи является ее способность извлекать из окружающей среды и преобразовывать энергию, которая расходуется на построение и поддержание характерной для живого сложной структурной организации, причем в качестве сырья используются простые исходные материалы. Рассматривая вопрос об энергетической составляющей живого, К. Вилли отмечает: «Нескончаемый поток энергии в клетке, поток энергии от одной клетки к другой или от одного организма к другому и составляет сущность жизни» [29, с. 79]. Живые организмы и составляющие их клетки высокоорганизованны, и поэтому их энтропия невелика. Они сохраняют это «низкоэнтропийное» состояние за счет повышения энтропии внешней среды.

Рассматривая физиологические функции клетки, Х. Иост подчеркивает, что «постоянное взаимопревращение различных форм энергии как раз и обеспечивает способность организма поддерживать самые разнообразные жизненные функции. Главное, что нас интересует при рассмотрении биологических систем, это не сам факт превращения энергии, а тот способ, посредством которого это превращение совершается» [76, с. 120]. «Основным источником полезной энергии в биологических процессах являются реакции окисления–восстановления» [там же, с. 139] (курсив наш. – С.П.).

В живой природе различают три основных вида превращения энергии: 1. Энергия квантов света (крайне неустойчивая форма энергии) улавливается хлорофиллом, дополнительными пигментами и трансформируется (запасается) в форме энергии химических связей углеводов и других органических соединений. Данное преобразование происходит в процессе *фотосинтеза*, который является функцией хлоропластов. 2. Устойчивая форма энергии, заключенная в химических связях органических соединений, преобразуется в лабильную форму энергии, содержащуюся в макроэргических связях АТФ. Это превращение происходит в процессе *клеточного дыхания* и осуществляется в основном в митохондриях. Анаэробная фаза дыхания – гликолиз – протекает в цитоплазме. 3. Превращение энергии, происходящее при использовании клеткой лабильной энергии макроэргических связей АТФ на выполнение различных форм работы: механическую, осмотическую, тепловую и т.д.

Из приведенных выше аргументов следует, что основными процессами живой природы, позволяющими поглощать (использовать) энергию внешней среды, запасать ее в виде устойчивых связей органических соединений и при необходимости переводить в лабильную форму энергии макроэргических связей АТФ, являются процессы фотосинтеза и дыхания. Фотосинтез и дыхание также необходимо рассматривать как диалектическую пару, которая составляет сущность углеводного обмена, играющего исключительно важную роль в обеспечении энергетическим и пластическим материалом все другие частные обмены (белковый, липидный, нуклеиновый и т.д.).

Понимание сущности фотосинтеза и дыхания на молекулярном и субмолекулярном уровнях при изучении их в школьном курсе биологии во многом зависит от того, насколько глубоко сформировано у школьников понятие «сопряженная окислительно-восстановительная реакция». Необходимость такого требования вытекает из того, что данный тип реакций лежит в основе этих процессов, о чем свидетельствуют мнения ряда видных специалистов как в области химии, так и в области биохимии и физиологии клетки. Так, например, видный специалист в области органической химии Б.Д. Березин пишет: «По современным представлениям, фотосинтез в зеленом листе – это сложнейший физический, химический и биологический процесс *окислительно-восстановительного превращения* H_2O и CO_2 в углеводы и другие органические соединения, инициируемый хлорофиллом *a* в фотосинтетическом аппарате» [12, с. 735]. Другой известный ученый в области биохимии растений, анализируя историю изучения фотосинтеза, отмечает, что «все имеющиеся в нашем распоряжении экспериментальные данные свидетельствуют о правильности мысли, высказанной в свое время К.А. Тимирязевым и А.Н. Бахом, согласно которой фотосинтез представляет собой цепь *окислительно-восстановительных реакций*» [89, с. 275]. Анализируя физико-химические основы фотосинтеза, Г.Г. Комиссаров отмечает: «Фотосинтез – сложный биологический процесс, состоящий из большого числа сопряженных окислительно-восстановительных реакций» [83, с. 28].

В рамках рассматриваемой проблемы исключительно авторитетным является мнение крупных специалистов в области биохимии и физиологии фотосинтеза Б.А. Рубина и В.Ф. Гавриленко, которые в своей монографии констатируют: «Исследования последних лет позволили с большой определенностью установить природу реакций преобразования энергии.

Они показали, что в реакционном центре возбужденная молекула хлорофилла взаимодействует с системой доноров и акцепторов электронов, осуществляя перенос электрона от донора к акцептору против термодинамического градиента. Взаимодействие хлорофилла с энзиматическими системами осуществляется в *реакциях окислительно-восстановительного типа* [149, с. 43].

Согласно современным представлениям процесс фотосинтеза условно можно разделить на три этапа: *фотофизический, фотохимический и биохимический*. Фотофизический этап включает реакции поглощения электромагнитной энергии, запасания ее в виде электронного возбуждения и миграции в липопротеидном комплексе. В ходе фотохимического этапа энергия электронного возбуждения тушится в серии фотохимических (окислительно-восстановительных) реакций, приводящих к образованию лабильных, богатых энергией фотопродуктов (АТФ и NADPH). На данном этапе происходит фотоокисление воды и выделение кислорода. На биохимическом этапе энергетические эквиваленты АТФ и NADPH используются для восстановления углекислого газа до углевода.

На основании вышеизложенного можно утверждать, что окислительно-восстановительные реакции играют важную роль в этом уникальном процессе живой природы, и, если характеризовать фотосинтез только с химической точки зрения, то можно дать следующее определение: «*Фотосинтез – это окислительно-восстановительный процесс, в котором происходит восстановление углерода углекислого газа до углерода углеводов и окисление кислорода воды до свободного кислорода*».

Углеводы, образовавшиеся в процессе фотосинтеза, являются резервом энергетического и пластического материала. Часть этих веществ может непосредственно использоваться для построения оболочки растительных клеток. Однако энергия, запасенная в химических связях этих соединений, непосредственно использоваться не может, так как является весьма устойчивой. Для ее преобразования в лабильную форму энергии макроэргических связей АТФ необходим другой процесс, таковым является дыхание.

Дыхание – второе важнейшее звено углеводного обмена, в основу которого природа также «положила» окислительно-восстановительные реакции. В понимании химизма дыхания большое значение сыграли работы Баха и Палладина. Заслуга первого ученого состоит в том, что его опыты заложили основы современного понимания механизмов активации кислорода путем образования пероксидов [10]. Второй исследователь доказал,

что кислород необходим для отнятия электронов и протонов от субстрата, в результате чего образуется вода (Палладин В.И., 1960). Следовательно, вышеназванные ученые доказали, что по своей сути *дыхание представляет окислительно-восстановительный процесс*.

В дальнейших исследованиях по изучению механизма дыхания данное положение нашло полное подтверждение. Примером тому являются высказывания ученых с мировым именем. Так один из ведущих биохимиков А. Ленинджер при общей характеристике брожения и дыхания констатирует: «... все гетеротрофные организмы в конечном счете получают энергию в результате *окислительно-восстановительных реакций*, иными словами, таких реакций, в которых электроны переносятся от доноров электронов, т.е. восстановителей, к акцепторам электронов, т.е. окислителям» [97, с. 362]. Другие, не менее известные ученые в области биологии – К. Вилли, В. Датье – указывают, что «все живые клетки получают биологически полезную энергию за счет ферментативных реакций, в ходе которых электроны переходят с одного энергетического уровня на другой. Для большинства организмов конечным акцептором электронов служит кислород, который, взаимодействуя с электронами и ионами водорода, образует молекулы воды. Передача электронов к кислороду происходит при участии заключенной в митохондриях ферментативной системы – системы переноса электронов. В ходе этого процесса энергия электронов связывается в биологически полезной форме – в виде энергии макроэргических соединений, таких как аденозинтрифосфат (АТФ). Передача электронов через систему переноса электронов происходит путем ряда последовательных *реакций окисления–восстановления*, которые в совокупности носят название *биологическое окисление*» [29, с. 102]. Еще одним подтверждением обсуждаемого положения является факт использования данного понятия в отечественных вузовских учебниках и, в частности, в курсе физиологии растений, автором которого является Н.И. Якушкина: «С химической точки зрения дыхание – это медленное окисление. При *окислительно-восстановительных реакциях* происходит перенос электрона от донора DH_2 (который окисляется) к акцептору A (который восстанавливается): $DH_2 + A \rightarrow D + AH_2$ » [211, с. 213].

Для окисления углеводов, белков и жиров, которые являются основными субстратами дыхания, достаточно трех реакций: подготовительной (реакция гидролиза), дегидрирования и декарбоксилирования. Из них ключевую роль в энергетическом смысле играют реакции *дегидрирования*,

которые по своей сущности являются реакциями *окислительно-восстановительного типа*. На этом делают акцент ведущие специалисты, как в области биологии, так и биохимии. Так, например, вышеупомянутые биологи К. Вилли и В. Датье подмечают, что *«все реакции дегидрирования – это, по определению, окислительные реакции, сопровождающиеся отнятием электронов»* [29, с. 105]. Биохимик А. Ленинджер при характеристике окислительно-восстановительных реакций выделяет несколько их видов. *«Окислительно-восстановительными называются такие реакции, в процессе которых происходит перенос электронов от донора электронов (восстановителя) к акцептору электронов (окислителю). В некоторых окислительно-восстановительных реакциях перенос электронов осуществляется путем передачи атомов водорода; таким образом, дегидрирование и окисление представляют собой по существу два эквивалентных процесса. В других реакциях может иметь место одновременный переход как электрона, так и атома водорода [97, с. 425].»*

Приведенные аргументы также свидетельствуют, что в основе дыхания лежат окислительно-восстановительные реакции, и если давать определение данному процессу с химической точки зрения, то оно может выглядеть следующим образом: *«Дыхание – это окислительно-восстановительный процесс, в котором происходит окисление углерода углеводов до углерода углекислого газа и восстановление молекулярного кислорода до кислорода воды».*

Первичными акцепторами электронов (водородов) в окислительно-восстановительных реакциях (дегидрирования) служат пиридиннуклеотиды – никотинамидадениндинуклеотид (NAD^+) и никотинамидадениндинуклеотидфосфат ($NADP^+$), которые являются коферментами анаэробных дегидрогеназ. Функциональной концевой группой этих пиридиннуклеотидов служит витамин никотинамид (амид никотиновой кислоты, ниацин). Эти два пиридиннуклеотида отличаются друг от друга по числу фосфатных групп: NAD^+ содержит две, а $NADP^+$ – три фосфатные группы в концевой части молекулы, присоединенной к кольцу никотинамида.

Кольцо никотинамида получает два электрона и два протона от молекулы, которая подвергается дегидрированию (окислению), например, молочной кислоты, и превращается в восстановленный никотинамиддинуклеотид ($NADH$), освобождая один протон, который уходит в среду.

Восстановленные $NADH$ и $NADPH$ не могут реагировать с кислородом: их электроны должны пройти через промежуточные акцепторы переноса

электронов (цитохромы и др.), прежде чем они смогут быть переданы на кислород. Движение электронов (H) по электронтранспортной цепи происходит по термодинамическому градиенту и сопровождается поэтапным выделением энергии. При наличии сопрягающих механизмов (АТРаз) энергия, выделившаяся в ходе окислительно-восстановительных реакций используется на синтез АТР из АDP и P_i. Следовательно, при движении электрона (водорода) по ЭТЦ имеют место два процесса: окисление и фосфорилирование (сопряженность реакций, которые ученые объединили в одно понятие «окислительное фосфорилирование»).

Приведенный выше материал свидетельствует о том, что развитие материи идет по пути ее усложнения и разнообразия. Это просматривается на конкретных ее видах существования и, в частности, на такой форме ее проявления, как вещество. Взаимодействия элементарных частиц (в том числе и электрона) на уровне физической формы движения материи привели к новому уровню ее организации – атомарному, который обозначил начало существования химической формы движения материи. В дальнейшем развитии этой формы существования материи электроны также сыграли немаловажную роль, во многом определяя механизмы взаимодействия атомов различных химических элементов друг с другом, что привело к образованию более сложных и разнообразных структур вещества – неорганических молекул. В неорганической материи, как на атомарном, так и молекулярном уровнях, роль электронов наиболее ярко проявляется в *окислительно-восстановительных реакциях*, которые внесли важный вклад в образование нового уровня организации вещества – органического.

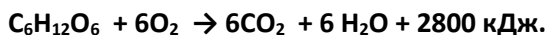
При взаимодействии органических соединений – углеводов – окислительно-восстановительные реакции усложняются: их сущность состоит не только в передаче электронов, но и протонов. Дальнейшая химическая эволюция вещества, в основе которой лежит взаимодействие неорганических веществ и органических – углеводов, привела к созданию новых классов органических соединений, прежде всего биополимеров: белков и нуклеиновых кислот, которые составляют основу живой материи. Создание этих соединений привело к тому, что *механизмы окислительно-восстановительных реакций, лежащие в основе биологических процессов, играют важную роль в обеспечении клетки энергией и промежуточными метаболитами, стали более разнообразными и занимают центральное место.*

Приведенные аргументы свидетельствуют о том, что по мере эволюции вещества совершенствовались формы и повышалась значимость окислительно-восстановительных реакций. Биологическая форма движения материи использует все виды окислительно-восстановительных реакций, характерных как для неорганических веществ, так и для наименее сложных органических – углеводов, что во многом обеспечивает ее новое качество, которое именуется *жизнью*. Данная стратегия природы хорошо отражена в научной и вузовской учебной литературе по химии и биологии, что же касается школьных учебников по данным дисциплинам, то вряд ли можно говорить о диалектическом развитии понятия «окислительно-восстановительная реакция» в процессе их изучения.

1.12.2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ПОНЯТИЯ «ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ РЕАКЦИЯ» В ШКОЛЬНОМ КУРСЕ ОБЩЕЙ БИОЛОГИИ

Как уже отмечалось выше, формирование понятия «окислительно-восстановительная реакция» в школе начинается в курсе неорганической химии, и его содержание увязывают только с принятием и отдачей электронов атомами или ионами, которые участвуют в реакции, и это вполне оправдано. Однако в школьном курсе общей биологии это понятие не развивается. Это негативно отражается на понимании обучающимися таких важнейших биологических процессов, как катаболизм и анаболизм. Остановимся на конкретном примере неумелого использования понятия «окислительно-восстановительная реакция» в учебнике общей биологии под редакцией В.Б. Захарова, который доминирует в большинстве школ [74, с. 123–126].

Основу катаболизма, как известно, составляет процесс дыхания, и авторы учебника вполне обоснованно приводят общее уравнение этого процесса. Комментарий же к нему следующий: «При расщеплении глюкозы энергия выделяется поэтапно при участии ряда ферментов согласно итоговому уравнению:



Учитывая вышесказанное, более уместным был бы следующий комментарий. С химической точки зрения дыхание – это окислительно-восстановительный процесс, при котором происходит окисление углерода углеводов до углерода углекислого газа и восстановление свободного

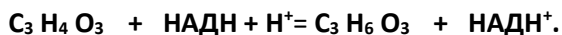
кислорода до кислорода воды. Энергия, освобождаемая в этих реакциях, используется на синтез АТФ из АДФ и Фн.

Следует особо отметить, что на понимание сущности окислительно-восстановительных реакций при формировании понятия дыхания (а также фотосинтеза) негативно сказывается исключение из содержания материала в разделе «Цитология» понятий «НАД⁺» и «НАДФ⁺». Поэтому авторы вышеупомянутого учебника по общей биологии, рассматривая анаэробный этап дыхания – гликолиз, вынуждены прибегать к менее научным терминам: «...в мышцах в результате анаэробного дыхания молекула глюкозы распадается (следовало сказать окисляется, прим. автора) на две молекулы пировиноградной кислоты (C₃ H₄ O₃), которые восстанавливаются в молочную кислоту (C₃ H₆ O₃)» [45, с. 125].

По-видимому, данной фразой авторы учебника запутывают не только учащихся, но и самих себя. В научном стиле и смысле данная фраза должна звучать так: ...в мышцах в результате анаэробного дыхания молекула глюкозы окисляется до двух молекул пировиноградной кислоты. Отнятые от данной молекулы водороды идут на восстановление НАД⁺ до НАДН + Н⁺. В дальнейших превращениях судьба пировиноградной кислоты может быть двоякой: при наличии кислорода она будет окисляться до углекислого газа (с образованием промежуточных метаболитов); при его отсутствии – восстанавливаться до молочной кислоты, используя для этого водороды молекулы НАДН + Н⁺ и окисляя последнюю до НАД⁺. При таком подходе в качестве иллюстрации сущности процесса гликолиза в общем виде можно было привести следующее общее уравнение:



А восстановление пировиноградной кислоты до молочной кислоты, которое имеет место в отсутствии кислорода представить в виде уравнения:



Вышесказанное позволяет заключить, что важнейшее понятие «окислительно-восстановительная реакция», которое закладывается в курсе неорганической химии, в дальнейшем не развивается ни в органической химии, ни в курсе общей биологии. Это является грубейшей методологической ошибкой, так как нарушается основной принцип формирования понятий, согласно которому понятия формируются в развитии и взаимосвязи [26, с. 86; 97, с. 55].

Большое значение в понимании механизмов окислительно-восстановительных реакций, лежащих в основе фотосинтеза и дыхания, имеет изучение структуры и свойств основных веществ (компонентов) электронтранспортных цепей (ЭТЦ). Не менее важным для понимания механизмов преобразования энергии электрона в энергию макроэргических связей АТФ являются и представления о пространственном расположении компонентов ЭТЦ в мембранах хлоропластов и митохондрий. В школьных и вузовских учебниках чаще всего отдельно рассматривается структура данных органоидов и отдельно их функции. При таком подходе вряд ли можно говорить о применении в учебном процессе методологии системного подхода, который в настоящее время является ведущей методологией познания не только в науке, но и в образовании.

Методологические подходы к изучению явлений, связанных с превращением вещества и энергии при изучении углеводного обмена, правомочно сравнить с подходами, которые применяются к изучению *наследственной информации*, так как эти фундаментальные понятия относятся к одному рангу.

Сравнительный анализ содержания материала углеводного обмена (фотосинтеза и дыхания) в школьных учебниках с содержанием материала о явлении наследственности свидетельствует: что для понимания механизмов наследственности *первоначально формируется базовый понятийный химический аппарат, позволяющий понять сущность данного явления на молекулярном уровне*: приводятся структурные формулы нуклеотидов – мономеров нуклеиновых кислот, показаны химические связи, с помощью которых они соединяются в полимерную цепь, демонстрируется взаимодействие полимерных цепей друг с другом за счет водородных связей, показана роль формы (упаковки) молекул RNK и DNK, обуславливающей их функции.

Молекулы DNK, как известно, несут информацию о первичной структуре всех белков клетки, которые ей будут «необходимы» в процессе онтогенеза. Отсюда следует, что для понимания явления наследственности структура и свойства белков также должны быть рассмотрены на молекулярном уровне, что и имеет место в школьных учебниках. Авторы вполне резонно начинают представление белков с рассмотрения общей структуры их мономеров – аминокислот. Выделение карбоксильной (кислотной) и аминогруппы (основной) у аминокислот позволяет показать принцип взаимодействия данных соединений друг с другом, в результате

которого образуется полимерная цепь – первичная структура белка. Подобный материал имеет важное методологическое значение, так как на его примере показывается *новый фундаментальный принцип организации вещества* (которого нет у неорганической материи) – *принцип биополимеризации*, лежащий в основе построения молекул жизни – ДНК и белков. Достаточно наглядно представлен материал по образованию вторичной, третичной и четвертичной структуры белковых молекул, что имеет немаловажное значение при изучении их функций.

Следует отметить, что *понимание перехода от свойства молекул к их функциям имеет особое методологическое значение при изучении живого как нового уровня организации материи*. На этом акцентируют внимание специалисты в области органической химии Б.Д. Березин и Д.Б. Березин, которые отмечают, что химические свойства несложных органических молекул проявляются в химических реакциях, где изменению подвергаются обычно один или ограниченное число реакционных центров. Сложнейшие по структуре макромолекулы биополимеров – белков и нуклеиновых кислот – также содержат реакционные центры ($-\text{NH}$, $-\text{C}-$, $-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$, $-\text{SH}$, $=\text{N}-$ и т. д.), которые характеризуются известными химическими свойствами, однако у них появляются черты, которые называются функциями. По мнению данных авторов, функции возникают в результате появления новых структурных *форм* молекул, так называемых *надмолекулярных структур*, которые являются результатом межмолекулярного взаимодействия двух макромолекул биополимеров [12, с. 719]. Ярким примером этого являются двуспиральные молекулы ДНК и белки, имеющие третичную и четвертичную структуры. Такие молекулы приобретают формы спиралей, двойных спиралей, клубков, имеющих внешнюю поверхность и внутренние каналы, полости разнообразной формы. У таких молекул происходит экранирование большинства реакционных центров окружающими их остатками из атомов органогенов, особенно углеводородными фрагментами. Как отмечают вышеуказанные авторы, при этом «резко понижается химическая активность молекулы биополимера, сильно снижается его уязвимость по отношению к химическим реагентам, присутствующим в живой клетке (особенно таким как H_3O^+ , OH^- , OH , H_2O_2 , O_2 и т. д.)» [7].

Таким образом, эволюция вещества, приведшая к возникновению биологической формы движения материи, уже на молекулярном уровне обеспечила появление качественно новых взаимоотношений биологических объектов с окружающей их средой, что является одним из важнейших

условий существования и развития живого. Взаимодействия в системе *организм – среда* в полной мере соответствуют основному закону философии – *единства и борьбы противоположностей*. Биологические объекты в процессе эволюции приспособились к избирательному поглощению вещественных, энергетических и информационных факторов, необходимых для их существования, и одновременно выработали механизмы защиты от неблагоприятных условий на разных уровнях их организации, начиная молекулярным и заканчивая биосферным. Так, экранирование реакционных центров гидрофобными группировками остатков углеводов приводит к снижению скорости биохимических реакций и их избирательности, что, несомненно, замедляет метаболизм клетки и увеличивает ее время жизни. На биосферном уровне живые организмы защищаются от жесткого ультрафиолетового излучения благодаря озоновому экрану, который сформировался за счет кислорода, выделенного в процессе фотосинтеза растительными организмами.

В школьных учебниках, как правило, приведены хорошие иллюстрации (модели) и по механизмам реализации наследственной информации на уровне транскрипции, которая происходит в ядре клетки, и по трансляции, осуществляемой при участии рибосом (полисом), выполняющих функцию биосинтеза белка.

Приведенные факты позволяют констатировать, что в школьных учебниках биологии перед изучением явления *наследственности* на уровне организмов, создается необходимая понятийная *химическая* база для изучения (понимания) данного явления на молекулярном уровне, что позволяет учителю при изучении раздела генетики довести знания учащихся *до теоретического уровня*. Это подтверждается и практикой вступительных экзаменов в вузы, которая свидетельствует о том, что наиболее глубокие знания абитуриенты показывают чаще всего по разделу генетики.

Следуя законам логики, можно было ожидать, что данная стратегия будет применена авторами учебников по биологии и к изучению явлений, связанных с превращением *вещества и энергии*, прежде всего, таких как *фотосинтез и дыхание*, раскрытие сущности, которых возможно только на *должной физико-химической основе*. Однако приходится констатировать, что ни в одном отечественном школьном учебнике по общей биологии не рассматриваются строение и функции органических молекул, которые играют ключевую роль в процессах фотосинтеза и дыхания,

выполняя функцию либо посредников между метаболитами углеводного обмена, либо сами являются метаболитами углеводного обмена.

К таким соединениям, как минимум, следует отнести *органические кислоты, углеводы, хлорофиллы, цитохромы, пиридиновые и флавиновые нуклеотиды (NAD⁺, NADP⁺, FAD, FMN), пластохинон и убихинон.*

Понимание структуры и функций этих молекул позволят понять механизмы окислительно-восстановительных реакций, лежащих в основе фотосинтеза и дыхания, ведущие либо к образованию органических веществ в хлоропластах из неорганических, полученных из окружающей среды, либо к их преобразованию в процессе дыхания, в результате которого данные соединения распадаются (окисляются) до неорганических – углекислого газа и воды. Попутно следует заметить, что при дыхании не вся органика расщепляется до неорганических веществ. Продукты ее полураспада (промежуточные метаболиты) используются на синтез всех соединений клетки, в том числе и самих углеводов (в процессе глюконеогенеза).

Структура и свойства органических соединений в школьном курсе общей биологии изучаются в разделе «Химические основы клеточной организации». Анализ данного раздела в отечественных школьных учебниках свидетельствует, что ни в одном из них не уделено должного внимания органическим веществам (соединениям), строение и свойства которых необходимы для понимания сущности фотосинтеза и дыхания *на молекулярном уровне*, за исключением такого соединения, как АТФ.

Так, сведения о строении и свойствах *хлорофилла* не рассматриваются ни в одном учебнике, в то время как именно *это соединение снабжает всю биосферу солнечной энергией*, поэтому неслучайно основоположник учения о фотосинтезе К.А.Тимирязев писал: «Хлорофилловое зерно служит, ...посредником между всей жизнью на земле и солнцем» [166, с. 137]. Информация о химическом строении и роли органических кислот не приводится в большинстве учебников, кроме учебника общей биологии под редакцией А.О. Рувинского, в котором приведены лишь структурные формулы молочной и пировиноградной кислот при рассмотрении моносахаридов. Иллюстрация структурных формул органических кислот в данном учебнике – факт, безусловно, положительный, однако авторам следовало бы помнить, что развернутые формулы молекул (в том числе и органических) приводятся, в первую очередь, с целью выявления у них *функциональных групп, которые определяют их свойства*. Кроме того, авторы данного учебника допускают фактическую ошибку, относя органические кислоты к группе моносахаридов.

Углеводы рассматриваются во всех школьных учебниках, вместе с тем структурные формулы этих органических веществ приводятся только в учебнике под редакцией А.О. Рувинского. Во всех учебниках констатируется функциональная и структурная роль этих веществ в клетке, что, безусловно, является фактом весьма значимым. Однако функциональные группы этих соединений не выделяются, как следствие, не рассматриваются и химические свойства этих молекул [120–122].

Существенным недостатком школьных учебников является отсутствие в них материала о химической структуре и свойствах таких важнейших органических соединений, как пиридиннуклеотиды – NAD^+ и NADP^+ , и флавинонуклеотиды – FAD , FMN , которые играют важную роль в окислительно-восстановительных реакциях, лежащих в основе фотосинтеза и дыхания. Отсутствие данных о строении и функции этих соединений в большинстве школьных учебников приводит к тому, что знание учащихся о фотосинтезе и дыхании в большинстве случаев являются поверхностными, а порой и неверными. Этот весьма негативный момент в биологической подготовке школьников сказывается, в свою очередь, на формировании таких важнейших понятий, как «анаболизм» и «катаболизм», которые служат фундаментом понятий *метаболизма и обмена веществ*, во многом раскрывающих *сущность живого*. В качестве положительного момента следует отметить наличие в учебнике А.О. Рувинского сокращенных названий окисленной и восстановленной форм коферментов – $\text{NADP}^+ / \text{NADPH}$, однако и здесь не показан механизм их взаимопревращения. Авторы данного учебника не рассматривают строение и химические свойства этих соединений отдельно в соответствующем разделе курса биологии, а лишь приводят их названия при изучении механизма фотосинтеза [122, с. 78].

Относительно цитохромов, которые представлены в ЭТЦ хлоропластов и митохондрий различными видами и которые играют важную роль в транспорте электронов, переходя при этом из окисленной формы в восстановленную и, наоборот, имеется отрывочная текстовая информация только в учебнике А.О. Рувинского.

В осуществлении механизмов фотосинтетического и окислительно-фосфорилирования важную роль играют такие коферменты, как пластохиноны и убихиноны. Это производные бензхинона, которые выполняют функцию не только переносчиков электронов, но и протонов. Без знания структуры и свойств этих соединений невозможно понять механизм преобразования крайне неустойчивой формы энергии электронного

возбуждения в лабильную форму энергии макроэргических связей АТФ. Данное преобразование осуществляется через промежуточную форму энергии – электрохимический градиент протонов ($\Delta\mu\text{H}^+$).

Механизм создания электрохимического (протонного) градиента и его использования для синтеза АТФ расшифровал английский ученый Питер Митчелл, за что и был награжден в 1972 году Нобелевской премией [117]. Расшифровка данного механизма в области биоэнергетики клетки приравнивается по значимости к расшифровке структуры ДНК американскими учеными Уотсоном и Криком.

Первая попытка включить элементы теории Митчелла в школьные учебники не увенчалась успехом. Так, в учебнике под редакцией Ю.И. Полянского указывается, что образование протонного градиента на мембране хлоропласта происходит за счет механизма разложения (фотоокисления) воды [121, с. 77]. Данный механизм вносит определенный вклад в создание протонного градиента по разные стороны мембран тилакоидов, но не является главным. Основным же механизмом по созданию данного градиента является работа «протонной помпы», для понимания которой необходимы знания о структуре и свойствах хотя бы основных компонентов электронтранспортной цепи: цитохромов, пластохинонов и убихинонов, но они в данном учебнике даже не упоминаются. Большинство авторов других отечественных учебников вообще не привлекают теорию Митчелла для объяснения механизма образования АТФ.

В учебнике по общей биологии под редакцией А.О. Рувинского (для 10–11 классов школ с углубленным изучением биологии) вновь делается попытка использовать основные положения хемиосмотической теории П. Митчелла для объяснения механизма синтеза АТФ. Для этих целей авторы указывают (называют) основные компоненты ЭТЦ, локализованные в мембранах хлоропластов и митохондрий, но при этом не рассматривают их химической структуры [122, с. 70, 81–83]. Итог такого подхода малоэффективен: при объяснении фосфорилирования, имеющего место в световой фазе фотосинтеза, основные идеи вышеупомянутой теории вообще не используются, а при объяснении механизма окислительного фосфорилирования такая попытка делается, но вряд ли она приводит к пониманию механизмов создания электрохимического градиента протонов, так как учащиеся не имеют ни малейшего представления о химической структуре компонентов ЭТЦ, и поэтому понять механизм работы всего этого комплекса на уровне терминов весьма затруднительно.

Приведенные факты и логические рассуждения дают основание для утверждения, что изучение химической структуры и свойств таких соединений, как *органические кислоты, углеводы, хлорофиллы, цитохромы, пиримидиновые и флавиновые нуклеотиды (NAD⁺, NADP⁺, FAD, FMN), пластохинон и убухинон*, в школьных учебниках по общей биологии крайне необходимо, так как оно обеспечивает понимание уникальных физиолого-биохимических процессов: фотосинтеза и дыхания – *на молекулярном уровне*. Эти преподавательские физико-химические знания создадут условия для целенаправленного использования и углубления понятия «*окислительно-восстановительная реакция*» при изучении сущности фотосинтеза и дыхания, которые, являясь звеньями углеводного обмена, обеспечивают энергетическим и пластическим материалом все другие частные обмены клетки. При таком подходе к изучению данных процессов будут отражены и современные достижения науки в понимании механизмов метаболизма клеток.

В школьном курсе общей биологии нет необходимости детально изучать структуру органических молекул, которые играют важную роль в окислительно-восстановительных реакциях, лежащих в основе того или иного физиолого-биохимического процесса. Учащихся следует познакомить с общим строением органической молекулы и более детально рассмотреть особенности строения *функциональных групп, которые участвуют в переносе электронов или водорода (электронов и протонов)*. Следует сразу же предупредить скептиков, что подобный материал по своей сложности не превышает сложность материала по изучению *структуры и свойств белков и нуклеиновых кислот*, который школьники усваивают в полной мере. Более того, вооружив учащихся химическими знаниями об органических веществах (хлорофилле, цитохроме, NAD⁺ и др.), мы создадим необходимую базу для понимания физиолого-биохимических процессов, и тем самым облегчим образовательный процесс по усвоению материала, касающегося механизмов превращения *вещества и энергии*. При этом мы *сохраним единый методологический (метапредметный) подход к изучению явлений живого, связанных с превращением вещества, энергии и информации, опираясь на понятия, законы и теории базовых для биологии наук – физики и химии*. Только при таком подходе мы можем опираться и развивать фундаментальное понятие «*сопряженная окислительно-восстановительная реакция*» в школьном курсе общей биологии.

Кардинальное решение обозначенной выше проблемы возможно лишь на основе принципиальной перестройки базисного учебного плана и содержания предметов естественно-научного цикла. Суть этих инноваций изложена в первой главе.

1.12.3. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ КАТЕГОРИИ СОПРЯЖЕНИЯ В ПОНИМАНИИ СУЩНОСТИ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ

В предыдущем исследовании нами дано естественно-научное и философское обоснование сущности понятия «сопряжение» как одной из внутренних сторон взаимодействия, которое послужило основой для рекомендации возведения данного понятия в ранг естественно-научной категории познания неживой и живой природы [172]. Одним из важнейших механизмов, отражающих и конкретизирующих внутреннюю (содержательную) сторону взаимодействия на молекулярном уровне, является механизм сопряжения окислительных и восстановительных реакций, сыгравших важнейшую роль в зарождении и в последующей эволюции жизни на Земле. Сопряженными называют «химические реакции, которые протекают только при наличии хотя бы одного общего реагента, причем одна из реакций возбуждает или ускоряет другую» [208]. Суть явления сопряжения в данном случае проявляется в том, что самопроизвольно протекающая в системе химическая реакция индуцирует протекание в той же системе другой химической реакции, неосуществимой в отсутствие первой. Такое сопряжение химических реакций иначе называют химической индукцией. Явление химической индукции было подробно изучено Н.А. Шиловым на примере сопряженных реакций окисления. Им же было дано объяснение этому явлению, согласно которому химическая индукция обусловлена тем, что сопряженные реакции протекают через общие активные промежуточные вещества [208].

Сопряженные реакции представляют собой целостную систему, в которой можно выделить три составляющих компонента:

- 1) индуктор – компонент, взаимодействие которого с одним из исходных веществ индуцирует превращение другого исходного вещества;
- 2) актор – исходное вещество, реагирующее с индуктором;
- 3) акцептор – компонент, который может вступать в реакцию с актором только в условиях химической индукции. В такой системе сопряженных реакций можно выделить два направления: индуцирующее направление – взаимодействие актора с индуктором в отсутствие акцептора – и индуцируемое направление – реакция превращения акцептора.

Явление химической индукции лежит в основе важнейших физиолого-биохимических процессов, сопровождающихся увеличением энергии Гиббса системы (G), что позволяет клетке получать продукты в концентрациях, значительно превышающих термодинамически равновесные. Это касается, прежде всего, синтеза таких жизненно значимых биополимеров, как белки и нуклеиновые кислоты. Биосинтез этих соединений осуществляется сопряженно с реакцией гидролиза одной из пирофосфатных связей молекулы аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Этот процесс сопровождается уменьшением энергии Гиббса и служит универсальным источником энергии для осуществления множества разнообразных химических процессов в клетке. В то же время процессы биологического окисления, являющиеся первичным источником энергии клеток, проходят сопряженно с обратной реакцией – присоединением остатка фосфорной кислоты к аденозиндифосфорной кислоте с образованием АТФ, что сопровождается увеличением энергии Гиббса. Следовательно, чтобы в системе могла происходить реакция, сопровождающаяся увеличением G, необходимо совершать работу над системой, т.е. необходимо наличие источника работы. По отношению к индуцируемой реакции таким источником может служить индуцирующая реакция, сопровождающаяся уменьшением энергии Гиббса [208].

Кроме химической индукции активные промежуточные частицы, необходимые для протекания химической реакции, могут быть получены при действии света. Так, свет в фотохимических реакциях фотосинтеза можно рассматривать как индуктор, а фотохимический процесс в целом – как сопряженные процессы химического превращения и превращения энергии квантов видимого света в тепловую или химическую энергию. Процесс начинается с поглощения квантов света дополнительными пигментами (светособирающей антенной) и передачи этой энергии длинноволновым формам хлорофилла (P_{700} и P_{680}), которые входят в состав реакционного центра. В реакционном центре происходит образование первичного восстановителя и окислителя, которые затем иницируют цепь последовательных окислительно-восстановительных реакций, а энергия, которая при этом освобождается, запасается в восстановленном NADPH и АТФ. Такой процесс называется фотосинтетическим фосфорилированием. В функционировании этого процесса можно выделить как минимум два механизма сопряжения:

1. Сопряжение возбужденной светом молекулы хлорофилла с фотоокислением воды и восстановлением NADP^+ до NADPH .

2. Сопряжение светоиндуцируемого транспорта электронов с синтезом АТФ (фотофосфорилирование).

Наличие данных видов сопряжений доказывается опытами с разобшителями. Подобные сопряженные механизмы имеют место и в процессе окислительного фосфорилирования, протекающем при участии компонентов (ферментов) электронтранспортной цепи (ЭТЦ), встроенных во внутреннюю сопрягающую мембрану митохондрий. Окислительное фосфорилирование было открыто в 1930 г. В.А. Энгельгардтом. Продолжая эти исследования, А. Ленинджер показал, что окисление субстрата и образование АТФ из АДФ и фосфорной кислоты при аэробном дыхании сопряжено с переносом электронов по цепи дыхательных ферментов, встроенных во внутреннюю мембрану митохондрий. Электроны поступают в дыхательную цепь от восстановленного NADH (или NADPH) и через кофермент Q и последовательно передаются от соединений с более отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом к соединениям с более положительным потенциалом. Конечным акцептором электронов в ЭТЦ является кислород, который восстанавливается до кислорода воды. Таким образом, процесс окисления субстрата кислородом опосредован серией сопряженных окислительно-восстановительных реакций компонентов ЭТЦ. В тех местах, где разность окислительно-восстановительных потенциалов значительна, освобождается наибольшая порция энергии, которая используется для синтеза АТФ из АДФ и фосфорной кислоты. Утилизация высвобождаемой энергии происходит в пунктах энергетического сопряжения, где выделяющаяся энергия запасается в форме электрохимического градиента ионов водорода ($\Delta\mu\text{H}^+$), которая далее расходуется для синтеза АТФ. Электрохимический градиент протонов в данном механизме выступает как посредник между двумя формами энергии, иначе говоря, он сопрягает эти энергетические процессы и позволяет понять внутреннюю сторону их взаимодействия с энергетической точки зрения. Трансмембранные электрохимические потенциалы ионов водорода могут служить источником энергии не только для синтеза АТФ, но и для транспорта веществ, движения бактериальных клеток и других энергозависимых процессов. Это указывает на то, что $\Delta\mu\text{H}^+$ сопряжен не только с синтезом АТФ, но и другими жизненно важными процессами клеточного метаболизма.

В структурном плане сопряжение *диффузии* протонов назад через внутреннюю мембрану митохондрии с синтезом АТФ осуществляется с помощью АТФазного комплекса, получившего название фактора сопряжения F_1 . При создании определенного градиента протонов F_1 функционирует как АТФ-синтетаза. При отсутствии сопряжения между электрохимическим потенциалом ионов H^+ и синтезом АТФ энергия, освобождающаяся в результате обратного транспорта ионов H^+ в матрикс, может превращаться в теплоту. Верность центрального постулата хемиосмотической теории П. Митчелла: электронпереносящие цепи митохондрий, хлоропластов и бактерий сопряжены с системой синтеза АТФ через разность электрохимических потенциалов протонов на сопрягающих мембранах подтверждена опытами с кислотно-основными переходами и опытами с разобщителями.

В качестве *сопрягающих* компонентов в работе ЭТЦ хлоропластов и митохондрий служат такие коферменты, как NADP, NAD, FAD и FMN, которые играют роль промежуточных переносчиков электронов, а также атомов водорода. NAD и NADP служат коферментами в ферментативных окислительно-восстановительных реакциях. Пиридиновое кольцо никотинамида этих коферментов способно претерпевать обратимое окисление. В свою очередь изоаллоксазиновое кольцо FMN и FAD также претерпевает обратимое окислительно-восстановительное превращение. FMN и FAD служат простетическими группами для определенного класса окислительно-восстановительных ферментов, известных под названием флавинодегидрогеназ.

Проведенный теоретический анализ свидетельствует, что принцип сопряжения необходимо рассматривать как одну из внутренних сторон взаимодействия, раскрывающих сущность взаимопревращения объектов и явлений природы. Главная же *задача исследователя состоит в выявлении того сопрягающего фактора, через который происходит это взаимодействие, это превращение*. В нашем исследовании работа этого принципа показана на примере *сопряженных окислительно-восстановительных реакций*, которые играют ключевую роль в механизмах взаимодействия вещества и энергии в интактных клетках.

Осмысление и понимание сущности сопряжения как важнейшей стороны взаимодействия дает основание для предположения, что данное понятие может быть возведено в ранг важнейшей естественно-научной категории познания неживой и живой природы. В образовательной же области категория сопряжения может выступать как современный принцип обучения и воспитания учащихся и студентов.

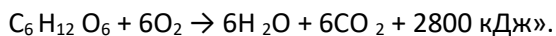
Выход молекулярной биологии на передовые позиции биологической науки во многом должен определять стратегию содержания биологического образования не только в вузе, но и в школе, в силу того, что основополагающим принципом его содержания является принцип научности. Отсюда следует, что изучение и понимание процессов на молекулярном и субмолекулярном уровнях в курсе общей биологии возможно только на методологической (метапредметной) основе диалектики и содержательной основе курсов физики, химии. При этом биология не только должна опираться на понятия, законы и теории этих курсов, но и развивать (углублять) их при изучении объектов и явлений живой природы. Только в этом случае будет реализован главный принцип теории развития понятий, согласно которому понятия формируются в развитии и взаимосвязи.

При изучении конкретных явлений природы в предметах естественно-научного цикла перед учащимися обнажается реальная диалектика развития материи. Понимание ее сущности будет возможно, если обобщить конкретно-научные и философские представления о мире. Особое значение при этом приобретает овладение философскими и естественно-научными категориями, которые составляют *ядро научной картины мира*. При решении обозначенной выше проблемы данная стратегия позволит усвоить методологический потенциал категории сопряжения, которая отражает одну из внутренних сторон взаимодействия, и использовать его для понимания сущности сопряженных окислительно-восстановительных реакций, которые лежат в основе молекулярных механизмов метаболизма растительных и животных клеток.

С методологической и методической точек зрения очень важно проследить развитие и взаимосвязь основных теорий, законов и понятий, которые отражают эволюцию (усложнения и разнообразия) вещества как одной из форм существования материи. Одним из основных понятий химии, выполняющих методологическую функцию при изучении физиолого-биохимических процессов в интактной клетке на молекулярном уровне, является понятие «сопряженная окислительно-восстановительная реакция». С философской точки зрения эта диалектическая пара представляет несомненный интерес, так как, обладая двойственной реакционной способностью, окислительно-восстановительные реакции во многом определяют эволюцию вещества, подчиняясь основному закону природы – единства и борьбы противоположностей.

Понятие «окислительно-восстановительная реакция» начинают формировать в школьном курсе неорганической химии и его содержание увязывают только с принятием и отдачей электронов атомами или ионами, которые участвуют в реакции. Данный тип окислительно-восстановительных реакций является исключительно важным, но не единственным. При изучении органической химии учащиеся сталкиваются с другим типом окислительно-восстановительной реакции – отдачей и принятием атомов водорода, однако они называются реакциями дегидрирования–гидрирования [41]. Авторы школьного учебника органической химии, по-видимому, допускают методическую (методологическую) ошибку, так как не показывают, что реакции дегидрирования–гидрирования также относятся к типу окислительно-восстановительных реакций, тем самым не развивая данное понятие. На этом особо заостряет внимание известный биохимик А. Ленинджер: «Окислительно-восстановительными называются такие реакции, в процессе которых происходит перенос электронов от *донора электронов* (восстановителя) к *акцептору электронов* (окислителю). В некоторых окислительно-восстановительных реакциях перенос электронов осуществляется путем передачи атомов водорода; таким образом, дегидрирование и окисление представляют собой по существу два эквивалентных процесса» [97, с. 425].

Отмеченный выше недостаток, касающийся развития понятия «окислительно-восстановительная реакция» в курсе органической химии, существенно сказывается на использовании и развитии данного понятия в курсе общей биологии, и в первую очередь, при изучении таких процессов, как катаболизм и анаболизм. Остановимся на конкретном примере неумелого использования понятия «окислительно-восстановительная реакция» при изучении процесса катаболизма в учебнике общей биологии под редакцией В.Б. Захарова [74, с. 123–126]. Основу катаболизма, как известно, составляет процесс дыхания, и авторы учебника вполне обоснованно приводят общее уравнение этого процесса. Комментарий же к нему следующий: «При расщеплении глюкозы энергия выделяется поэтапно при участии ряда ферментов согласно итоговому уравнению:



Учитывая все вышесказанное, более уместным был бы следующий комментарий. С химической точки зрения дыхание – это окислительно-восстановительный процесс, при котором происходит окисление углерода углеводов до углерода углекислого газа и восстановление свободного кислорода до кислорода воды. Энергия, освобождаемая в этих реакциях, используется на синтез АТФ из АДФ и P_i .

Существенные пробелы в формировании понятий «дыхание», «фотосинтез» и метаболизма в целом во многом детерминированы отсутствием в содержании материала понятия «NAD» («NADP»). Поэтому авторы учебника по общей биологии, рассматривая анаэробный этап дыхания – гликолиз, вынуждены прибегать к менее научным терминам: «...в мышцах в результате анаэробного дыхания молекула глюкозы распадается (следовало сказать окисляется, прим. автора) на две молекулы пировиноградной кислоты (C₃H₄O₃), которые затем восстанавливаются в молочную кислоту (C₃H₆O₃)». По-видимому, данной фразой авторы учебника запутывают не только учащихся, но и самих себя в силу того, что подобная интерпретация дыхания является некорректной, так как используются не сопряженные понятия, распад–восстановление. Если следовать законам формальной логики, то понятие «распад» должно использоваться в паре с понятием «синтез», а понятие «восстановление» – с понятием «окисление». Кроме того, химической наукой доказано, что реакции окисления–восстановления являются сопряженными и они во многом обуславливают друг друга.

В научном стиле и смысле упомянутая фраза учебника по общей биологии должна звучать так: ... в мышцах в результате анаэробного дыхания молекула глюкозы окисляется до двух молекул пировиноградной кислоты. Отнятые от нее водороды идут на восстановление NAD⁺ до NADH. В дальнейшем судьба пировиноградной кислоты может быть двоякой: при наличии кислорода она будет окисляться до углекислого газа (с образованием промежуточных метаболитов); при его отсутствии – восстанавливаться до молочной кислоты, используя для этого водороды NADH, которая при этом окисляется до NAD⁺.

Вышесказанное позволяет заключить, что важнейшее понятие «окислительно-восстановительная реакция», которое закладывается в курсе неорганической химии, в дальнейшем не развивается ни в органической химии, ни в курсе биологии. Это является грубейшей методологической ошибкой, так как нарушается основной принцип формирования понятий, согласно которому понятия формируются в развитии и взаимосвязи [26, с. 86].

Приведенные факты свидетельствуют о непонимании авторами учебников методологической роли понятия сопряжения, содержание которого во многом определяет применение и развитие понятия «окислительно-восстановительная реакция», которые только во взаимной связи между собой (сопряжении) могут играть важнейшую методологическую роль в превращении вещества и энергии во всех типах клеток, существующих на Земле.

Понятие «сопряжение» в узком смысле этого слова достаточно часто используется в естествознании в целом и в частности в области физики, химии и биологии: «сопряженные точки», «сопряженные π -электроны», «сопряженные химические связи», «сопряженные реакции» «энергетическое сопряжение», «сопрягающий фактор», «сопрягающие мембраны», «сопрягающие органеллы» и т.д. Однако во всех этих частных применениях (значениях) этого понятия оно не несет методологической нагрузки. И только после того, как будут раскрыты генетические связи понятия сопряжения с философскими категориями (в нашем случае с категорией взаимодействия), данное понятие будет выполнять функции естественно-научной категории, обозначая общую закономерность для всех объектов природы, понимание которой продвигает научное (рациональное) знание вперед. Признание сопряжения как важнейшей внутренней стороны взаимодействия между структурными элементами материи, которое приводит к созданию качественно новой системы, позволяет перенести этот принцип в образовательную область и использовать его как методологическую основу (дидактический принцип) для выявления взаимосвязи между фундаментальными естественно-научными понятиями, которые будут способствовать формированию научной картины мира.

1.13. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ПОНЯТИЯ «СОПРЯЖЕНИЕ» В ПОНИМАНИИ СУЩНОСТИ КОЭВОЛЮЦИИ ТИПОВ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ И СРЕДЫ ОБИТАНИЯ ОРГАНИЗМОВ

Развитие диалектической логики означает дальнейшую разработку категорий материалистической диалектики, обогащение их содержания, выдвижение *новых понятий*, выступающих в роли категорий диалектики, установление связи между ними, построение системы, позволяющей в наиболее полном виде выражать их содержание и продвигать научное знание вперед. Опираясь на это фундаментальное положение, автор монографии дал в предыдущем исследовании достаточно глубокое философское обоснование сущности *сопряжения* как важнейшей стороны *взаимодействия* [143].

Взаимодействие не является однозначным процессом. В одних случаях воздействия между объектами приводят к их деградации, разрушению, снижению уровня организации, в других – к объединению, созданию более сложной системы, у которой возникает *новое качество*.

Второй тип (сторона) взаимодействия нами был охарактеризован как **сопряжение**. В словаре русского языка С.И. Ожегова понятие «сопряженный» трактуется как «взаимно связанный, непременно сопровождаемый чем-нибудь» [123, с. 650].

Проведенный ранее теоретический анализ показал, что природа широко использует *сопряжение* как принцип эволюции вещества. Действие этого принципа имеет место во всех природных формах движения материи: физической, химической и биологической [142]. Особенно важен этот принцип при возникновении новой формы движения материи, у которой возникает абсолютно *новое качество*.

Подтверждением всеобщей значимости принципа сопряжения как **организационного** начала на самом высоком уровне является сама история «рождения» материалистической диалектики. И диалектика и материализм сами по себе являлись методологиями познания, однако их логическое *сопряжение в единую методологическую систему* позволило создать *универсальный метод познания природы, общества и мышления*. Вышесказанное дает основание для утверждения, что понятие «сопряжение» может использоваться не только при характеристике конкретных физических, химических и биологических явлений (в узком смысле), но и как *категория, отражающая общий принцип организации материального мира*.

Важнейшую роль философские принципы и категории играют в *понимании механизмов* становления, развития такой высокоорганизованной формы движения материи, как биологическая и сущности тех теорий, которые отражают те или иные стороны ее бытия. В первую очередь это касается *эволюционной теории*, которая по праву возведена в ранг *Мета-теории* всей биологии.

Методологической основой учения Ч. Дарвина послужил *исторический метод*, который является *ядром диалектики*, и это особо подчеркивали К. Маркс и Ф. Энгельс. В свою очередь, эволюционная теория подтвердила и обогатила принципы диалектического материализма. Кроме того, *принцип эволюционизма* стал плодотворно использоваться другими естественными науками при разработке различных научных теорий и *современной научной картины мира* в целом. Теория эволюции внесла существенный вклад в укрепление материалистического мировоззрения, в развитие медицинской, сельскохозяйственной и промышленной практики.

Таким образом, диалектический материализм как всеобщая методология познания бытия и эволюционная теория как методология познания живой природы исторически (гносеологически) взаимосвязаны и во многом определяют свое дальнейшее развитие.

Сама теория эволюции сегодня и обосновывается, и обогащается в двух противоположных направлениях: 1) по линии «перевода» ее основных понятий и законов на язык физики и химии и доказательства полной совместимости «дарвиновской эволюции» с известными физико-химическими законами (работы Н. Пригожина, М. Эйгена, А.П. Руденко, С.Э. Шноля и др.); 2) по линии все более органического и глубокого «привития» к современным эволюционным представлениям идей целостности, системности, организованности живого, столь плодотворно начатое русской морфологической школой А.Н. Северцева – И.И. Шмальгаузена [19]. Второе направление дает основание для утверждения, что новые, диалектически обоснованные философские идеи, принципы и категории позволят выявить стратегию более глубоких механизмов, лежащих в основе эволюции живого.

Великая заслуга Ч. Дарвина перед наукой состоит в открытии принципа естественного отбора как важнейшего фактора эволюционного процесса. Ч. Дарвин впервые пришел к мысли о том, что движущая сила всего эволюционного процесса есть результат взаимодействия организмов между собой и с внешней средой. По Дарвину, несоответствие между возможностью видов к беспредельному размножению и ограниченностью ресурсов – главная причина борьбы за существование. Следовательно, с большой вероятностью выживают и эффективнее размножаются организмы, обладающие набором свойств, сообщающих им наибольшую приспособленность к условиям обитания.

В истории биологической науки довольно долго *организм и среда* противопоставлялись друг другу. Этому способствовала, в частности, и концепция «сверхорганизма» Ф. Клементса, согласно которой биоценоз есть своего рода сверхорганизм. Из этого положения неизбежно следовало противопоставление биоценоза биотопу так же как организма – окружающей его неживой среде. По-видимому, эта точка зрения сказалась и на содержании определения понятия «коэволюция» (от лат. *со-эволюция*), *которая в биологическом словаре трактуется как «эволюционные взаимодействия организмов разных видов, не обменивающихся генетической информацией, но тесно связанных биологически. В процессе коэволюции складываются такие отношения, при которых виды-партнеры*

становятся в определенном смысле взаимно необходимыми. Результатом коэволюции являются взаимные адаптации (коадаптации) двух видов, обеспечивающие возможность их совместного существования и повышение устойчивости биоценоза как целостной системы» [14, с. 290].

Невозможность отделения организмов от непосредственно окружающей их среды, вместе с которой они образуют одну систему, была постулирована А. Тэнсли в его концепции *экосистемы*, которая сейчас является основополагающей в экологии. Отсюда следует, что понятие «коэволюция» может быть применено не только к определенным видам организмов (в узком смысле), но и к системе *организм–среда*.

Понимание сопряжения как важнейшей стороны взаимодействия, а, следовательно, и как общего принципа организации и эволюции материи позволяет вскрыть глубинные механизмы (на философском уровне) коэволюции организмов нашей планеты и среды их обитания.

Появление и эволюция живых организмов связаны с изменениями физико-химических условий на поверхности Земли. В свою очередь, жизнедеятельность самих организмов оказывала и оказывает сильнейшее влияние на окружающую среду. Таким образом, система организма – среда (т.е. биосфера) развивалась как *единое целое*.

Согласно современному определению жизни для любой биологической системы характерны три явления: открытость, саморегуляция, самовоспроизведение, которые в своей совокупности обеспечивают жизнь. Ключевую роль во взаимодействии живых организмов с окружающей средой играет явление *открытости*. Потребляя в процессах своего функционирования и развития из окружающей среды *вещество, энергию и информацию*, живой организм упорядочивает материю, переводит ее из менее организованного состояния в более организованное состояние. Такая же работа *самоорганизации* осуществляется и на всех других уровнях живого – *от молекулы и клетки до биосферы в целом*. Биологическая *организованность* проявляется и в повсеместном распространении в мире живого правильных, пространственно упорядоченных структур и конфигураций, и во временной согласованности химических реакций, обменных процессов, схем поведения организмов, взаимодействий между видами и популяциями, и, наконец, между организмами и средой их обитания. Организованность, по мнению В.И. Вернадского, является одной из фундаментальных характеристик живого. Важнейшим принципом организации любой живой системы, по-видимому, можно считать *принцип сопряжения*.

Суть этого принципа можно лаконично выразить следующим образом: две отдельные системы могут *сопрягаться* (взаимосвязываться) и образовывать *качественно новую систему*, если они подходят друг к другу как «ключ к замку».

Биологическая эволюция путем естественного отбора оставляет лишь те живые системы, которые *сопряжены* со средой их обитания и, обуславливая друг друга, составляют единое целое. Результатом такого сопряжения является *повышение уровня организации новой системы*, в рамках которой повышается *относительная адаптация организмов к внешним условиям и относительная стабильность параметров среды*. А чем более жизнеспособен организм, тем у него большая вероятность оставить жизнеспособное потомство, в котором свойства, обеспечивающие возрастание жизнеспособности, будут закреплены уже генетически.

Возникновение земной жизни явилось закономерным результатом предшествующей эволюции нашей планеты. Согласно теории биопозеза Дж. Бернала результатом химической (предбиологической) эволюции явилось образование органических соединений и, прежде всего, биополимеров – белков и нуклеиновых кислот, которые могли образовывать системы с обратной связью. Включение данных молекул в мембранные «пузырьки» обеспечило их взаимодействие (сопряжение), приведшее к появлению первых живых организмов – пробионтов. Мембраны не только сохраняют случайно возникшие ассоциаты белков и нуклеиновых кислот, но и обеспечивают *веществами, энергией и информацией* из окружающей среды образовавшиеся системы с обратной связью. Поэтому их по праву можно назвать «*сопрягающими*», так как они обеспечивают взаимодействие между физико-химическими процессами, протекающими внутри организма (внутренним обменом веществ) и факторами внешней среды (внешним обменом веществ).

Дальнейшая стратегия эволюции системы *организм–среда* заключалась в постоянном адекватном изменении (движении) обоих компонентов. Важнейшую роль в этих изменениях играет специфика того или иного *внутреннего обмена веществ* у организмов, которая во многом обусловлена *внешними условиями среды обитания*. Такую взаимосвязанную эволюцию типов обмена веществ и среды обитания, по-видимому, можно назвать «*сопряженной эволюцией*».

На заре биологической эволюции атмосфера была восстановленной, а в мировом океане было растворено значительное количество органических соединений, созданных в результате абиогенного синтеза. В основе

обмена первичных гетеротрофных организмов лежал малоэффективный, с энергетической и пластической точек зрения, процесс *брожения*. Вместе с тем, этот тип обмена веществ значительно повысил концентрацию углекислого газа в атмосфере. Истощение запаса всех органических веществ первобытного океана означало трагический конец этапа *первичной гетеротрофии*, а вместе с ним и самой жизни на планете Земля. Выход из сложившегося кризиса стал возможен благодаря уникальной способности живых систем – изменчивости, которая во многом обусловлена действием внешних факторов на генную систему организмов, в результате чего возникали крупные мутации. Появление таких ароморфозов (по А.Н. Северцеву) или, скорее, арохимозов (по А.В. Благовещенскому) вывело на алтарь эволюции новые типы обмена веществ, прежде всего, такой как *хеморедукция (анаэробный хемосинтез)*, которая позволила существенно снизить в атмосфере концентрацию таких вредных газов, как сероводород, водород и аммиак. Наряду с хеморедукцией природа за счет крупных мутаций «предложила» и другие типы обменов, которые попали под контроль естественного отбора. Наибольший приоритет в процессе отбора получили механизмы автотрофной ассимиляции – *фотосинтез*, обеспечивший мощное ускорение темпов развития жизни. Приоритет этого типа обмена веществ обусловлен тем, что в нем используются *огромные исходные ресурсы внешней среды (энергия солнца и вода)*. В то же время сам процесс явился основой анаболизма на планетарном уровне, обеспечивая все другие организмы энергетическим и пластическим материалом для их жизнедеятельности в форме органических веществ. Эта огромная возобновляемая биомасса явилась основой не только для ускорения биологической эволюции животных, но и социальной эволюции человека благодаря модификации части органических веществ в каменный уголь, нефть, газ и т.п.

Кислород, выделяющийся в процессе фотосинтеза, существенно преобразовал атмосферу планеты, сделав ее *окисленной* (появилась *вторичная гетеротрофия, хемосинтез*). *Анаэробное дыхание* сменилось *аэробным*, обеспечивающим организмы большим количеством энергетического и пластического материала. Часть кислорода атмосферы преобразовалась в *озоновый экран*, который защитил все живое от жесткого ультрафиолетового излучения. Снижение ультрафиолетового излучения позволило организмам мирового океана выйти на сушу и организовать *наземные экосистемы*, которые существенно изменили облик (внешнюю среду) планеты. Кроме того, фотосинтез играет важную роль в снижении

концентрации углекислого газа в атмосфере. Это позволяет поддерживать относительно постоянный температурный режим окружающей среды и избежать парникового эффекта на планете Земля.

Появление фотосинтеза на нашей планете по своей значимости можно сравнить лишь с самим зарождением жизни. Поэтому неслучайно основоположник учения о фотосинтезе К.А. Тимирязев говорил о глобальной (космической) роли данного процесса для всего живого. Эту идею поддержал и развил В.И. Вернадский в своем учении о биосфере. Космическая роль фотосинтеза объясняется тем, что это единственный процесс на Земле, идущий в грандиозных масштабах и связанный с *превращением энергии солнечного излучения в энергию химических связей органических веществ*. Эта космическая энергия запасается зелеными растениями и составляет основу для жизнедеятельности всех форм гетеротрофных организмов на Земле – от бактерий до человека.

Таким образом, понимание *сопряжения* как принципа организации и развития материи позволяет выявить один из механизмов взаимодействия организмов и среды их обитания, обеспечивающий их непрерывную коэволюцию и приводящий к *повышению уровня организации системы*. Факторами, *сопрягающими организм и среду*, являются разные *формы вещества, энергии и информации, которые являются для них общими*. Именно они связывают, *сопрягают* эти компоненты природы в единую систему, которая в процессе *сопряженной эволюции* повышает уровень своей организованности и устойчивости. Усвоение понятия «сопряжение» как важнейшей категории, отражающей одну из стратегий коэволюции живых организмов и среды их обитания, внесет определенный вклад в *формирование нового экологического сознания учащихся и студентов, которое станет основой для гармоничного развития культуры и природы*.

1.14. СОПРЯЖЕНИЕ ФИЛОСОФСКОГО И БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ КАК ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ

Необходимость более высокого уровня интеграции философских и естественно-научных знаний, на современном этапе развития цивилизации, предопределена существующими глобальными экологическими противоречиями во взаимодействии между природой и обществом (культурой). Результатом межнаучных знаний является их перевод на новый

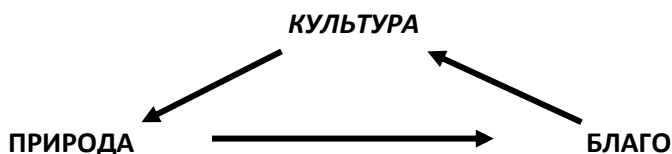
качественный уровень – создание интегрирующих понятий, законов, теорий, которые позволят вскрыть сущность изучаемых явлений и их взаимосвязь, управлять этими явлениями, прогнозировать их, и на этой основе решать актуальные проблемы практики. Новый уровень интеграции философских и естественно-научных знаний позволит создать современную объективную картину мира, *адекватную практической реальности бытия общества, что предопределил стратегию* формирования экологического мышления и сознания у всех его членов. В качестве одного из интегрирующих оснований между философией и естествознанием, природой и обществом автор предлагают категорию сопряжения.

Формирование экологического мышления, сознания и экологической культуры возможно только на основе современного *научного мировоззрения* – системы принципов, взглядов, ценностей, идеалов и убеждений, определяющих направление деятельности и отношение к действительности отдельного человека, социальной группы, класса или общества в целом. Мировоззрение определяет жизненную программу личности, идеалы и убеждения, интересы и *ценности*. В конечном счете, оно обуславливает линию поведения людей [205, с. 222].

Противоречивые взаимоотношения человека и природы являются источником различных позиций человека по отношению к природе, возникающих в истории человеческой мысли. Диалектически противоречивое единство во взаимодействии общества и природы, человека и среды его обитания, обеспечивается, по словам Маркса, *материальным производством*. «Труд, – писал К. Маркс, – есть прежде всего процесс, совершающийся между человеком и природой, в котором человек своей собственной деятельностью опосредствует, регулирует и контролирует обмен веществ между собой и природой» [107, с. 188]. Благодаря этому обмену веществ достигается единство человека и природы, ее преобразование и приспособление потребностям человека, так создается «вторая природа» – искусственная среда обитания человека, которая во многом обуславливается особенностями его культуры и социальной организации.

Основной целью всех культур человеческого общества являлось получение максимального *блага* за счет естественной природы. Именно эта доктрина стала главной причиной экологического кризиса на современном этапе развития социума. В период научно-технической революции, когда темпы развития производительных сил многократно возрастают, человечество имеет возможность многократно (в короткий период времени) уве-

личить свое благо, при этом многократно усиливается и негативное воздействие на природу. Вместе с тем, *общественное сознание* не успевает в своем развитии за техническим прогрессом и пока не способно в должной мере осознать надвигающуюся экологическую катастрофу не только для человека, но и биосферы в целом. Принципы взаимоотношений между культурой и природой, существовавшие до XXI века, можно выразить следующей схемой:



Еще в прошлом веке было совершенно справедливо отмечено, что с каждым новым значительным открытием в области естествознания должны меняться мировоззренческие представления. С тех пор человечество пережило грандиозную научную, затем социальную и, наконец, научно-техническую революции, которые существенно преобразовали жизнь людей. Однако по причине большой инертности, консервативности мировоззренческих постулатов, господствующих в головах людей, по-прежнему остается традиционное физикалистское (механистическое) мировоззрение с включением некоторых элементов диалектики. Такое несоответствие в развитии базиса и надстройки привело к тому, что в настоящее время *отсутствует мировоззрение, адекватное практической реальности бытия общества*, в котором все больше возникает экологических проблем не только регионального, но и глобального характера.

Современная экологическая проблема является комплексной, поэтому ее решение возможно лишь на основе диалектического анализа ее связей с различными аспектами общественного бытия. К числу таких аспектов следует отнести такие как: научно-познавательный, технологический, социально-экономический, политический, культурный, идеологический, этико-гуманистический эстетический и др. Однако осмысление каждой из этих проблем или каждого отдельного аспекта единой экологической проблемы всегда проводится на основе тех или иных *общефилософских позиций, задающих мировоззренческие и методологические ориентиры* как для исследования, так и для планирования практического курса действий.

Человечество стоит перед задачей беспрецедентной трудности – необходимостью формирования новой цивилизационной парадигмы. В основе этой цивилизации должны лежать принципы новой этики, которую называют инвайроментальной (экологической). Для преодоления экологического кризиса необходимо *новое видение мира, новый тип экологического сознания*, которое станет основой для формирования экологической культуры каждого человека и общества в целом.

С вступлением человечества в новую постиндустриальную эпоху своего развития и с возникновением глобальных проблем интеллектуальная неудовлетворенность господствующим философским мировоззрением приобретает совершенно новую значимость. Сейчас *отсутствие мировоззрения, адекватного практической реальности бытия общества*, чревато не только многими социальными и экологическими проблемами, обострением системного социоприродного кризиса, упадком нравов и т.п., но и даже угрозой гибели человечества и уникального природного явления – земной биосферы.

На необходимость пересмотра мировоззренческих представлений, всей *философской картины мира* указывал в свое время еще В.И. Вернадский, определивший роль живого вещества в планетарных процессах миграции химических элементов и энергии и доказавший, что взаимодействия между обществом и природой достигли принципиально нового уровня организации в рамках ноосферы. Дальнейшее развитие природы и общества в рамках ноосферы, по мнению В.И. Вернадского, может осуществляться лишь путем их коэволюции [27; 28].

О необходимости пересмотра философского мировоззрения высказывался позднее П. Тейяр де Шарден. Указывая на то, что в целом мир «революционизирован наукой», он в этом процессе особое место отводил биологии. В частности, он писал: «... в середине XIX века под влиянием биологии начал наконец проливаться свет, выявляя необратимую взаимосвязь всего существующего», – что обусловило отказ от прежней механистической картины мира и становление эволюционистских представлений как адекватного отражения реального бытия Универсума [205, с. 214–216].

Неизбежность перехода к новой системе мировоззрения постулировал и Альберт Швейцер, мотивировав его нравственным упадком культуры как *основы мировоззрения индустриального общества*, попирающего элементарные этические нормы сохранения жизни. Базисом новой культуры, а, следовательно, и мировоззрения, должно стать, – по его мнению,

благоговение перед жизнью [там же]. Долгое время многие философские и естественно-научные достижения и прогностические идеи В.И. Вернадского, А. Швейцера, оставались практически невостребованными. В настоящее период развития социума на основе этих плодотворных идей возникло новое научное направление – *биофилософия*, фиксирующее временный синтез философского и биологического знания.

В основе современного неклассического познания лежат представления о процессуальности, разнородности, неравновесности и нелинейности бытия. В связи с этим известные трансформации претерпевает и философия. В ней также происходят значительные изменения, характеризующиеся все *большим синтезом философского и научного знания*. Особо значимой в трансформации господствующих мировоззренческих представлений является *интеграция философских и биологических знаний*, которая дает ощутимый импульс для построения новой универсальной картины мира и адекватного исторической эпохе философского мировоззрения, которое предопределяет ценностные приоритеты, социальную, политическую и экономическую стратегию развития культуры и цивилизации в целом.

Приоритетными формами взаимодействия между философией и биологией (естествознанием в целом) являются их *мировоззренческая и методологическая интеграция*, детерминированная высоким уровнем существующих экологических проблем, решение которых возможно лишь на основе тех современных фундаментальных принципов, которые разрабатываются в этих научных направлениях. Расширение масштабов и углубление комплексных междисциплинарных исследований процессов биологизации философии и философизации биологии позволяет творчески переоценить прежние и выдвинуть новые концепции жизни, определить *место биологии в становлении новой мировоззренческой парадигмы*. Такие междисциплинарные исследования проводятся в рамках нового научного направления, которое именуется *биофилософией*. Особо значимой является проектная функция биофилософии. Аккумулируя мировоззренско-методологический потенциал философии и биологии, данная наука разрабатывает теоретические основания (принципы) *концепции коэволюции общества и природы* и ее практического осуществления.

Концептуальным ядром биофилософии является *понятие жизни*, которое в наше время приобретает *статус многозначной философской категории и основополагающего принципа* понимания сущности мира и

человеческого существования в нем. Возрастающая роль мировоззренческой составляющей в биоцентристских концепциях жизни должна послужить стимулирующим мотивом расширения исследовательского поля биофилософии как основы новых фундаментальных мировоззренческих, методологических и аксиологических представлений о месте и роли жизни в Универсуме. В таком контексте концепции **биоцентризма, антропоцентризма и космоцентризма** переходят из класса антиподов научного познания в класс основополагающих взаимодополнительных принципов познания жизни, определяющих возможности и перспективы ее сохранения и развития [204].

В настоящее время проблема антропогенного влияния на мир живой природы вообще и человеческой в частности, одинаково актуальна как для биологии, так и для философии. Ее исследование только средствами биологии или какой-либо другой конкретной науки малопродуктивно. Для решения глобальных экологических проблем нужен *новый уровень интеграции биологии и философии* при максимальном учете достижений других наук. Такая интеграция, считает Р.С. Карпинская, может быть осуществлена в рамках биофилософии [там же].

По мнению И.К. Лисеева, особое место в системе теоретических и методологических предпосылок становления биофилософии занимают **организменная, эволюционная и коэволюционная концепции биологии**, выполняющие функции **своеобразных моделей развития культуры**. Данный автор раскрыл ценностное значение этих концепций в истории культуры вообще и философской в частности. *Организменная познавательная модель мира*, сыгравшая важную роль в понимании *структурной организации* бытия природы, общества, космоса сформировалась по аналогии с биологическим устройством живого организма. *Эволюционная познавательная модель*, ставшая господствующей парадигмой естествознания с середины XIX века, благодаря исследованиям Ж.Б. Ламарка и Ч. Дарвина, в наше время приобретает универсальное значение для понимания процессов развития любых объектов и явлений, в том числе и процессов развития самой биологии и философии. Сущность этой концепции зафиксирована в понятии «*глобальный эволюционизм*». *Коэволюционная познавательная модель*, формирующаяся в настоящее время, имеет огромное значение для осмысления процесса **сопряженного развития природы и общества** в целом, различных видов живого вещества между собой и неживой природой [204].

Основу современной культуры, подчеркивает В.С. Степин, составляет система *мировоззренческих универсалий или категорий*, которые выступают своеобразным системообразующим фактором культуры. Эти мировоззренческие универсалии усваиваются людьми в процессе обучения и воспитания и становятся категориальной основой их *сознания и научного мировоззрения*. «Мировоззренческие универсалии определяют не только осмысление человеком мира, его рациональное постижение, но и переживание человеком мира, эмоциональные оценки различных аспектов, состояний и ситуаций человеческой жизни. Смыслы универсалий в этом аспекте предстают как базисные ценности культуры» [192, с. 8]. Мировоззренческие универсалии (категории), отражающие общие принципы организации, функционирования и эволюции неживой и живой природы необходимо философски осмыслить и использовать как методологическую основу для выявления конкретных механизмов *взаимодействия природы и общества*, которые определяют их гармоничное развитие в XXI веке.

Современная философия по темпам развития отстает от науки. Она не интегрирует своевременно научные знания в должной мере и поэтому не формулирует новые философские категории, которые бы определяли дальнейшую стратегию развития науки. Подтверждением этому является высказывание П.В. Копнина: «... сейчас ясно одно, что сама философия уже не может служить поставщиком готовых естественно-научных идей. Последние рождаются в тяжелых муках самими науками» [84, с. 82].

В рамках современного учения о материи происходит все более глубокое переосмысление исходных принципов ее организации и функционирования. Это обусловлено теми фундаментальными открытиями естественных наук в области микромира, которые позволили выйти на новый уровень понимания материального мира. Особое значение в этом аспекте имеют исследования *внутренних сторон взаимодействия*, которые отражают взаимные превращения и переходы, взаимную обусловленность и взаимную связь объектов и явлений природы. Учитывая актуальность данного направления исследования, в предыдущих работах нами дано философское и естественно-научное обоснование сущности *сопряжения* как одной из внутренних сторон *взаимодействия*, которая позволяет глубже понять организацию и функционирование биологической формы движения материи, так и ее взаимосвязь с физической и химической формами движения материи. Сопряжение как естественно-научный принцип выделен на основе содержательного анализа фундаментальных дисциплин, что позволило присвоить понятию «сопряжение» статус естественно-научной категории познания неживой и живой природы.

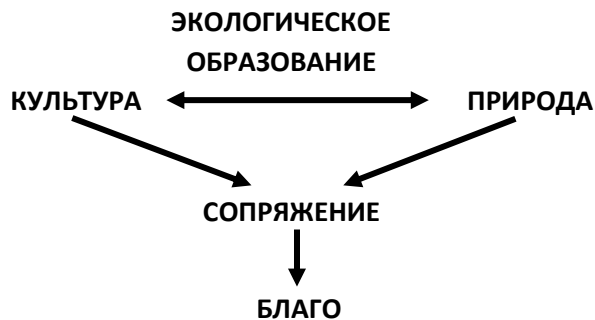
Природа широко использует сопряжение как один из принципов эволюции материи. Особенно важен этот принцип при возникновении новой формы движения материи, у которой возникает абсолютно новое качество. Результаты нашего исследования свидетельствуют, что понятие «сопряжение» используется достаточно широко в естествознании в целом, и в частности, в области физики, химии, биохимии и биологии: «*сопряженные точки*», «*сопряженные системы π -электронов*», «*сопряженные окислительно-восстановительные реакции*», «*энергетическое сопряжение*», «*сопрягающий фактор*», «*сопрягающие мембраны*», «*сопрягающие оргanelлы*», «*сопряженная коэволюция*» и т.д. Однако во всех этих частных применениях (значениях) этого понятия оно не несет методологической нагрузки. Только после философского осмысления содержания понятия «сопряжение» как важнейшей внутренней стороны взаимодействия и возведения его в ранг естественно-научной категории познания неживой и живой природы оно становится мощным методологическим средством умственной деятельности учащихся, студентов и преподавателей.

Сопряжение как *внутренняя сторона взаимодействия* сыграло и играет важнейшую роль в эволюции материи, в том числе и в возникновении и эволюции биологической формы движения материи, которая возникла на основе физической и химической форм движения. Доказательством этого положения является высказывание видных ученых, которые подчеркивают, что «в процессе химической эволюции при наличии всех необходимых для нее условий происходит *усиление роли сопряженности. Последовательные сопряженные процессы выступают как существенная сторона **организации** динамических неравновесных систем*» [193, с. 165] (курсив наш.— С.П.). Остается только добавить, что к таким динамическим неравновесным системам относятся все живые системы разных уровней организации: начиная клеткой и заканчивая биосферой. Таким образом, повышение уровня организации систем в процессе эволюции материи обусловлено *увеличением сопряженности между ее элементами*.

Понимание *сопряжения* как универсального принципа организации и развития материи позволяет выявить один из фундаментальных механизмов взаимодействия и между *организмами и средой их обитания*, обеспечивающий их непрерывную коэволюцию и приводящий к *повышению уровня организации системы*. Факторами, *сопрягающими организм и среду*, являются разные *формы вещества, энергии и информации, которые являются для них общими*. Именно они связывают, *сопрягают* эти компоненты природы в единую систему, которая в процессе *сопряженной эволюции* повышает уровень своей организованности и устойчивости.

Общие *принципы организации, функционирования* и эволюции неживой и живой природы необходимо философски осмыслить и использовать как методологическую основу для выявления конкретных механизмов взаимодействия между *природой и обществом*, которые определяют их гармоничное развитие в XXI веке. Уровень организации такой системы, как природа и общество многократно возрастает, соответственно, многократно увеличивается количество точек взаимодействия между элементами этой системы. Коэволюция такой системы возможна лишь в том случае, если она будет развиваться как единая сопряженная система – ноосфера. Поэтому неслучайно понятие «сопряжение» целенаправленно используется для разработки моделей гармоничного развития между природой и обществом. Так, например, А.Т. Шаталов и Ю.В. Оленников, характеризуя сущность «Коэволюционной познавательной модели», отмечают, что она «...имеет непреходящее значение *для осмысления процесса сопряженного развития природы и общества в целом*, различных видов живого вещества между собой и неживой природой» [204, с. 11] (курсив наш. – С.П.).

Таким образом, последние десятилетия человечество осязаемо ощутило негативные результаты предшествующих доктрин и декларирует новый принцип взаимоотношений между культурой и природой – *принцип гармонизации*. Как известно, *высшим компонентом любой культуры является образование*, которое, кроме того, считается и самой экономической сферой гармонизации отношений между *человеком и природой*. Современное образование (в том числе и экологическое), ориентированное на гуманистическую ценность достижения блага за счет самой культуры с возмещением определенной части ущерба, нанесенного природе, есть величайшее достижение XXI века. Оптимистическая экологическая перспектива появляется только при условии осознания человеком ценности гармонизации отношений между культурой и природой и в целом общества *на уровне блага*. Новый принцип этих взаимоотношений можно выразить схемой:



Взаимодействие, складывающееся между культурой и природой, в полной мере подчиняется основному закону бытия – *закону единства и борьбы противоположностей*, поэтому вектор их движения в сторону прогресса или регресса взаимообусловлен. Образование же является важнейшим фактором понимания этого явления.

Усвоение понятия «сопряжение» как важнейшей категории, отражающей одну из внутренних сторон взаимодействия, позволяет понять конкретный механизм организации, функционирования и эволюции материи в целом. Такое осмысление внесет определенный вклад в *формирование нового экологического мышления, сознания учащихся и студентов, которое станет в их профессиональной деятельности основой для реализации стратегии коэволюции – взаимообусловленного, сопряженного, гармоничного развития системы «природа – жизнь – общество».*

1.15. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ЖИЗНИ В ПОНИМАНИИ СУЩНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИИ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ КАК СОПРЯЖЕННОЙ ЖИВОЙ СИСТЕМЫ

Тенденция приоритетности методологических знаний у обучающихся в настоящее время является одной из стратегических линий изучения естественно-научных дисциплин. Это явление носит постоянный характер, так как отражает интегративные процессы в современной науке, которые усиливаются по мере накопления новых знаний. Следствием обобщения новых знаний является наработка понятийного (категориального) аппарата наук, который послужит основой для более глубокого осмысления сущности изучаемых объектов и явлений и решения насущных проблем человека.

Анализ современных естественно-научных знаний позволяет выявить те философские категории, которые определяют стратегию развития естественных наук. В блоке этих философских понятий приоритетной считается категория *взаимодействия* в силу того, что она отражает сущность взаимных превращений, переходов и взаимную обусловленность материальных объектов и явлений. Осознание данных механизмов позволяет своевременно и эффективно решать насущные проблемы как в сфере науки, так и в сфере естественно-научного образования.

Теоретические исследования, проведенные ранее авторами в этой области, позволили обосновать положение, что одна из внутренних сторон взаимодействия, которая обуславливает новое качество в процессе эволюции у неживых и живых природных систем, может быть обозначена как «сопряжение». Это доказательство послужило основанием для придания понятию сопряжения статуса естественно-научной категории познания неживой и живой природы [143]. Неисчерпаемость материи предопределяет и неисчерпаемость форм взаимодействия. Это, в свою очередь, детерминирует и *неисчерпаемость форм сопряжения*, которые определяют специфику нового качества в процессе эволюции материальных объектов. Являясь одним из внутренних механизмов взаимодействия, сопряжение обеспечивает фундаментальные связи между структурными и функциональными элементами материи, что ведет к повышению ее уровня организации и дальнейшей эволюции. Из этого следует, что в основе усложнения материи лежит усложнение форм сопряженности. Этот вывод согласуется с мнением С.Т. Мелюхина, который констатирует, что при химической эволюции материи происходит усиление сопряженности между ее структурными элементами, что приводит к возникновению объектов и явлений, у которых появляются новые качества [193].

При выявлении особенностей жизни на *клеточном* уровне организации познавательный потенциал категории сопряжения проявляется как минимум в трех аспектах: 1) при вскрытии уникальных свойств биологически активных молекул и, прежде всего, биополимеров – белков и нуклеиновых кислот, уникальные свойства которых во многом обусловлены наличием в их молекулах сопряженной системы одинарных и двойных связей; 2) при выявлении механизмов взаимодействия (сопряжения) между биологически активными молекулами. Например, между ДНК и белками-ферментами, сопряжение которых обеспечивает репликацию ДНК и в конечном итоге самовоспроизведение живого; между белками и фосфолипидами, которые сопрягаясь определенным образом, формируют биологические мембраны, лежащие в основе организации большинства оргanelл и др.; 3) между отдельными оргanelлами растительной клетки, такими, например, как хлоропласты и митохондрии, имеющими общие метаболиты и общие формы энергии. Благодаря этим и другим видам сопряжения растительная клетка функционирует как *элементарная сопряженная живая система*, в которой тесно сопряжены превращения *вещества, энергии и информации*.

При выявлении сущности такого уникального явления, как жизнь, которое первоначально возникло в форме клетки, важно определить те теоретико-методологические подходы, которые позволят заложить в содержание (определение) этого понятия *всеобщие* признаки строения, функционирования и эволюции материи, *особенные* ее характеристики, присущие естественной природе, а также *единичные*, но главные явления, характерные только биологическим объектам всех уровней организации. Такой подход имеет вполне научное обоснование, так как отражает общую методологию формирования понятий, которая зафиксирована Ф. Энгельсом в его «Учении о понятии»: «Единичность, особенность и всеобщность – вот те три определения, в которых движется все учение о понятии» [209, с. 194].

Благополучие современной цивилизации и ее будущее во многом зависит от решения насущных глобальных проблем, среди которых биологическая проблема становится приоритетной. Это обусловлено наличием как чисто биологических проблем, так и тех, в которые биологические явления входят важнейшей составной частью (загрязнение окружающей среды, мировые пищевые ресурсы, демографический взрыв и т.д.). Такая ситуация детерминирует потребность человечества в осмыслении того, что такое *жизнь* и какая наука создаст *единую теорию биологических явлений* с тем, чтобы научиться эффективно и рационально управлять этими явлениями и решать актуальные практические проблемы.

Целью теоретической биологии, по мнению Б.Л. Астаурова, является «... познание самых фундаментальных и общих, но в то же время специфических свойств и законов, присущих той качественно особой форме движения материи, которую мы именуем жизнью» [6, с. 223]. В качестве главных критериев и атрибутов жизни данный автор выделяет: обмен веществ, явление самовоспроизведения, клеточный принцип строения организмов, специфические химические соединения, такие как белки и нуклеиновые кислоты, которые играют ключевую роль в биохимических процессах.

Вполне резонно, что для выявления сущности жизни как специфической формы движения материи необходимы не только *общие философские методологии* познания, которые используются для изучения всех уровней ее организации, но и *специальные методологические и методические подходы*, необходимые для вскрытия глубинных взаимосвязей между теоретическими блоками биологической науки. С такой задачей могут справиться ученые особого умственного склада: биологи-теоретики с философской жилкой [6, с. 228].

Из *общих методологических подходов*, которые должны играть ключевую роль в теоретических обобщениях общей биологии, следует прежде всего отметить гносеологические принципы и *категории* философии диалектического материализма, которые созданы на более широкой основе, чем понятия любой конкретной области знания; в них обобщен и экстраполирован опыт всего познания, а не одного какого-либо определенного объекта [84, с. 158]. Поэтому современная биологическая наука детерминирует дальнейшую разработку существующих категорий материалистической диалектики как путем обогащения их содержания, так и выдвижения новых понятий, выступающих в роли категорий диалектики, установления связи между ними, построения системы, позволяющей в наиболее полном виде выражать их содержание и двигать научное знание вперед. Актуальность этой задачи четко обозначена в высказывании видного философа современности П.В. Копнина: «...биологии, как и другим наукам, для выдвижения новых теорий не хватает не только фактов, но, может быть, именно философских категорий, способных открыть для них иной образ теоретического мышления, допускающий такой ход мысли, который прежние категории не только не предусматривали, а даже запрещали» [там же, с. 159].

Из этого следует, что главной задачей логики научного познания в настоящее время является изучение творческого процесса в формах и законах логики, что связано с выявлением эвристических принципов выдвижения новых идей, построения и проверки научных теорий. На этом пути логику ожидают большие испытания, но здесь она может показать и свою силу, для решения этой задачи необходимо усиленно разрабатывать материалистическую диалектику как логику современного научно-теоретического познания [там же, с. 159]. Скорей всего, новые категории диалектического материализма, позволяющие более глубоко проникнуть в сущность живого, возникнут в результате продуктивной творческой деятельности философов и биологов. Подтверждением этой идеи является «рождение» такого нового направления в науке, как «биофилософия».

Термин «биофилософия» в отечественной философской литературе впервые предложила Р.С. Карпинская, который используется для обозначения нового научно-философского подхода, сопрягающего в себе биологические и философские знания [204]. Данное направление концентрирует в себе итоги исследований философских проблем биологии «...и ставит задачу их обогащения проблематикой онтологической, социальной

и аксиологической значимости жизни» [там же]. В итоге это приведет к пересмотру некоторых фундаментальных мировоззренческих принципов и формированию современной универсальной научно-философской картины мира. Сейчас отсутствие мировоззрения, адекватного практической реальности бытия общества, чревато не только многими социальными и экологическими проблемами, обострением системного социоприродного кризиса, упадком нравов и т.п., но и даже угрозой гибели человечества и уникального природного явления – земной биосферы [там же].

По мнению А.Т. Шаталова, «концептуальным ядром биофилософии является понятие жизни, которое в наше время приобретает статус многозначной философской категории и основополагающего принципа понимания сущности мира и человеческого существования в нем» [там же]. Из этого следует, что в настоящий период развития цивилизации существенно повышается теоретико-методологический статус биологической науки в формировании интегративных знаний, образующих основу современной универсальной картины мира. Онтологическим основанием такой картины мира служит целостная система наиболее общих взглядов на окружающий и собственный мир через призму знаний о жизни.

Биологическая организация независимо от уровней, на которых она рассматривается, – молекулярного, клеточного, организменного, популяционного и др. – имеет общие принципы, интенсивно исследуемые в настоящее время и с физико-химической, и с кибернетической точек зрения. Одним из таких принципов является *сопряжение*, который приложим к структурной, энергетической и информационной упорядоченности всех уровней организации живой материи.

Материя неисчерпаема в своей структуре, но на разных структурных уровнях ее организации проявляются разные формы движения и законы взаимодействия, а следовательно, и *разные формы сопряжения*. В этой связи важнейшей задачей биологов, изучающих разные уровни организации живых объектов – выявить и понять механизм действия тех или иных видов сопряжения, которые обеспечивают качественную особенность изучаемого объекта.

Элементарной структурной и функциональной единицей всех организмов на Земле является клетка. И этого следует, что фундаментальная основа для выявления сущности живого должна быть заложена на клеточном уровне. В понимании сущности жизни на этом уровне организации биологической формы движения материи ключевую роль должны играть

определения этого понятия, где в концентрированном виде декларируются те признаки, которые в своей совокупности обеспечивают наличие этого уникального явления природы.

В настоящее время существуют разные подходы и разные критерии, которые ученые используют для определения сущности живого. Такая ситуация обусловлена как минимум двумя причинами: 1) огромным разнообразием живых объектов и уровней их организации; 2) выявлением наукой все новых и новых глубинных свойств у биологической формы движения материи.

Многочисленные определения сущности жизни, по мнению А.С. Кневец с соавторами, можно свести к трем основным: 1) согласно первому подходу, жизнь определяется носителем её свойств (например, белком); 2) согласно второму подходу, жизнь рассматривают как совокупность специфических физико-химических процессов; 3) согласно третьему подходу – необходимо определить минимально возможный набор обязательных свойств, без которых никакая жизнь невозможна [39].

Анализ содержания ряда современных определений жизни позволяет констатировать, что они все имеют важное значение для понимания обучающимися сущности живого, однако не лишены недостатков. В определении жизни, сформулированном русским ученым М.В. Волькенштейном: «Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров – белков и нуклеиновых кислот» [122, с. 318]. Достоинство данного определения заключается в том, что в нем отмечен системный принцип организации, который присущ всей материи. Кроме того, зафиксированы молекулярные основы живого (биополимеры: белки и нуклеиновые кислоты), а все проявления жизни сведены к трем общим явлениям (открытости, саморегуляции и самовоспроизведению). Основным недостатком данного определения, по-видимому, можно считать отсутствие генетической связи биологической формы движения материи с предыдущими – физической и химической формами ее движения. Не просматривается принцип эволюционизма и законы термодинамики.

По мнению Н. Пармона: «Жизнь – это фазово-обособленная форма существования функционирующих автокатализаторов, способных к химическим мутациям и претерпевших достаточно длительную эволюцию за счёт естественного отбора» [126, с. 12]. Преимущество этого определения заключается в показе химической основы живого и роли естественного отбора как основного фактора эволюции всех биологических объектов.

С точки зрения законов термодинамики: «Живыми называют такие системы, которые способны самостоятельно поддерживать и увеличивать свою очень высокую степень упорядоченности в среде с меньшей степенью упорядоченности» [Э. Гюнтер и др., 1982, с. 12]. Данное определение является очень важным для понимания особенностей протекания термодинамических процессов в живых объектах, которые противостоят накоплению энтропии и благодаря которым уровень организации этих природных систем в процессе эволюции возрастает. Однако, что касается особенностей превращения веществ, которые играют не менее важную роль, чем превращение энергии, в этом определении не указывается.

В определении жизни с позиций кибернетики, сформулированного А.А. Ляпуновым, констатируется, что жизнь – это «высокоустойчивое состояние вещества, использующее для выработки сохраняющих реакций информацию, кодируемую состояниями отдельных молекул» [105, с. 9]. Содержание данного определения, как и предыдущего, отражает лишь одно из важнейших превращений, в данном случае – информационного, которое также является исключительно важным для всех живых систем, но не единственным. Без связки с превращениями вещества и энергии понимание одних механизмов преобразования информации в живых системах не обеспечит понимание сущности живого в целом.

По нашему мнению, в основу современного определения жизни должны быть положены одновременно философские, естественно-научные и общебиологические принципы и закономерности. С этих позиций нами сформулировано следующее определение жизни: *«Живыми называются системы, в которых происходит постоянное усиление сопряженности между веществом, энергией и информацией, обеспечивающей возникновение качественно новых форм и их эволюцию»*. В представленном определении жизни все обозначенные выше условия соблюдены: 1) биологические объекты обозначены как системы: в основе их организации лежит системный принцип, который присущ материи в целом; 2) отражена естественно-научная основа организации и функционирования живых систем. Эту основу составляют вещество, энергия и информация, которые тесно сопряжены между собой. Обозначен важнейший принцип организации живых систем – сопряжение, который ранее нами обоснован как одна из внутренних сторон взаимодействия, обеспечивающая возникновение природных форм (систем) с новым качеством.

Молекулярный уровень является базовым для возникновения первых живых систем. Именно в процессе химической эволюции произошел качественный скачок от молекул, которым были присущи свойства, к молекулам, у которых появились функции. Об этом свидетельствуют высказывания видных ученых. Так, по мнению Ф. Энгельса, химическая форма движения, как и вся материя, эволюционна в своей основе и при благоприятных условиях, химические системы способны порождать какие-либо формы жизни. Подчеркивая данную особенность химической формы движения материи, он писал: «Если когда-нибудь удастся составить химическим путем белковые тела, то они, несомненно, обнаружат явления жизни и будут совершать обмен веществ... » [209, с. 264]. Подтверждением этого тезиса являются высказывание К.А. Тимирязева, который сводил все жизненные проявления к трем фундаментальным превращениям: вещества, энергии и формы [165]. Позднее не менее известный ученый-генетик Н.П. Дубинин, в качестве фундамента жизни определил вещество, энергию и информацию [68]. Мнения данных ученых и результаты собственных теоретических исследований позволяют выделить понятия «вещество», «энергия», «информация» и «форма» в особую группу, которые также сопряжены, как и процессы, которые они отражают. Обозначенные понятия отражают сущность проявлений жизни на молекулярном уровне в интактной клетке, обуславливающих такое целостное и уникальное качество биологической формы движения материи, как «жизнь».

Уникальность выделенных понятий заключается в том, что они, с одной стороны, конкретизируют философские категории: вещество является видом материи; энергия служит количественной и качественной характеристикой всех форм движения материи; информация – количественная и качественная характеристика отражения; форма – способ существования любого объекта или явления и материи в целом. Мы можем познавать материю потому, как она оформлена. С другой стороны, эти понятия отражают конкретные объекты и явления, которые при своем взаимодействии детерминируют эволюцию всех форм движения материи и их генетическую связь.

В представленном определении жизни имплицитно заложена отличительная особенность живых систем, которая заключается в том, что они постоянно «борются» с энтропией путем усиления сопряженности между веществом, энергией и информацией. Результатом такого сопряжения

является возникновение качественно новых жизненных форм в процессе их онтогенеза и филогенеза. Эволюционная идея, которая является ключевой в биологии, также отражена в данном определении жизни.

Таким образом, в представленном определении отображена логическая взаимосвязь между философскими, естественно-научными и общебиологическими понятиями, которая в определенной степени отражает сущность и особенность организации и функционирования биологических систем. Усвоение обучаемыми данного определения жизни внесет определенный вклад в их понимание сущности жизни на теоретическом уровне и в формирование научной картины мира.

ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

1. Современная система подготовки бакалавров должна быть ориентирована на методологизацию и фундаментализацию профессионального образования за счет повышения роли философских, физико-химических, общебиологических основ естественных наук, в том числе биологии, сконцентрированных в *категориях* и понятиях. Данные знания способствуют формированию компетенций студентов, поскольку позволяют унифицировать способы решения профессиональных задач.

2. Развитие диалектической логики означает дальнейшую разработку *категорий* материалистической диалектики, обогащение их содержания, выдвижение *новых понятий*, выступающих в роли *категорий* диалектики, установление связи между ними, построение системы, позволяющей в наиболее полном виде выражать их содержание и двигать научное знание вперед. Опираясь на это фундаментальное положение, нами дано философское обоснование сущности *сопряжения* как важнейшей стороны *взаимодействия*. Вместе с тем в работе представлено и естественно-научное обоснование сущности *сопряжения* как фундаментального принципа организации и развития материи.

3. Проведенный теоретический анализ позволил выдвинуть положение о необходимости возведения понятия «сопряжение» в ранг диалектической (*естественно-научной*) *категории*. Осмысление и понимание *сопряжения* как фундаментального принципа организации и развития материи дает возможность, по мнению автора, спроецировать его в образовательную область и рассматривать в качестве важнейшего методологического (*метапредметного*) средства обучения.

4. Сопряжение как принцип внутреннего взаимодействия между структурными элементами материи, который приводит к созданию качественно новой системы, спроецирован нами в образовательную область и использован как методологическую (*метапредметную*) основу для конкретизации таких важнейших общенаучных методов познания, как системный и деятельностный подходы, положенные в основу разработки современных школьных и вузовских стандартов.

Методологическая (*метапредметная*) значимость принципа сопряжения в этом аспекте заключается в том, что он одновременно конкретизирует и системный и деятельностный подходы. Первая часть этого принципа предписывает нахождение элементов у зарождающейся системы, вторая, деятельностная сторона, – выявляет сопряженную (общую) область между структурными элементами, механизм взаимодействия между ними, который обуславливает выявление нового качества у изучаемой системы. В процессе познавательной деятельности школьников и студентов принцип *сопряжения* как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – *методологическом (метапредметном)* и *общедидактическом*.

5. Категория «сопряжение» не только отражает один из механизмов организации и эволюции материи, но также является фундаментальным образовательным объектом, поскольку благодаря глубинному смыслу принадлежат как реальному, так и идеальному миру. Усвоение *метапредметного* потенциала категории сопряжения позволяет раскрыть один из внутренних механизмов не только системно-деятельностного подхода, но и механизм становления таких личностных характеристик выпускника школы и вуза, как *самоопределение, самоорганизация и самоутверждение*, которые тесно *сопряжены* между собой. В свою очередь системно-деятельностный и личностный подходы также тесно сопряжены и определяют сущность компетентностного подхода в целом, который является общей стратегией формирования профессиональных качеств будущего учителя.

6. Осмысление и понимание сущности *сопряжения* как важнейшей стороны *взаимодействия* дает основание для предположения, что данная категория может быть обоснована и как важнейший *дидактический принцип обучения и воспитания*. Дидактические принципы, как правило, являются проекцией общих законов природы и тех философских категорий, через которые они выражаются. Педагогическая действительность свидетельствует, что такие дидактические *принципы*, как преемственность,

системность, принцип развивающего обучения и др., выведены из философских законов и категорий, которые вскрывают наиболее общие тенденции развития явлений объективного мира, и одновременно являются правилами и формами человеческого познания, мышления.

7. Являясь главным компонентом развития, сопряжение и проявляется как развитие, выступает внутренним механизмом, обуславливающим *интегральность, целостность, направленность процессов развития любой системы и по существу регулирует развитие учебного познания*. Огромная важность принципа сопряжения в познании материального мира инициировала наше исследование *метапредметной* значимости категории *сопряжения* в образовательной области и ее статуса в учебно-воспитательном процессе студентов вуза.

8. Принцип сопряжения способствует снятию существующего в предметной системе обучения *противоречия между разрозненным по предметам усвоением знаний студентов и необходимостью их синтеза, комплексным применением интегрированных знаний не только учителями в педагогической практике, но и любыми специалистами в их профессиональной деятельности*. Вооружение выпускников вузов знаниями и умениями такого рода есть актуальная социальная задача, обусловленная тенденциями интеграции в науке и практике и востребованностью *творческого* подхода к решению проблем в условиях научно-технического прогресса.

9. Усвоение *метапредметного* содержания понятия «сопряжение» как важнейшей категории, отражающей одну из внутренних сторон взаимодействия, позволяет понять конкретный механизм организации, функционирования и эволюции биологической формы движения материи. Такое осмысление внесет определенный вклад в *формирование нового экологического мышления, сознания учащихся и студентов, которое станет в их профессиональной деятельности основой для реализации стратегии коэволюции – взаимообусловленного, сопряженного, гармоничного развития системы «природа – жизнь – общество»*.

ГЛАВА 2. ОБРАЗНО-ЗНАКОВЫЕ МОДЕЛИ КАК МЕТАПРЕДМЕТНАЯ ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ

2.1. МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ФОРМА СОПРЯЖЕННОЙ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ

Среди естественных наук биология изучает самую высокоорганизованную форму движения материи, которая включает своих генетических предшественников – физическую и химическую формы движения. Отсюда следует, что понимание сущности биологических объектов и явлений возможно только на основе явлений физических и химических. Данная закономерность свидетельствует о сложной организации биологических объектов и во многом определяет стратегию развития современной биологической науки как в отношении экспериментальных и теоретических исследований, так и методов, используемых при этом.

Одним из эффективных методов изучения объектов и явлений материального мира служит моделирование, которое, опираясь на методологию системного подхода, конкретизирует его принципы и при этом само становится важнейшей общенаучной методологией познания объективной реальности. Преимущество моделирования, как метода познания, проявляется прежде всего в том, что в моделях в той или иной форме наглядно «высвечиваются» существующие (или предполагаемые) фундаментальные связи у изучаемых объектов и явлений, что делает их плодотворными в познании законов и принципов организации и функционирования материальных систем в научных исследованиях и весьма удобными и эффективными для понимания сущности изучаемого материала в учебном процессе. Об огромном потенциале данного метода свидетельствует высказывание известного психолога Л.М. Фридмана: «Моделирование является важнейшим методом научного познания. Метод моделирования используется любой наукой на всех этапах научного исследования реальных явлений и процессов. Он обладает огромной эвристической силой, ибо с его помощью удается свести изучение сложного к простому, невидимого и неосязаемого к видимому и осязаемому, т.е. сделать любой, какой угодно сложный объект доступным для тщательного и всестороннего изучения» [197, с. 89].

Вслед за наукой моделирование стало использоваться и в области образования, в том числе и биологического. Однако многолетняя практика

авторов работы в вузе и сотрудничество со школами позволяет констатировать, что учащиеся и даже студенты, изучающие биологические науки, имеют ограниченные представления о моделировании и моделях. Основная причина этого, по-видимому, кроется в том, что большинство учителей и преподавателей вузов не обладают должным уровнем методологической культуры, и как следствие – весьма мало уделяют внимания как обобщенным методам познания в целом, так и моделированию в частности. В то время как результаты психологических исследований свидетельствуют, что усвоение обучаемыми моделирования, как общенаучной методологии познания, обогащает их методологический аппарат, делает их познавательную деятельность осмысленной и продуктивной и в итоге обеспечивает формирование мировоззрения адекватного современной науке. Такая точка зрения подтверждается результатами многолетних исследований М.Ю. Королева, который приходит к выводу, что преподаватели в силу ограниченности учебного времени крайне мало внимания уделяют обобщенным научным 64 методам познания, что существенно сужает возможности формирования научного мировоззрения и теоретического мышления. Повышение эффективности обучения естественно-научным дисциплинам в педвузах непосредственно связано с систематическим целенаправленным обучением методу моделирования с последующим активным использованием данного метода на всех видах учебных занятий с целью формирования целостного представления об окружающем мире [85].

При изучении биологии в школе и вузе в познавательных целях используются те модели (символы), которые были наработаны той или иной областью биологической науки: биохимией, цитологией, генетикой эмбриологией и т.д. Такие модели выносятся как на обложки учебников, так и приводятся в различных разделах этих книг. Содержательный анализ этих моделей позволяет констатировать, что они, в лучшем случае, отображают лишь отдельные понятия, идеи (свойства, признаки), а не всю их совокупность, известную на момент их издания, и не представляют собой целостной системы. Эти модели во многом предопределяют успех в усвоении отдельных тем изучаемого курса. Однако выход биологии на молекулярный и субмолекулярный уровни, а также прогрессирующая тенденция к интеграции естественно-научных знаний предопределяют запрос на разработку идеальных моделей высокого уровня обобщенности, которые послужат методологической основой не только для интеграции знаний в рамках курса биологии, но и естествознания в целом.

Создание таких интегративных идеальных моделей в области биологии может идти как минимум по двум направлениям: общебиологическому и естественно-научному (философскому). Стратегия общебиологического направления должна быть направлена на конструирование образно-знаковых моделей, отражающих наиболее общие биологические закономерности строения, функционирования и эволюцию биологических объектов всех уровней организации и их физико-химическую основу. В нашем исследовании на роль таких моделей могут претендовать такие как «Эмблема жизни» – идеализированная модель живых систем, «Эволюция форм в неживой и живой природе», «Энергетическое состояние электрона в метаболитах фотосинтеза и дыхания» и др. [135; 140; 177].

Естественно-научное (философское) направление предопределяет создание моделей самого высокого уровня интеграции на основе общебиологических, фундаментальных естественно-научных и философских понятий (категорий) законов и теорий, которые должны быть логически связаны в единую систему (модель), призванную выполнять содержательную и гносеологическую функции при изучении конкретных явлений природы. На статус таких авторских моделей могут претендовать: «Атрибутивная модель (схема) понятия «материя», «Общая характеристика живых систем», «Рациональное познание как сопряженная система» [136; 140; 174].

Усвоение содержания любого методологического подхода во многом детерминируется стратегией более общей методологии, которая лежит в его основе. Такой стратегией для моделирования является системный подход, который конкретизирует принципы самой универсальной методологии – диалектического материализма, и потому является основой для более частных методов познания. Поэтому неслучайно некоторые авторы рассматривают моделирование как разновидность системного подхода.

Методология системного подхода, лежащая в основе моделирования, предопределяет не только содержательную стратегию этого общенаучного подхода, но и условия, в которых он может оказать максимальный эффект при его использовании как в области науки, так и в области образования. Таким важнейшим условием является системность его применения. Результаты нашего исследования свидетельствуют, что только при систематическом использовании моделирования как метода познания сущности объектов и явлений разного уровня иерархичности может быть раскрыт в должной мере его содержательный и гносеологический потенциал,

а сам метод явится важнейшим базовым элементом профессиональной компетенции специалистов любого профиля. Реализации этой идеи на практике способствовал разработанный нами комплекс образно-знаковых моделей (философских, естественно-научных, биологических) разного уровня интеграции, начиная с понятия материи и заканчивая электронным уровнем. Большинство этих моделей студенты не получали в готовом виде, а конструировали сами под руководством преподавателя. На заключительном этапе создания модели происходило интерактивное обсуждение полученных результатов. Каждый студент сравнивал разработанную им модель с моделью преподавателя и в случае необходимости вносил соответствующие коррективы. При такой познавательной деятельности студенты более полно осознавали содержательный и гносеологический потенциал моделирования и сконструированной ими модели и эффективно использовали (конкретизировали) этот потенциал в учебном процессе.

Использование в учебном процессе таких моделей имеет исключительное значение в двух аспектах. Первый аспект обусловлен тем, что идеальные модели, созданные на основе теоретического синтеза естественно-научных (общебиологических) и философских знаний играют огромную методологическую роль, так как заложенные в них общие закономерности во многом определяют стратегию изучения не только биологических дисциплин, но и естествознания в целом. Постоянное использование этих закономерностей при изучении объектов материального мира приводит к тому, что общие законы природы становятся общими законами мышления учащихся и студентов, обеспечивая осуществление более быстрыми темпами познание сущности изучаемых объектов и явлений, а также их взаимосвязи, формируя единую картину научного миропонимания. Вторым аспектом, предопределенным большой значимостью образно-знаковых моделей высокого уровня интеграции в формировании обобщенно-образного мышления у обучаемых, наличие которого обосновал Г.А. Твердохлебов (2003). На основании экспериментальных исследований данный автор приходит к выводу о том, что обобщенно-образное мышление является связующим звеном между наглядно-образным и понятийным мышлением. Установление данной формы мышления является исключительно значимым, так как во многом определяет стратегию перехода от наглядно-образного к понятийному виду мышления. Косвенным подтверждением существования четвертого вида мышления является концепция Ж. Пиаже о четырех уровнях (этапах) развития процесса мышления в онтогенезе современного ребенка [130].

Целенаправленно методологический потенциал моделирования как общенаучного метода познания при изучении биологических систем может быть реализован должным образом только в купе с теми принципами, которые отражают сущность организации, функционирования и эволюции материи в целом. Это предопределено основным критерием, согласно которому модель должна отражать, прежде всего, сущностные связи изучаемого объекта или явления. В этой связи особо значимыми при конструировании моделей являются принципы, отражающие внутренние стороны взаимодействия, через которые, согласно Ф. Энгельсу, только и познается сущность объектов и явлений.

По мере развития научного знания выявляются новые принципы взаимодействия между элементами материи, которые позволяют глубже понять механизмы организации, функционирования и эволюции как конкретных объектов и явлений, так и материи в целом. В предыдущих исследованиях нами доказано, что одной из внутренних сторон взаимодействия является принцип сопряжения, действие которого продемонстрировано на примере биологической формы движения материи, начиная с электронного уровня и заканчивая биосферным уровнем организации живого [143]. Вполне очевидно, что этот принцип природы может и должен быть использован и при моделировании, так как мысль, по выражению П.В. Копнина, «...движется по законам предмета...» [84, с. 45]. Поэтому конструирование теоретических понятийных и образно-знаковых моделей на основе закономерностей и принципов функционирования природных систем позволяет отразить в них существенные связи между элементами изучаемых систем, что ведет к систематизации знаний, их обобщению и целостного представления об объекте.

Сопряжение как принцип организации материи необходимо рассматривать как разновидность системного подхода, который декларирует необходимость изучения связи между элементами любой системы. В то время как принцип сопряжения предписывает выявление взаимосвязи между компонентами изучаемых систем, то есть обнаружение той области сопряжения между элементами системы, которая является общей для них и обеспечивает целостность этой системы, а, следовательно, и ее качественную особенность. Принцип сопряжения отражает тот механизм, с помощью которого происходит взаимосвязь между элементами системы и с помощью которого можно управлять данной системой. Этот принцип необходимо использовать и при конструировании моделей, как в научной,

так и образовательной сфере. Он позволяет находить те пункты взаимосвязи между элементами конструированной модели, которые обеспечат ее целостность и качественную особенность, которая и будет определять ее познавательный потенциал.

Если принцип сопряжения обеспечивает непрерывность природных объектов и явлений, то в образовательной области он должен обеспечить непрерывность (сопряжение) всех понятий, приведение их в единую систему, которую, по-видимому, можно обозначить как сопряженное понятийное поле. Отдельные понятия отражают не только сущность объектов и явлений, но и их взаимодействие (сопряжение) с другими объектами. «Каждое понятие находится в известном отношении, в известной связи со всеми остальными» [93, с. 179]. Отсюда следует, что принцип сопряжения как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – методологическом и общедидактическом.

Моделирование по праву можно назвать сопряженным методом познания. При конструировании образно-знаковых и других видов моделей, отражающих сущностные свойства объектов и явлений природы, учащиеся и студенты имплицитно используют принцип сопряжения, так как сопрягают чувственное и рациональное, абстрактное и конкретное, содержание и форму, анализ и синтез, эмпирическое и теоретическое. Следовательно, при построении моделей мыслительная деятельность использует практически весь научный арсенал методов, приемов и форм с тем, чтобы опосредованно отобразить сущность изучаемого объекта и при этом сделать эту сущность наглядной. Таким образом, при работе над моделью исследователь запрограммированно одновременно использует (сопрягает) все формы (методы) как эмпирического, так и теоретического уровней познания, что позволяет создать особую форму отражения бытия – модель. Сопряжение различных методов и форм познания в процессе моделирования детерминирует его огромный методологический потенциал и статус общенаучного метода познания, который эффективно применяется во всех сферах человеческой деятельности.

Методологической основой моделирования является не только системный, но и деятельностный подходы. Сопряжение этих методологий определяет общую стратегию моделирования как общенаучного метода познания. Уникальность принципа сопряжения в этом аспекте заключается в том, что он одновременно конкретизирует и системный, и деятельностный подходы при создании моделей разного уровня интеграции. Первая

часть этот принципа предписывает нахождение элементов у зарождающейся системы, вторая, деятельностная сторона, выявляет сопряженную (общую) область между структурными элементами, механизм взаимодействия между ними, который обуславливает возникновение нового качества у вновь возникшей системы.

Метод моделирования в современный период образовательных реформ особенно востребован в силу того, что через данный метод реализуются идеи системно-деятельностного подхода, который, обогатившись идеями компетентностного подхода, был положен в основу разработки современных школьных и вузовских стандартов. Ключевым понятием в системно-деятельностном и компетентностном подходах выступает деятельность, многообразие которой имеет место при конструировании моделей учащимися и студентами.

Изучение биологических процессов и явлений на молекулярном и субмолекулярном уровнях предопределяет более целенаправленное использование моделей и моделирования при изучении биологических дисциплин, так как они являются средствами наглядности и, кроме того, выполняют методологическую функцию. Особую значимость метод моделирования приобретает при изучении физиологических процессов в силу того, что развитие понятий и умений физиологического характера представляет значительную сложность. Физиологические понятия, отражающие процессы являются крайне абстрактными, поэтому перевести словесную информацию о физиологических процессах в цельные обобщенные образы, которые являются основной ступенью к такому понятию достаточно сложно не только учащимся, но и студентам, особенно со слабой подготовкой физики и химии. Модели же дают возможность создания у студентов таких наглядных образов изучаемых процессов, которые выражают самые существенные свойства этих объектов, их внутреннюю структуру и сущность.

К образным моделям относят широко используемые разного рода рисунки, фотографии, схемы и т.д. При изучении физиологических функций особое значение играют логически связанные схемы и рисунки интегративного характера, которые отражают сущность не только отдельных физиологических процессов (или их этапов), но их взаимосвязь, а также механизмы их регуляции. Разработанное нами пособие «Образно-знаковые модели к курсу «Физиология растений» составлено с учетом этой идеи [168].

Представленные блоки логически связанных образно-знаковых моделей по курсу «Физиология растений» помогают студентам не только самостоятельно разобраться в сущности изучаемых процессов, протекающих в растениях, но и усвоить моделирование как важнейший метод познания, который наряду с другими послужит фундаментальной основой для их самообразования и самообучения. При таком подходе к делу может быть сформирован обобщенно-образный вид мышления, который является качественно новой ступенью, позволяющей развить мышление студентов до понятийного уровня. Предлагаемые схемы-модели как раз и направлены для достижения этой цели.

Использование моделей в обозначенном выше пособии позволяет проводить лекции в режиме интерактивного обучения, что существенно активизирует индивидуальные умственные процессы студентов; иницирует их внутреннюю необходимость к диалогу с преподавателем и с сокурсниками; активизирует положительные чувственные и интеллектуальные эмоции, которые, являясь ядром мотивации, вызывают внутренний интерес к изучению физиологических процессов и биологии в целом.

2.2. АТРИБУТИВНАЯ МОДЕЛЬ (СХЕМА) ПОНЯТИЯ «МАТЕРИЯ» И ЕЕ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ ПОНЯТИЙ «ВЕЩЕСТВО» И «ЭНЕРГИЯ» ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ

Общие принципы организации и функционирования материи являются основной методологией для изучения конкретных форм ее движения, в том числе и биологической. Знание этих фундаментальных закономерностей позволяет выявить материальную основу, на которой возникла данная форма материи, ее фундаментальные свойства, выступающие как единство противоположностей и определяющие ее дальнейшее развитие, качественное отличие от других форм бытия и т.д.

При характеристике различных форм движения материи широко используют следующие всеобщие категории: **вещество** как вид материи; **энергия** – общая количественная мера различных форм движения материи; **информация** – мера организованности (разнообразия) систем, находящаяся с энтропией в обратной зависимости; **форма** как организующий фактор бытия, принцип упорядоченности, способ существования того или иного содержания.

Взаимоотношения между содержанием и формой в полной мере подчиняются основному закону философии – единства и борьбы противоположностей: «...содержание – определяющая сторона целого, совокупность частей (элементов) предмета, форма – внутренняя организация содержания. Отношение содержания и формы характеризуется относительным единством; в ходе развития образуется несоответствие содержания и формы, которое, в конечном счете, разрешается «сбрасыванием» и возникновением новой формы, соответствующей развивающемуся содержанию» [154, с. 1230].

Предельно общие понятия, законы и теории выступают методом научно-теоретического мышления, иначе говоря, методологией познания объективной реальности [84], поэтому полноценное их усвоение учащимися при изучении цикла естественных дисциплин (физики, химии, биологии, географии и др.) является важнейшим условием формирования естественно-научного мышления [182; 189]. На основе их усвоения и формируется естественно-научная картина мира. Центральными в естественных науках являются понятия: «материя», «вещество», «поле», «масса», «энергия», «сила», «информация» и др. Не составляет исключения в этом смысле и биология.

При изучении биологической формы движения материи в курсе биологии особое внимание уделяется формированию понятий «вещество» и «энергия». Это обусловлено тем, что в основе обмена веществ биологических систем разного уровня организации с окружающей их средой лежат физические и химические явления, обуславливающие превращения вещества и энергии. Поэтому и содержание понятия обмена веществ раскрывается через понятия «вещество» и «энергия», что четко отражено в одном из его определений: «**Обмен веществ** (метаболизм – от греч. *metabole* – перемена) – совокупность всех химических изменений и всех видов **превращений веществ и энергии** в организмах, обеспечивающих развитие, жизнедеятельность и самовоспроизведение организмов, их связь с окружающей средой и адаптацию к изменениям внешних условий. Основу обмена веществ составляют взаимосвязанные процессы анаболизма и катаболизма, направленные на непрерывное обновление живого материала и обеспечение его необходимой энергией» [154, с. 905]. В свою очередь обмен веществ, по определению Ф. Энгельса, является главным функциональным критерием всего живого [209].

Почему при изучении курса биологии понятиям «вещество» и «энергия» необходимо уделять особое внимание? Ответ на этот вопрос можно найти в трудах выдающегося физиолога прошлого столетия К.А. Тимирязева. В цикле лекций «Исторический метод в биологии» он писал: «Все объективные проявления жизни сводятся к трем категориям явлений: это или превращение вещества, или превращение энергии, или, наконец, превращение формы» [165, с. 389]. Современная наука добавляет и четвертую категорию – эволюционное накопление, хранение, передачу и преобразование наследственной информации.

Великий ученый не случайно отводил в жизненных явлениях первое место превращению вещества и энергии. Именно они позволяют живым организмам быть открытыми системами, не только поддерживать, но и увеличивать степень их организации, то есть противостоять повышению энтропии. Благодаря этому живые системы приобретают ряд новых качеств и свойств, которые принципиально отличают их от неживых. Живое состояние – это, в первую очередь, не структура, а процесс. Структуры живого нестабильны, они постоянно разрушаются и строятся заново, а это возможно благодаря превращениям вещества и энергии.

По мнению корифеев методики биологии Н.М. Верзилина и В.М. Корсунской, «важнейшее понятие об обмене веществ, связанном с жизненными функциями и условиями жизни, требует особого внимания. Научному формированию и планомерному развитию понятия об обмене веществ мешает отсутствие должного внимания обмену внутриклеточному, внутриканцевому и превращениям энергии» [26, с. 90–93].

На молекулярном уровне понятие «обмен веществ» рассматривается в школьном курсе общей биологии при изучении строения и функции клеток. Обмен веществ и превращения их энергии раскрывает биохимические функции клетки, разделение их между частями клетки соответственно ее морфологическому расчленению. В клетке действует множество систем с поразительной согласованностью и закономерностью, что и обеспечивает ее воспроизведение и превращение энергии [26, с. 74].

Таким образом, являясь важнейшими для всего естествознания [65; 180], понятия «вещество» и «энергия» выполняют, прежде всего, методологическую функцию при формировании такого фундаментального понятия курса биологии, как «обмен веществ». В свою очередь ключевое общебиологическое понятие «обмен веществ» также выполняет методологическую функцию и во многом предопределяет стратегию формирования таких

важнейших общебиологических понятий, как анаболизм, катаболизм, фотосинтез, дыхание, биологическое окисление и др. Вполне естественно, что от понимания сущности этих понятий, их логической взаимосвязи будет зависеть глубина и верность сформированности итогового понятия – обмена веществ.

Анализ содержания наиболее используемых учебников общей биологии в школьной практике позволяет утверждать, что при интерпретации таких основополагающих понятий, как «обмен веществ», «метаболизм», «ассимиляция», «анаболизм», «диссимиляция», «катаболизм» авторами допускаются как неточности, так и существенные ошибки. Наиболее ярко они высвечиваются при формировании понятия «катаболизм» [91; 144–146]. Одна из причин этого, по-видимому, кроется в том, что даже в таком фундаментальном справочном словаре, как «Большой советский энциклопедический словарь» в расшифровке данного понятия допускаются существенные огрехи. Для подтверждения данного тезиса проанализируем определение катаболизма, приведенное в этом словаре: «**Катаболизм** (от греч. *katabole* – сбрасывание, разрушение) (диссимиляция) – совокупность протекающих в живом организме ферментативных реакций расщепления сложных органических веществ (в т.ч. пищевых). В процессе катаболизма происходит освобождение энергии, заключенной в химических связях крупных органических молекул и запасание ее в форме богатых энергией фосфатных связей АТФ. Катаболические процессы – клеточное дыхание, гликолиз, брожение. Основные конечные продукты катаболизма – вода, CO_2 и NH_3 , мочевины, молочная кислота» [154, с. 556]. Первая часть определения констатирует, что лежит в основе данного процесса (совокупность ферментативных реакций), и к ней нет никаких замечаний. Вторая показывает роль этого процесса (его значимость) и сводит его только к освобождению энергии и запасанию ее в форме АТФ, но при этом опускаются многочисленные промежуточные метаболиты данного процесса, которые используются как строительные блоки для всех соединений клетки: белков, нуклеиновых кислот, липидов, полисахаридов и т.д.

Данная ошибка переносится в школьные учебники. Так, например, в учебнике общей биологии под ред. В.Б. Захарова рассматриваемому понятию дается следующее определение: «Процессом, противоположным синтезу, является диссимиляция – совокупность реакций расщепления. При расщеплении высокомолекулярных соединений выделяется энергия, необходимая для реакций биосинтеза. Поэтому диссимиляцию называют еще энергетическим обменом клетки или катаболизмом...» [74, с.123].

Попутно следует отметить, что помимо перенесенной ошибки (относительно промежуточных метаболитов), авторы учебника допустили новые, поставив знак абсолютного равенства между понятиями диссимиляции, катаболизма и энергетического обмена.

Понятие «катаболизм» как одно из фундаментальных биологических понятий выполняет методологическую функцию в определении содержания понятий, лежащих в его основе, и, в первую очередь, такого как «дыхание». Широко известный постулат – без дыхания нет жизни – говорит о многом. Дыхание (в широком смысле этого слова) присуще всем организмам на Земле, и от понимания сущности этого процесса зависит во многом целостное понимание организации и функционирования живой материи на молекулярном уровне.

Вполне естественно, что ошибка, имеющая место в определении понятия «катаболизм», была перенесена и на понятие «дыхание». Доказательством этому может служить определение дыхания в том же словаре: «Дыхание – совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода и удаление углекислого газа (внешнее дыхание), а также использование кислорода клетками и тканями для окисления органических веществ с освобождением энергии, необходимой для их жизнедеятельности (так называемое клеточное или тканевое дыхание)...» [154, с. 418]. Комментарий к данному определению, по-видимому, излишен. К сожалению, не избежал данной ошибки один из лучших современных учебников по общей биологии под редакцией А.О. Рувинского [122], а также и учебники зарубежных авторов, которые зачастую адресованы одновременно преподавателям, студентам, учителям и учащимся. Это касается и весьма солидного учебника «Введение в биологию» (П. Кемп, К. Армс) [91]; широко известного трехтомника «Биология» (Н. Грин и др.) [59]. В последнем учебнике промежуточные метаболиты процесса дыхания не указаны ни в гликолизе, ни в цикле Кребса, а лишь в глиоксислатном цикле, который, как правило, в школе не изучается. Таким образом, приведенные факты и рассуждения позволяют заключить, что ошибки в толковании сущности понятий катаболизма, дыхания и др., имеющие место в справочной литературе, зачастую переносятся в школьные учебники, что оказывает негативное влияние на понимание физиологических функций живых организмов в целом.

Приведенные аргументы и логические рассуждения позволяют констатировать, что в основе таких фундаментальных биологических процессов,

как обмен веществ (метаболизм), анаболизм, катаболизм, фотосинтез, дыхание и др. лежат явления превращения вещества и энергии, находящиеся между собой во взаимосвязи. Поэтому и формирование понятий «вещество» и «энергия» при изучении этих процессов также должно идти параллельно и во взаимосвязи. Попытка формировать эти понятия по отдельности (например, «энергетический обмен») является грубейшей методологической ошибкой, цена которой непонимание большинством учащихся (и даже студентов) сущности вышеназванных процессов, что, безусловно, негативно сказывается на формировании у них биологического мышления в целом.

Изучение школьного курса биологии, как известно, начинается с раздела «Растения» и это вполне логично, так как растительные организмы по своей сложности стоят на более низкой ступени организации по сравнению с животными, а тем более с человеком. В этом разделе дается не только разнообразный фактический материал, но и предпринимается попытка формирования базовых общебиологических понятий, таких как «обмен веществ», «анаболизм» (на примере фотосинтеза) и «катаболизм» (на примере дыхания) [86]. Сама стратегическая линия такого подхода верна, однако тактически она реализуется весьма неэффективно. Основная причина тому – отсутствие у школьников базовых физических и химических понятий, прежде всего, таких как «вещество» и «энергия». Отсутствие должного научного наполнения содержанием этих понятий, которое возлагается прежде всего на курсы физики и химии (а они изучаются позже), приводит к тому, что понимание и интерпретация этих понятий перед изучением раздела «Растения» находится, если можно так выразиться, на полубытовом уровне. Вполне естественно, что на том же уровне нарабатываются понятия о фотосинтезе и дыхании, фундаментом которых являются понятия «вещество» и «энергия».

Об актуальности данной проблемы и неотложности ее решения свидетельствуют высказывания видных отечественных ученых. Так, в предисловии к трехтомному английскому изданию «Биология» (Н. Грин и др.) известные ученые Б.М. Медников и А.А. Нейфх отмечают: «Ни для кого не секрет (кроме Академии педагогических наук), что преподавание биологии в наших школах ведется из рук вон плохо. Одна из причин этого – растянутый на ряд лет курс, начинающийся с предельно адаптированной для младших школьников ботаники и кончающийся общей биологией, которую учащиеся «проходят» (удивительно уместный термин!), основательно

забыв все остальное. Такое положение уже становится нетерпимым» [59, с. 5]. Анализируя опыт зарубежных школ по модернизации биологического образования, эти же ученые продолжают: «Эту простую истину уже поняли за рубежом: как правило, биологию там преподают в старших классах, в течение не более чем двух-трех лет, цельным курсом и одновременно с органической химией. В сочетании с хорошо разработанным практикумом это дает неплохие результаты: человек со средним образованием в США или Англии имеет познания в биологии, сравнимые с таковыми у наших студентов 1–2 курсов» [там же]. Перестройка курса биологии, по мнению другого крупного исследователя в области методики физики А.В. Усовой, приводит к необходимости перестройки содержания и структуры курсов физики и химии, а также изменения их места в учебном плане [185].

В настоящее время необходимо создать, на наш взгляд, естественную образовательную систему, которая отражала бы естественный ход развития материи вообще, в результате которого физическая форма движения материи породила химическую, а она, в свою очередь, – биологическую, в то время как существующие образовательные системы (концепции) в области биологии в той или иной мере являются искусственными [139; 144].

Реализация данной идеи становится особенно актуальной в современный период развития общества, так как решение многих насущных проблем в области естествознания требует интеграции знаний естественных курсов, изучаемых в школе. Прогнозируя подобную тенденцию, ряд исследователей ведут многолетнюю работу по внедрению новой концепции естественно-научного образования, основанной на опережающем изучении курса физики (в 5 классе), разработанной профессором А.В. Усовой [188]. Данная концепция включена в план исследования РАО, поддержана грантом Министерства образования РФ и апробирована в школах г. Челябинска и области, а также за ее пределами. Проведенный педагогический эксперимент дал положительный результат, и работа в этом направлении продолжается. Реализация данной концепции в школьной практике убедительно свидетельствует, что усвоение учащимися фундаментальных естественно-научных понятий, законов, теорий в 5–6 классах создает научный фундамент для изучения биологических систем разного уровня организации не только на эмпирическом уровне, но и теоретическом. При этом усваивается не только понятийный аппарат курсов физики и химии (в том числе и понятий «вещество» и «энергия»), но и методы,

и приемы, которые позволяют добывать научные знания об объектах и явлениях окружающего мира. Важнейшим из них является функциональный подход, применение и усвоение которого в курсах физики и химии позволит эффективно его использовать и углубить при изучении физиологических функций, понимать их сущность и управлять ими в практической деятельности.

Таким образом, приведенные факты и логические рассуждения позволяют констатировать, что в разделе «Растения» не закладываются, да и не могут быть заложены на должном (научном) уровне такие базовые общебиологические понятия, как «обмен веществ» («метаболизм») «анаболизм» и «катаболизм», «фотосинтез», «дыхание» и др., которые призваны определять стратегию изучения всех остальных разделов биологии. Без получения элементарных знаний о превращении вещества и энергии при изучении раздела «Растения» нельзя понять сущности физиологических процессов (прежде всего, таких как фотосинтез и дыхание), уловить взаимосвязь между ними, выявить механизмы воздействия на них экологических факторов. В свою очередь глубокое познание биологических процессов позволит управлять ростом и развитием растительных организмов и, в конечном итоге, их продуктивностью.

Кардинальное решение этой проблемы, как уже было отмечено выше, требует коренного пересмотра школьных учебных планов и опережающего изучения курсов физики и химии. Однако от учителя не зависит стратегическое решение этого вопроса, а поэтому единственным путем в достижении этой цели в настоящее время является изменение тактики. Это значит, что при изучении раздела «Растения» учителю необходимо параллельно формировать физические и химические понятия, без которых невозможно заложить прочный фундамент для всего курса биологии. Для решения этой задачи автором разработана программа для раздела «Растения», в которую введена пропедевтическая тема «Генетическая связь неживой и живой природы» [196]. Она предусматривает закладку таких фундаментальных физических и химических понятий, как «атом», «молекула», «химическая реакция», «простое и сложное вещество», «органическое и неорганическое вещество», «фотон», «диффузия» и т.д., без которых невозможно понять сущность физиологических процессов даже в самом общем виде. Данная тема фактически закладывает методологическую основу для всего курса биологии.

Таким образом, «вещество» и «энергия» как фундаментальные естественно-научные понятия выполняют исключительно важную методологическую функцию при изучении неживых и живых объектов материального мира. Целенаправленное их формирование и использование приводит к тому, что они становятся общими законами мышления школьников, обеспечивая более быстрыми темпами познание сущности изучаемых объектов и явлений, а также их взаимосвязи, формируя единую картину научного мировоззрения.

Вещество как вид материи и энергия как количественная мера всех форм движения материи тесно связаны между собой и с другими ее атрибутами. Поэтому учителю, закладывающему и развивающему данные понятия, необходимо иметь обобщенную модель (схему) иерархии и взаимосвязи между фундаментальными естественно-научными (философскими) понятиями, являющимися отражением бытия.

Стратегия формирования основополагающих физических понятий «вещество» и «энергия» во многом будет определяться пониманием принципов организации, функционирования и развития материи в целом. Термин «материя» был введен Цицероном в I веке до н. э. и в переводе с латинского означает «вещество». Однако по мере развития философии и науки содержание данного понятия было существенно расширено. По определению В.И. Ленина, «*материя* есть философская категория для обозначения объективной реальности, которая дана человеку в ощущениях его, которая копируется, фотографируется, отображается нашими ощущениями, существуя независимо от них» [94, с. 131]. Это определение дано с позиций диалектического материализма и в нем понятию материи придается всеобщее содержание: оно охватывает не какие-то определенные предметы и процессы, а всю объективную реальность. Объективная реальность, как предельно обобщенный признак, по мнению В.И. Ленина, характеризует любые виды материи, независимо от того, познаны они уже или будут познаны в будущем. Определяя материю посредством этого признака, диалектический материализм неявно предполагает бесконечное развитие материи и ее неисчерпаемость.

В современной философии и науке сложилось несколько базовых категориальных понятий. Кроме материи, к ним относят движение, отражение, взаимодействие, энергию, энтропию и информацию. Философия и современное естествознание формируют методологический уровень, на котором данные категории имеют богатую и разнообразную феноменологию.

В онтологии (учение об общих категориях, принципах и закономерностях мира) материя – носитель всех разнообразных свойств, отношений, изменений и взаимодействий объектов существующего реального мира. В гносеологии (учение о составе, структуре, системе форм знания; источниках, формах и методах познания) – всеобщий объект отражения; объективная реальность, существующая независимо от человеческого сознания.

Таким образом, философские определения понятия «материя» строятся на основе системы атрибутов, (неотъемлемых, существенных свойствах объекта), раскрывающих ее сущность. Такими *атрибутами материи выступают движение, взаимодействие и отражение*. Раскрытие их сущности позволяет создать атрибутивную модель данного понятия, являющуюся основой для его познания.

Материя и ее атрибуты являются философскими абстракциями, формирующими совокупность наших представлений о реальном мире. Естествознание, не претендуя на изменение смысла понятия «материя», использует ряд категорий (т.е. предельно общих понятий), позволяющих конкретизировать и обобщить все явления окружающей действительности на основании качественных и количественных характеристик. Такими категориями являются понятия *энергии, информации и энтропии*. Они имеют абстрактный смысл, т.е. недоступны прямому наблюдению, их значения определяют с расчетным путем с использованием результатов замера других наблюдаемых величин. Тем не менее в общем виде они выступают как мерные характеристики атрибутов материи и поэтому должны быть включены в *атрибутивную модель понятия материи*.

Таким образом, понятие «материя» является самым общим понятием философии и естествознания и его сущность раскрывается на основе системы атрибутов и их мерных характеристик. Однако в понимании сущности данного понятия важную роль играют и другие ее характеристики: формы проявления (виды материи) – вещество и поле, а также формы существования (бытия) – пространство и время. Вся совокупность этих характеристик материи, известная к настоящему времени, позволяет создать *атрибутивную модель (схему) понятия материи*, которая сводит их в логически связанную целостную систему и поэтому может являться своеобразной методологией изучения конкретных объектов и явлений окружающего мира (рис. 2). Для понимания сущности предложенной модели (понятия материи) следует хотя бы кратко рассмотреть содержание ее составляющих элементов и их взаимосвязи.

Важнейший атрибут материи – *движение* – является способом ее существования. В самом общем виде под движением понимается непрерывное изменение вообще, всякое взаимодействие материальных объектов. Диалектический материализм исходит из принципа единства материи и движения: нет материи без движения, как и нет движения без материи. Движение материи абсолютно, тогда как всякий покой относителен и представляет собой один из элементов движения (например, тело, покоящееся по отношению к Земле, движется с ней вокруг Солнца и т.д.). Движение выступает как единство противоположностей – изменчивости и устойчивости, прерывности и непрерывности, абсолютного и относительного.

В неразрывном единстве двух противоположных моментов – изменчивости и устойчивости – ведущую роль играет изменчивость, ибо все новое в мире появляется лишь через нее, а устойчивость, покой лишь фиксируют достигнутое в этом процессе. На уровне живой системы этот принцип находит отражение в саморегуляции, обеспечивающем онтогенез (эволюцию) и поддерживающим гомеостаз. Саморегуляция в данном случае выступает как самодвижение живой системы, которое выражает изменение объекта под влиянием внутренне присущих ему противоречий, факторов и условий. Оно присуще всем уровням строения материи – от механического, квантово-физического (изменения в субатомных, атомных и молекулярных системах в результате неустойчивости их структур) и химического (процессы в каталитических системах) до биологического и социального уровней. Самодвижение находит свое выражение в саморазвитии, которое свойственно как материальному миру в целом, так и его отдельным объектам (биологические системы, эволюция галактик, происхождение Солнечной системы и т.д.).

Саморазвитие обеспечивает переход систем на более высокий уровень организации. Это хорошо прослеживается на примере эволюции различных форм движения материи: механическая → физическая (тепловая, электромагнитная, гравитационная, атомная, ядерная) → химическая → биологическая → социальная.

Следовательно, движение материи многообразно по своим проявлениям и существует в различных формах, между которыми имеется генетическая связь. Высшие формы движения материи исторически возникают на основе относительно низших и включают их в себя в преобразованном виде в соответствии со своей структурой и законами развития как более

сложной системы. Между ними существует единство и взаимное влияние. Однако высшие формы движения материи качественно отличны от низших и несводимы к ним [23 с. 71–74].

Раскрытие взаимосвязей между формами движения материи играет исключительно важную роль в понимании единства мира, в познании сущности сложных явлений природы и общества и приводит к выводу, что все процессы и явления, протекающие в природе на микро-, макро- и мегауровнях, подчиняются одним и тем же фундаментальным принципам и законам, т.е. оказываются принципиально тождественными. Их осмысление и умение использовать на практике приводит к тому, что они становятся формами научного мышления и мировоззрения учащихся.

Таким образом, *движение* является фундаментальным атрибутом материи, обеспечивая ее существование и развитие в пространстве и во времени. Кроме того, движение как фундаментальное свойство материи предопределяет существование второго ее атрибута – взаимодействия. Под ним в широком смысле слова понимается всеобщая форма связи тел или явлений, осуществляющаяся в их взаимном изменении. Взаимодействие и движение представляют собой важнейшие атрибуты материи, без которых невозможно ее существование. Взаимодействие выступает как интегрирующий фактор, посредством которого происходит соединение различных материальных элементов в системы, системную организацию материи, обуславливая ее целостность. В силу универсальности взаимодействия осуществляется функциональная взаимосвязь всех структурных уровней бытия, материальное единство мира. Именно взаимодействие определяет отношение причины и следствия между объектами, т.е. устанавливает генетические связи в системе, предопределяя развитие объектов. При развитии происходит изменение состояния объекта, обусловленное возникновением, трансформацией или исчезновением его элементов и связей в результате взаимодействия.

Все свойства тел производны от взаимодействий, являются результатом их внутренних структурных связей и внешних взаимодействий между собой, поэтому понятие «взаимодействие» находится в глубокой связи с понятием «структура». Под структурой понимают совокупность устойчивых связей объекта, обеспечивающих его целостность и тождественность самому себе, то есть сохранение основных свойств при различных внешних и внутренних изменениях [154, с. 1276]. Открытые материальные системы всегда взаимодействуют с внешним окружением. При этом некоторые

свойства, отношения и связи элементов в этом взаимодействии меняются, но основные связи могут сохраняться и это является условием существования системы как целого. Эти устойчивые связи и отношения между элементами системы и образуют ее структуру [23, с. 56].

Согласно второму закону термодинамики, в природе в целом и в каждой изолированной системе энтропия всегда увеличивается, а так как величина энтропии характеризует степень неупорядоченности, упорядоченность всегда уменьшается. Поэтому долгое время казалось, что самопроизвольное стремление к тепловому равновесию противоречит процессу образования структур в живых организмах. Первым это противоречие попытался устранить Э. Шредингер (1947). Он отметил, что биологические объекты не являются замкнутыми, а взаимодействуют со средой, в которой имеются потоки энергии и вещества, обусловленные притоком солнечного света. Функционирование живого организма сводится к пропусканию через себя части этих потоков и их преобразованию. Энтропия открытой системы может даже уменьшаться со временем благодаря уходу ее от системы в окружающую среду или, как выражается Шредингер, организм «питается отрицательной энтропией» (негэнтропия). Существование открытых систем с нарастающей степенью упорядоченности не является парадоксом с позиций неравновесной статистической физики. Для Шредингера организм есть «апериодический кристалл», то есть высокоупорядоченная система, подобная твердому телу, но лишенная периодичности в расположении элементов – клеток, молекул, атомов. Поэтому явления типа самоорганизации возможны и в неживой природе в сильно неравновесных открытых системах.

Живые организмы постоянно создают из беспорядка упорядоченность. В них возникает и поддерживается физическое и химическое неравновесие, на котором основана работоспособность живых систем. В процессе индивидуального развития (онтогенеза) каждого живого организма, так же как и в процессе эволюционного развития (филогенезе), все время образуются новые структуры, т.е. достигается состояние более высокой упорядоченности. Это кажущееся противоречие с законом возрастания энтропии объясняется тем, что организмы – не изолированные, а открытые системы, непрерывно обменивающиеся веществом и энергией с окружающей средой. Это позволило сформулировать определение жизни с термодинамической точки зрения следующим образом: «Живыми называют такие системы, которые способны самостоятельно поддерживать и увеличи-

вать свою очень высокую степень упорядоченности в среде с меньшей степенью упорядоченности» (Э. Гюнтер и др. 1982). Отсюда следует, что обмен веществ как важнейшая функция живых организмов с точки зрения термодинамики необходим для того, чтобы препятствовать увеличению энтропии, обусловленному необратимыми процессами в системе.

Каждый живой организм и каждая клетка представляют собой термодинамическую открытую систему, которая непрерывно превращает заключенную в органических веществах химическую энергию в энергию рабочих процессов и, в конце концов, отдает ее в окружающую среду в форме тепла. В результате этого обмена веществом и энергией с окружающей средой и живой системой нет термодинамического равновесия. «Живая система никогда не находится в равновесии и все время совершает за счет своей свободной энергии работу против равновесия, устанавливающегося при данных внешних условиях» («всеобщий закон биологии», Бауэр, 1935). При температурах, свойственных живому организму, его структуры лабильны и подвергаются непрерывному распаду. Для компенсации этого распада должна совершаться «внутренняя работа» в форме процессов синтеза. Иными словами, рабочие процессы являются процессами с отрицательной энтропией (негэнтропийными процессами), так как они противодействуют увеличению энтропии, связанному с распадом структур, создают упорядоченность с помощью химической энергии и низкой энтропии поглощаемых высокомолекулярных органических веществ (гетеротрофные организмы) или с помощью электромагнитной энергии и низкой энтропии поглощаемого солнечного света (автотрофные зеленые растения). Прекращение этого процесса означает потерю структурности, смерть. Труп переходит в состояние термодинамического равновесия с максимальной энтропией.

Таким образом, наукой доказано, что неравновесные живые системы подчиняются тем же общим законам термодинамики, которым подчиняются другие неравновесные, но неживые системы, поэтому для характеристики живых организмов применимы и соответствующие термодинамические функции, и прежде всего, такие как энергия и энтропия.

Согласно диалектическому материализму, жизнь есть особая форма движения материи, которая возникает как новое качество на определенном этапе исторического развития материи. Поэтому она обладает свойствами, отличающими ее от неорганического мира, и ей присущи особые, специфические закономерности, не сводимые только к закономерностям

физики и химии. Каждая форма движения материи имеет в своей основе определенные типы взаимодействия структурных элементов, которые предопределяют ее существование и развитие.

Важнейшая особенность биологических систем заключается в том, что такой обмен осуществляется под контролем специальных механизмов реализации генетической информации и внутреннего управления, которые позволяют избежать «термодинамической смерти» путем использования энергии, извлекаемой из внешней среды. Устойчивость стационарных состояний биосистем (сохранение постоянства внутренних характеристик на фоне нестабильной или изменяющейся внешней среды), а также способность их к переходу из одного стационарного состояния в другое (свойство неустойчивости стационарных состояний биологических систем) обеспечиваются многообразными механизмами саморегуляции. Такая специфика биосистем определяется высоким уровнем их сложности и большим количеством элементов, что, в конечном итоге, определяет высокую эффективность протекания процессов самоорганизации (саморегуляции) и появление у них нового явления – Жизни.

Отличительная особенность процессов самоорганизации живых систем заключается в их целенаправленном, но вместе с тем естественном, спонтанном характере: эти процессы, протекающие при взаимодействии системы с окружающей средой, в той или иной мере автономны, относительно независимы от среды. Поэтому биологическая форма движения материи связана с пополнением и сохранением пластических и энергетических ресурсов, регулированием возрастания энергии и энтропии, сохранением и изменением наследственной информации.

Наиболее сложные формы взаимодействия и самоорганизации характеризуют жизнь общества и основаны на уникальной способности человека накапливать, анализировать и использовать прошлый опыт (информацию).

Таким образом, взаимодействие представляет собой разворачивающийся во времени и пространстве процесс воздействия одних материальных объектов на другие путем обмена материей, движением и информацией, в результате чего происходит изменение состояния их движения, взаимопереход, а также порождение одним объектом другого.

Категория «взаимодействие» является существенным, методологическим принципом познания природных и общественных явлений. Любой объект может быть понят и определен лишь в системе отношений

и взаимодействий с другими окружающими явлениями, их частями, сторонами и свойствами. Познание вещей означает познание их взаимодействия и само является результатом взаимодействия между субъектом и объектом. Исследование особенностей этого взаимодействия, природы взаимодействующих систем (субъекта и объекта прежде всего) является ключевым к пониманию сущности мышления [84, с. 160].

Мышление и субъективно и объективно, оно стремится стать тождественным объекту, но не может полностью совпасть, слиться с объектом, ибо является формой деятельности субъекта. Динамику отношения мышления к субъекту и объекту хорошо выражает понятие «отражение». Во-первых, оно различает мышление и объект. Объект существует независимо от мышления. Во-вторых, оно одновременно и отождествляет мышление и объект, мышление в своем отражении воспроизводит объект в свойственной субъекту форме. Поэтому мышление еще определяют и как способность человеческого сознания отразить в абстракциях или их системе существующий вне его объект.

Мышление имеет определенную генетическую связь с другими формами отражения, существующими в живой и неживой природе, в том числе со способностью отражения, лежащей в фундаменте материи и присущей всем ее видам и формам. Однако следует различать мышление и отражение: всякое мышление есть отражение, но не всякое отражение является мышлением. Мышление – особая форма отражения, возникающая в результате взаимодействия не любых двух материальных систем, а таких, одной из которых является общество [84, с. 162].

Таким образом, *отражение* является важнейшим атрибутом материи, и от понимания его сущности во многом зависит и понимание материального мира в целом. В философском смысле под отражением понимают непрерывное воспроизведение признаков, свойств и отношений объектов реальности. По мере развития материи изменялись способность и характер отражения у систем различного уровня ее организации. Наиболее простые формы отражения присущи телам неорганической природы. Например, след, произведенный воздействием одного предмета на другой. Биологической форме движения материи присущи более сложные формы отражения: растениям и простейшим – раздражимость, животным и человеку – психическое отражение. Качественно новая специфическая форма отражения – сознание (мышление) – формируется в рамках социальной формы движения материи [23, с. 291–303].

Отражение считают одним из основных понятий материалистической теории познания. Являясь одним из важнейших свойств материи, отражение (наряду с другими ее свойствами) тесно связано с основным вопросом философии. Как показал В.И. Ленин, «...в основе теории познания диалектического материализма лежит признание внешнего мира и отражение его в человеческой голове» [92, с. 5]. Материалистическое решение основного вопроса философии есть в то же время формулирование основных принципов теории отражения.

Признание существования внешнего мира независимо от сознания, отображаемого независимо от отображающего, – это фундаментальное положение ленинской теории отражения, всей марксистской философии. Признание отражения всеобщим свойством материи означает признание возможности адекватного отражения одним материальным объектом других материальных объектов. В своей теории В.И. Ленин подчеркивал, что отражение, по существу, родственно ощущениям [92, с. 91].

Как уже было отмечено выше, взаимодействие различных материальных систем имеет своим результатом взаимоотражение, которое выступает в различных формах и проявляется на разных уровнях. Так, наиболее примитивной формой отражения живых организмов является раздражимость, которая проявляется в виде возбуждения и ответной реакции организма на воздействие внешних и внутренних факторов среды. В свою очередь, в процессе жизнедеятельности организмы сами воздействуют на среду обитания, изменяя ее (образование почв, очистка вод животными-фильтрами от взвесей, изменение гидротермического режима под пологом леса, поддержание в атмосфере соотношения CO_2 и O_2 и т.д.). Свойство раздражимости сходно и в то же время качественно отлично от форм отражения, существующих в неживой природе. Это качественное отличие заключается прежде всего в том, что живые организмы представляют саморегулирующиеся системы. Механизм отражения этих систем основан на принципе обратной связи, так что результат реакции соотносится с потребностями организма. Отсюда вытекает значение адаптации, которая характеризует два существенных свойства биологической формы движения материи: свойство живых систем менять свою жизнедеятельность под влиянием внешних факторов при помощи отражения и свойство развивать и совершенствовать механизм отражения для обеспечения наиболее адекватного отражения среды в процессе эволюции. Таким образом, отражение является средством управления, регулирования приспособительного поведения.

Способность к саморегуляции обуславливает появление у живых систем так называемого опережающего отражения, причем опережающее отражение действительности выступает как атрибутивная способность живых существ учитывать некоторые предстоящие события. С помощью эволюционно закрепившейся системы неспецифических реакций организм уходит от повреждающего эффекта раздражителя до того, как вызванные им изменения станут необратимыми. Иначе говоря, неспецифические реакции носят характер опережающих, а это обеспечивает надежность адаптивного поведения биосистемы в быстро меняющихся условиях существования.

Дальнейшая эволюция живых организмов привела к появлению у них нового свойства – чувствительности, т.е. способности иметь ощущения, являющиеся начальной формой психики. Формирование органов чувств и взаимной координации их действий привело к образованию способности отражать вещи в некоторой совокупности их свойств – способности к восприятию. Животные не только дифференцированно воспринимают свойства и отношения вещей, но и отражают значительное число существенных в биологическом отношении пространственно-временных и элементарных причинных связей в окружающем мире [23, с. 291–303].

В последующей эволюции животных произошли существенные изменения в их организации (появление ряда ароморфозов и арохимозов), которые обусловили становление социальных факторов развития – труд, речь, общественная жизнь. Все это привело к возникновению социальной по своей сущности формы отражения в виде сознания и самосознания. Для отражения, свойственного человеку, характерно то, что оно есть социальный по своей природе творческий процесс; предполагает не только воздействие на субъект извне, но и активное действие самого субъекта, его творческую активность, которая проявляется в избирательности и целенаправленности восприятия, в отвлечении от одних предметов, свойств и отношений и фиксации других, в превращении чувств, образа в логическую мысль, в оперировании понятиями. Творческая активность познающего человека раскрывается также в актах продуктивного воображения, фантазии, поисковой деятельности, направленной на раскрытие истины путем формирования гипотезы и ее проверки, в создании теории, продуцировании новых идей, замыслов, постановке целей [там же].

Таким образом, даже краткий анализ содержания атрибутов материи позволяет констатировать, что они диалектически связаны и взаимообусловлены: отражение зависит от взаимодействия, которое является

следствием и основным проявлением движения, и одновременно – условием движения и взаимодействия, т.е. выступает в качестве источника дальнейшего развития объекта.

Категории «энергия», «информация» и «энтропия», как уже было отмечено выше, являются качественными и количественными характеристиками атрибутов материи. В этой связи раскрытие сущности данных понятий, установление взаимосвязи между ними и другими философскими (естественно-научными) понятиями имеют важное методологическое значение, так как позволят глубже понять неотъемлемые свойства материи (движение, взаимодействие, отражение), а через их и материю в целом. Из всех мерных характеристик атрибутов материи в последние годы наиболее пристальное внимание уделяют информации.

В современной философии и естествознании понятие «информация» тесно увязывают с понятием «отражение». Понятие «информация» (от лат. information – ознакомление, разъяснение) как меры организованности системы в противоположность понятию энтропии как меры неорганизованности, получило фундаментальный статус в естествознании (кибернетике) относительно недавно [30].

Кибернетика выявляет зависимость между информацией и другими характеристиками систем. Ей удалось установить обратно пропорциональную зависимость между информацией и энтропией. С повышением энтропии уменьшается информация (поскольку все усредняется), и наоборот, понижение энтропии увеличивает информацию. Связь информации с энтропией свидетельствует о связи информации с энергией [57]. Н. Винер приводит такой пример: «Кровь, оттекающая от головного мозга, на долю градуса теплее, чем кровь, притекающая к нему» [30].

По вопросу о соотношении отражения и информации до сих пор нет единого мнения. Весьма интересным является подход И.Б. Новика, который отмечает, что «информация по отношению к отражению занимает такое же место, как энергия по отношению к движению. Энергия – это качественная и количественная характеристика движения... И информация, подобно тому, представляет собой качественную и количественную характеристики организованности отражения» [118, с. 22]. Иначе говоря, информация выступает в качестве организованности, упорядоченности отражения. Анализируя различные подходы исследователей по данному вопросу, известный философ А.Д. Урсул приходит к выводу, что между понятиями отражения и информации имеется как сходство, так и различие: «Определения понятий

отражения и информации сходны в том, что выражают воспроизведение одного объекта в другом. Однако между ними есть и отличие. Понятие отражения акцентирует внимание на воспроизведении содержания в целом, а понятие информации – на воспроизведении одной его стороны – «разнообразия» [179, с. 60]. Следовательно, информация включает в себя не все содержание отражения, а лишь тот аспект, который связан с разнообразием, различием, но в значительной степени абстрагируется от моментов тождества, однообразия, хотя они и входят в содержание отражения.

С философской точки зрения информация – мера неоднородности распределения материи, мера упорядоченности отражения и движения. Информационное наполнение возможно только при существовании материальной системы, причем информация играет системообразующую роль. Такая информация называется структурной и является свойством материи, которое не может быть ею абсолютно утрачено ни на каком уровне организации материальных объектов и ни на каком этапе существования материи.

В интегративной науке – синергетике – информация означает меру организации (согласованности, связности, упорядоченности) системы. Высокая мера упорядоченности (информационности) системы является условием (причиной) согласованности ее составных частей. Это приводит к уменьшению энтропии системы и, как следствие, увеличению согласованности и упорядоченности самой системы в целом. Другими словами, в открытых системах действует принцип максимума информации, который означает следующее: организм стремится ко все большему разнообразию условий внешней среды, сохраняя при этом относительное постоянство. Однако достигаемый максимум информации всегда условный, т.е. достигается лишь настолько, насколько позволяют условия, ограничения, наложенные на реакции. Важнейшими среди них являются ограничения на ресурсы, роль которых могут играть энергия, вещество, время, потребное пространство и т.п. Принцип максимума информации сложился как естественное продолжение той общенаучной тенденции, в русле которой возник и принцип экономии энергии и принцип максимума энтропии. Эти принципы могут рассматриваться как частные случаи принципа максимума информации, а последний – как их обобщение.

В процессе филогенеза и онтогенеза живых систем постоянно происходит уменьшение энтропии и возрастание информации. Возникновение новой информации в эволюции связано, в частности, с запоминанием случайно выбранных нейтральных мутаций и генетических рекомбинаций,

с возникновением ассоциатов. При возрастании сложности возрастает и независимость системы от специфического окружения. Это происходит путем чередования дивергентных и конвергентных фаз. Конвергентная фаза означает уточнение имеющейся организации, дивергентная – перестройку системы, создание новой информации. Так новая информация создается при каждом новом скрещивании, при возникновении новой особи. К системам, создающим информацию, можно отнести клетку, функционирующий организм, биогеоценоз, биосферу, Вселенную и т.п. Создание новой системы также может происходить и на уровне видообразования, которое, по Ч. Дарвину, идет путем дивергенции.

Естественно-научная атрибутивная модель понятия материи может быть построена лишь на основании совокупности взглядов на конкретные формы ее движения, существования и проявления. Для целостности понимания сущности материи необходимо рассмотреть ее явленческое проявление на конкретных объектах (видах материи) реального мира.

До открытия элементарных частиц и их взаимодействий наука выделяла два вида материи – вещество и поле. Под веществом как видом материи понимают «совокупность дискретных (прерывных) образований, обладающих массой покоя (атомы, молекулы и то, что из них построено)» [154, с. 216]. Атомы и молекулы образуют все разнообразие макроскопических тел, которые окружают человека. В свою очередь, сами атомы имеют сложное строение. Они образованы из элементарных частиц – протонов и нейтронов, составляющих атомное ядро, и электронов, движущихся вокруг ядра с огромной скоростью.

Долгое время ученые считали электрон элементарной частицей, основой мироздания, полагая, что они дошли до крайних пределов в изучении организации материи. В этой связи В.И. Ленин отмечал, что электрон так же неисчерпаем, как и атом. Данное положение во многом предопределило общие тенденции развития будущей физики элементарных частиц. Крупные зарубежные ученые М. Борн и др. в своих работах подчеркивали значение ленинской идеи в изучении глубинного строения материи [23, с. 54]. Именно эта методология в изучении материи привела ученых к выводу, что элементарные частицы состоят из более мелких «строительных блоков», которые были названы кварками.

В настоящее время известно шесть кварков и шесть антикварков, которые выступают как элементарные частицы, хотя гарантии, что они являются последними, неделимыми частицами материи, наука не дает.

Комбинируемые в различных сочетаниях и удерживаемые вместе сильным ядерным взаимодействием, кварки образуют сотни элементарных, а точнее субатомных частиц, известных современной науке. В настоящее время установлено, что элементарные частицы существуют не только в составе атомов и ядер, но и в свободном состоянии. Множество этих частиц содержится, например, в космическом излучении [9].

В повседневной жизни человек обычно имеет дело с веществами, которые находятся в твердом, жидком и газообразном состояниях, однако наиболее распространенным состоянием вещества во Вселенной является плазма. Она напоминает газ, однако свойства ее отличны от свойств газа. Ее основу составляют электрически заряженные частицы – электроны и ионы, которые «стянуты» действием сильного магнитного поля, в результате чего плазма обретает специфический, так называемый винтовой порядок. Изучение плазмы является весьма перспективным направлением современной науки, так как создает огромные возможности для прогресса техники, в частности, открывает путь к управлению термоядерными реакциями и получению тем самым неисчерпаемого источника энергии. В состоянии плазмы находятся звезды, туманности, межзвездный газ, тогда как твердые, жидкие и газообразные тела, которые столь распространены на Земле, для Вселенной в целом большая редкость.

Современная наука предполагает существование еще одного состояния вещества – нейтронное, которое обусловлено тем, что при огромных давлениях электроны могут проникать в атомное ядро и, соединяясь с протонами ядра, образовывать нейтроны. Отличительными особенностями веществ в нейтронном состоянии являются огромная электропроводность, возникновение сильных магнитных полей в случае прохождения электрического тока и удивительная, ни с чем не сравнимая плотность. Кубический сантиметр вещества в нейтронном состоянии должен весить не менее миллиона тонн.

Таким образом, основным свойством (характеристикой) вещества является масса, причем вещество обладает массой покоя. Однако вещество характеризуется и энергией (энергия химических связей, кинетическая, ядерная и др.).

Человека с давних пор интересовал вопрос, как образовались все те макросистемы, в которых мы живем. Ближе всего к разгадке этой фундаментальной проблемы материи подошла современная наука синергетика. Она сформулировала принцип самодвижения в неживой природе, создания

более сложных систем из более простых. С синергетикой в физику проник эволюционный подход, и наука приходит к пониманию творения как создания нового. Синергетика вывела случайность на макроскопический уровень, подтвердив тем самым выводы механики; и вывод теории относительности о взаимопревращении вещества и энергии и объясняет образование веществ [57, с. 115].

До второй половины XIX в. под материей обычно понималось вещество. Электродинамикой Максвелла было положено основание физическому учению о поле как особой форме материи. Однако вещество и поле долгое время рассматривались отдельно друг от друга. И только с появлением квантовой (волновой) механики, которая является одним из основных разделов квантовой теории, была установлена связь вещества и поля, описаны законы движения микрочастиц в заданных внешних полях. Опытами по дифракции электронов было доказано, что микрочастицы вещества и поля имеют двуединую природу – одновременно и корпускулярную, дискретную, и волновую, непрерывную.

Основным свойством физического поля, в отличие от вещества, является энергия. При этом поле также обладает массой, но не массой покоя. Поле связывает между собой тела, передает действие от одного тела к другому и характеризуется, в отличие от вещества, бесконечным числом степеней свободы [154, с. 1022].

Применение квантовой механики к физическим полям привело к созданию квантовой электродинамики, объяснившей много новых явлений. Исключительно плодотворным оказался синтез квантовой механики и специальной теории относительности, что привело к предсказанию античастиц. Оказалось, что у каждой частицы должен быть как бы свой двойник – другая частица с той же массой, но с противоположным зарядом. Основатель релятивистской квантовой теории поля английский физик П.А. Дирак предсказал существование позитрона и возможность превращения фотона в пару электрон-позитрон и обратно. Впоследствии позитрон – античастица электрона экспериментально был открыт в 1934 г. [156, с. 69].

Огромную роль квантовая теория поля сыграла в подтверждении неизбежности закона сохранения энергии, предсказав существование нейтрино. Опытным путем было установлено, что при радиоактивном β -распаде из атомного ядра испускаются электроны (или позитроны), обладающие различной энергией. Для объяснения этого факта и согласования его с законом сохранения энергии швейцарский физик-теоретик

В. Паули предположил, что одновременно с электроном (или позитроном) ядро испускает еще какую-то электрически нейтральную частицу, которая уносит недостающую часть энергии. В последующем она была названа «нейтрино». Эта частица вылетает из ядра вместе с позитроном, а в случае испускания электрона из ядра вылетает «антинейтрино». В случае испускания электрона (e^-) и антинейтрино ($\bar{\nu}_e$) при β -распаде происходит превращение нейтрона (n) в протон (p): $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$. В случае испускания позитрона (e^+) и нейтрино (ν_e) протон превращается в нейтрон (n): $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$.

Как известно, в составе атомного ядра имеются только протоны и нейтроны. В нем нет ни электронов и позитронов, ни нейтрино и антинейтрино. Уникальность заключается в том, что эти частицы и античастицы рождаются, возникают в самом процессе превращения нейтрона в протон и обратно. Этот процесс можно сравнить с испусканием фотонов электромагнитного поля при переходе атомов из одного электронного состояния в другое [156, с. 69–70]. Следовательно, многообразие микромира предполагает его единство через взаимопревращаемость частиц и полей, которые лежат в самом фундаменте материи, и предопределяет ее бесконечное движение в пространстве и во времени.

Первыми полями, которые открыла наука, были гравитационное поле (тяготение) и электромагнитное (одной из его разновидностей является свет). Элементами электромагнитного поля являются фотоны, которые отличны от частиц вещества. В пустоте фотоны всегда движутся с постоянной скоростью – около 300 тысяч километров в секунду, тогда как скорость движения частиц вещества может быть самой различной, но не больше, чем скорость движения фотонов.

Кроме гравитационного и электромагнитного имеются ядерное, мезонное, глюонное и электронно-позитронные поля. Каждому из них соответствуют частицы, отличные от фотона, каждое обладает специфическими свойствами. Тем не менее ученые предполагают, что в их основе лежит некий объединяющий принцип, а поэтому усиленно работают над созданием единой теории поля.

Развитие квантовой физики выявило относительность разграничительных линий между веществом и полем. Только на макроуровне, когда можно не принимать во внимание квантовые свойства полей, их можно считать непрерывными средами. Но на микроуровне поля предстают как состоящие из квантов, которые можно рассматривать в качестве частиц,

обладающих одновременно и корпускулярными, и волновыми характеристиками. Например, электромагнитное поле можно представить как систему фотонов, а гравитационное – как систему гравитонов (гипотетических частиц, которые предсказывает квантовая теория). В то же время и частицы вещества – электроны и позитроны, мезоны и др. – в целом ряде задач физика рассматривает как кванты соответствующих полей (электронно-позитронного, мезонного и т.п.).

Таким образом, вещество и поле по своему строению и свойствам многообразны и неисчерпаемы. Грани между ними отчетливо выступают лишь в макроскопическом (видимом) мире, в области же микропроцессов эти грани относительны. На микроуровне вещество и поле неразрывно связаны, взаимодействуют, а при известных условиях способны и превращаться друг в друга. Многообразие микромира предполагает его единство через взаимопревращаемость частиц и полей, которые лежат в самом фундаменте материи, и предопределяет ее бесконечное движение в пространстве и во времени.

Элементарный уровень организации материи включает наряду с элементарными частицами еще такой необычный физический объект, как вакуум. Физический вакуум – не пустота, а особое состояние материи. В него погружены все частицы и все физические тела. В нем постоянно происходят сложные процессы, связанные с непрерывным появлением и исчезновением так называемых «виртуальных частиц». Это своеобразные потенциалы соответствующих типов элементарных частиц, их «вакуумные корни», частицы, готовые к рождению, но не рождающиеся, возникающие и исчезающие в очень короткие промежутки времени. При определенных условиях они могут вырваться из вакуума, превращаясь в «нормальные» элементарные частицы, которые живут относительно независимо от породившей их среды и могут взаимодействовать с ней. Новейшие идеи современной физики микромира послужили опорой необычных представлений о развитии нашей астрономической Вселенной, ее возникновении путем взрыва, связанного с массовым рождением элементарных частиц в результате одного из фазовых переходов вакуума [119].

Взаимодействие между веществом и полем, а также их количественными характеристиками – массой и энергией – отражено в нижеприведенных рисунках, где видно, что свойства веществ характерны для реальных частиц, а свойства поля – для виртуальных. Такое разделение микрочастиц сделано на основе постоянно происходящих превращений частиц в поле

и наоборот (флуктуации материи). Существующие в данный момент частицы называют реальными, а потенциальные частицы, которые возникают в центре волнового пакета из рассеянной массы поля, – виртуальными.

Для наглядности взаимопревращения вещества и поля, массы и энергии, а также микрочастиц под действием внешней энергии отображены в рисунках (схемах) 5–7. На рис. 5 показано, что между массой и энергией

$$E = mc^2 \Rightarrow \boxed{m} \leftrightarrow \boxed{E}$$

Рис. 5. Взаимосвязь массы и энергии

существует неравносторонняя связь: из вещества малой массы при полной аннигиляции можно получить большое количество энергии. И, наоборот, из огромного количества энергии можно получить лишь немного вещества. Такой вывод следует из приведенной формулы. Все заключается во множителе C^2 (скорость света, возведенная в квадрат), что и обуславливает такую несколько одностороннюю связь между массой и энергией.

На рис. 6 приведен один из примеров, объясняющих постоянный круговорот вещества и энергии на микроуровне. Мы видим, что из квантов энергии может возникнуть электрон и позитрон, так как любая микрочастица образуется в паре с античастицей. Далее электрон и позитрон могут встречаться и полностью аннигилировать. При этом излучается энергия, равная сумме начальных энергий образования электрона и протона (по закону сохранения энергии).

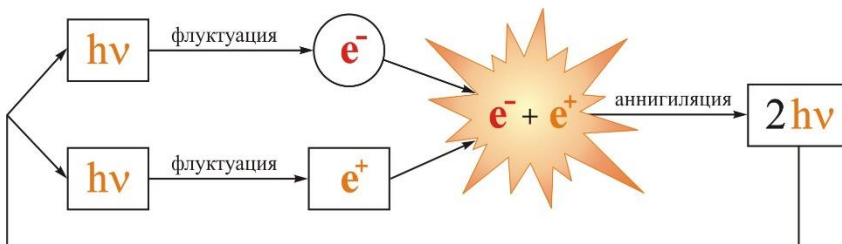


Рис. 6. Схема перехода «ВЕЩЕСТВО ↔ ПОЛЕ»
(на примере возникновения аннигиляции электрона и позитрона)

На рисунке 7 взаимопревращения частиц под действием внешней энергии представлены тремя схемами. На рисунке 7 (а) изображен график энергетических состояний какой-либо частицы. Так как любая система стремится к минимуму энергии, то и данной частице выгоднее состояние с энергией E_1 , по сравнению с состоянием, в котором она находится (E_2). Но чтобы перейти на уровень E_1 , частице необходимо преодолеть энергетический барьер ΔE . Это может произойти под действием внешней энергии. Чем устойчивее микрочастица, тем больше ее ΔE , тем больше энергии требуется для ее превращения.

На рисунке 7 (b) схематично изображено превращение абстрактных частиц А, В и С при воздействии внешней энергии. При этом важно понять, что микрочастицы не расщепляются на части, а лишь трансформируются одна в другую. Взаимопревращения уже конкретных частиц – протона (p) и нейтрона (n) – представлено на рисунке 7 (c). Под действием внешней энергии положительно заряженный протон может испустить нейтрино и позитрон и трансформироваться в нейтральный нейтрон. Нейтрон, в свою очередь, также может испустить антинейтрино и электрон, трансформируясь при этом в положительно заряженный протон. Следовательно, на данном примере мы можем видеть действие законов сохранения энергии, массы и заряда.

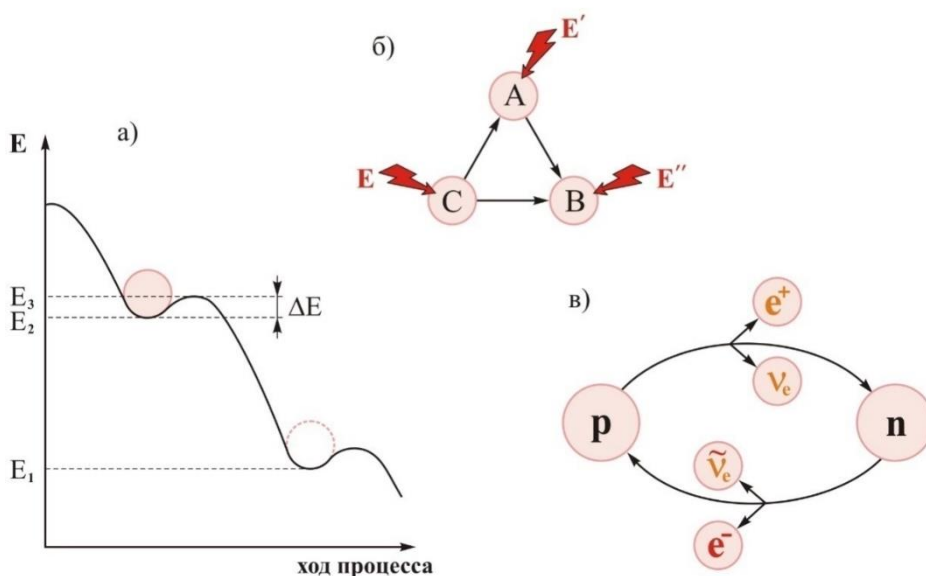


Рис. 7. Взаимопревращения частиц под действием внешней энергии

Таким образом, вещественно-энергетический круговорот представляет собой реальную связь, обеспечивающую единство противоположностей в системе, которое предопределяет бесконечное развитие материи в пространстве и во времени.

Как всеобщие формы существования материи пространство и время должны быть включены в атрибутивную модель понятия «материя», а это, в свою очередь, требует рассмотрения их сущности, хотя бы в кратком виде. Пространство как форма существования материи характеризует структурность и протяженность материальных систем. Время – форма последовательной смены явлений и состояний материи, оно характеризует длительность их бытия. Пространство и время имеют объективный характер, они неотделимы от материи, неразрывно связаны с ее движением и друг с другом, обладают количественной и качественной бесконечностью [85]. К универсальным свойствам времени относят длительность, неповторяемость, необратимость; всеобщими свойствами пространства являются протяженность, единство прерывности и непрерывности.

Понятие пространства имеет смысл лишь постольку, поскольку сама материя дифференцирована, структурирована. Если бы мир не имел сложной структуры, не расчленился на предметы, а эти предметы в свою очередь не членились на элементы, связанные между собой, то понятие пространства не имело бы смысла. В свою очередь, представление о времени и понятие времени имеют смысл лишь постольку, поскольку мир находится в состоянии движения и развития; если бы материя была вне движения, то понятие времени также не имело бы смысла [23, с. 78]. Следовательно, в мире нет материи, не обладающей пространственно-временными свойствами, как не существует пространства и времени самих по себе, вне материи или независимо от нее. Только в абстракции мы можем отделить их от материального мира.

Категории пространства и времени выступают как предельно общие абстракции, в которых схватывается структурная организованность и изменчивость бытия. Пространство и время – это формы бытия материи. Как известно, форма является внутренней организацией содержания, и если в качестве содержания выступает материальный субстрат, то пространство и время будут формами, которые его организуют. Свойства пространства и времени делят на метрические и топологические. Топологическими свойствами нашего пространства являются трехмерность, непрерывность, протяженность, а наблюдаемого нами времени – одномерность,

непрерывность, связность, временная упорядоченность, однонаправленность. Эти свойства отражают целостность, качественный аспект окружающего нас пространства и времени. Наряду с этим пространство и время имеют метрические свойства, отражающие количественные аспекты: длительность, гомогенность, изотропность, кривизну – для пространства и однородность – для времени.

Современной теорией метрических свойств пространства и времени является теория относительности, построение которой было завершено А. Эйнштейном в 1905 году. Согласно этой теории в реальном физическом мире пространственные и временные интервалы меняются при переходе от одной системы отсчета к другой. Оказалось, что только тогда, когда скорости движения малы по отношению к скорости света, можно приблизительно считать, что размеры тел и ход времени остаются одними и теми же, но когда речь идет о движениях со скоростями, близкими к скорости света, то изменение пространственных и временных интервалов становится заметным. При увеличении относительной скорости движения системы отсчета пространственные интервалы сокращаются, а временные растягиваются.

Специальная теория относительности выявила еще одну существенную сторону пространственно-временных отношений материального мира. Она обнаружила глубокую связь между пространством и временем, показав, что в природе существует единое пространство-время, а отдельно пространство и отдельно время выступают как его своеобразные проекции, на которые оно по-разному расщепляется в зависимости от характера движения тел. В зависимости от характера движения систем отсчета относительно друг друга происходят различные расщепления единого пространства-времени на отдельно пространственный и отдельно временной интервалы, но таким образом, что изменение одного как бы компенсирует изменение другого. Если, например, сократился пространственный интервал, то настолько же увеличился временной, и наоборот.

Таким образом, специальная теория относительности раскрыла внутреннюю связь между собой пространства и времени как форм бытия. Она показала, что пространственные и временные свойства объектов порознь оказываются изменчивыми при изменении скорости движения объектов, но пространственно-временные интервалы остаются инвариантными. С другой стороны, поскольку само изменение пространственных и временных интервалов зависит от характера движения тела, то выяснилось, что пространство и время определяются состояниями движущейся материи. Они таковы, какова движущаяся материя.

Идеи специальной теории относительности получили дальнейшее развитие и конкретизацию в общей теории относительности, которая была создана Эйнштейном в 1916 году. В ней было показано, что геометрия пространства-времени определяется характером поля тяготения, которое, в свою очередь, определено взаимным расположением тяготеющих масс. Вблизи больших тяготеющих масс происходит искривление пространства (его отклонение от евклидовой метрики) и замедление хода времени. Это указывает на то, что пространство, время, материя и движение оказываются органично связанными между собой.

Пространство-время нашего мира имеет четыре измерения: три из них характеризуют пространство и одно – время. Чтобы задать положение тела в пространстве, достаточно трех координат, а временная характеристика события определяется одной координатой, иначе говоря, пространство имеет размерность 3, а время – 1. Специальная теория относительности выявила зависимость пространственных и временных характеристик объектов от скорости их движения относительно определенной системы отсчета и объединила пространство и время в единый четырехмерный пространственно-временной континуум – пространство-время.

В истории философии и естествознания свойства пространства и времени не раз пытались обосновать и объяснить. Однако научный подход к проблеме трехмерности пространства был намечен лишь И. Кантом, который пытался связать размерность пространства с фундаментальными особенностями движения тел. Однако его идея опережала свой век и была конкретизирована лишь в 20-е годы XX века австралийским физиком П. Эренфестом. Он показал, что трехмерность пространства является условием существования устойчивых связанных систем, состоящих из двух тел. В пространстве более трех измерений такие системы невозможны, в нем не существовало бы замкнутых орбит планет и не могли бы образовываться планетные системы. Им было показано, что только в трехмерном пространстве возможно образование электронных оболочек вокруг ядра, существование атомов, молекул и макротел. Таким образом, можно констатировать, что многообразие видов материи в нашей метагалактике тесно связано с такой фундаментальной характеристикой пространства-времени, как его размерность $3+1$.

В современных концепциях супергравитации, где сильные, электрослабые и гравитационные взаимодействия связываются между собой и рассматриваются как своеобразные расщепления глубинного взаимодействия,

в котором они первоначально неразличимы, вводится представление о десятимерном пространстве-времени. В этой модели мира размерность $3+1$, свойственная пространству-времени метagalактики, рассматривается как результат развития данного пространства и времени из предшествующих ему пространственно-временных структур, характеризующих состояние физического вакуума. Эти представления о развитии Вселенной допускают предположение, что при рождении нашей метagalактики только четыре из десяти измерений пространства-времени обрели макроскопический статус, а остальные оказались как бы свернутыми (компактифицированными) в глубинах микромира. Их можно обнаружить, только проникнув в эти области, но там мы столкнемся с какими-то принципиально иными мирами. Не исключено, что развитие материи порождает наряду с нашей метagalактикой множество различных миров, которые характеризуются другими размерностями пространства-времени. В этих мирах могут принципиально отсутствовать условия для возникновения известных нам форм материи, но, возможно, возникают и неизвестные нам материальные структуры.

Таким образом, современные теории естествознания подтверждают философскую идею о бесконечности мира в пространстве и времени. Однако бесконечность материи в пространстве и времени нужно понимать не в чисто количественном, а качественном смысле. Это значит, что на разных уровнях организации материи можно столкнуться с качественно различными структурами пространства и времени.

К специфическим (локальным) свойствам пространства материальных систем относятся симметрия и асимметрия, конкретная форма и размеры, местоположение, расстояние между телами, пространственное распределение вещества и поля, границы, отделяющие различные системы. Все эти свойства зависят от структуры и внешних связей тел, скорости их движения, характера взаимодействий с внешними полями. Пространство каждой материальной системы принципиально незамкнуто, непрерывно переходит в пространство другой системы, которое может отличаться по метрическим и другим локальным свойствам. Отсюда проистекает многосвязность реального пространства, его неисчерпаемость в количественных и качественных отношениях.

В свою очередь время характеризуется продолжительностью (длительностью) и выражает порядок смены явлений и состояний. К всеобщим свойствам времени относятся объективность, неразрывная связь

с материей, а также с пространством, движением и другими атрибутами материи; длительность, выражающая последовательность существования и смены состояний тел.

Длительность времени существования всех конкретных тел выступает как единство прерывного и непрерывного. Время существования каждого конкретного объекта конечно, так как время складывается из множества последовательностей и длительностей существования конкретных объектов, каждый из которых имеет свое начало и конец. Однако составляющая тело материя при этом не возникает из ничего и не уничтожается, а только меняет формы своего бытия. Сохраняемость материи и непрерывная последовательность ее изменений, происходящих в виде близкодействия в причинной связи, обуславливает общую непрерывность и связность времени, отсутствие в нем разрывов. Вместе с тем времени присуща определенная прерывность, выражающая периоды существования конкретных качеств, состояний. Однако эта прерывность всегда относительна, поскольку при смене качественных состояний составляющая тело материя не уничтожается, а лишь переходит в другие формы, продолжая непрерывно существовать.

Время одномерно, асимметрично, необратимо и направлено всегда от прошлого к будущему. Его однонаправленность обусловлена асимметрией причинно-следственных отношений, общей необратимостью процесса развития материальных систем, невозможностью абсолютно полного повторения пройденных состояний и циклов изменения систем.

Специфическими свойствами времени являются конкретные периоды существования тел от возникновения до перехода в качественно иные формы, одновременность событий, которая всегда относительна, ритм процессов, скорость изменения состояний, темпы развития, временные отношения между различными циклами в структуре систем.

Таким образом, пространство-время неразрывно связаны с движущейся материей, а это предполагает, что развитие материи и появление новых форм ее движения должно сопровождаться становлением качественно специфических форм пространства и времени. Подтверждением этому являются специфические пространственно-временные характеристики трех основных сфер материального мира (известных человеку) – неживая природа, жизнь и общество.

В настоящее время имеются факты, подтверждающие отличие метрических и даже топологических свойств пространства и времени живых

систем от неживых. Особенности биологических пространственно-временных структур проявляются на разных уровнях организации живого, на молекулярном уровне это в том, что живые системы имеют только «левосторонние» формы органических молекул. Неравенство правизны и левизны проявляется не только на молекулярном уровне, но и на уровне организмов, выражаясь в их строении и динамике. Существует не только симметрия, но и асимметрия в строении органов, в композиции частей тела сложных организмов. Такое сочетание симметрии и асимметрии обеспечивает активно-приспособительные реакции организмов, разнообразие движений и функций, необходимое для их выживания.

Неевклидовый характер пространственной асимметрии, свойственной живым организмам, подчеркивал В.И. Вернадский. Отсутствие тождественности между правизной и левизной он оценивал как свидетельство особенностей биологического пространства. Биосферу он предлагал рассматривать как сложную композицию различных неевклидовых пространств организмов и локальных евклидовых пространств неорганических объектов, с которыми взаимодействуют эти организмы [35, с. 270–271].

Живая материя имеет специфику не только пространственной, но и временной организации. Например, биологическое время неоднородно и течет неравномерно ввиду непрерывного изменения организма (рост, старение) и благодаря способности организма накапливать информацию. Одной из причин специфичности биологического времени, по мнению Дж. Уитроу, является то, что оно становится, в сущности, внутренним временем, связанным с областью пространства, занимаемого живыми клетками, которое относительно изолировано от остальной Вселенной. Другой характерной особенностью биологического времени является его тесная связь с информацией. Так, И. Зееман указывает, что накопление информации означает замедление времени: при развитии организма одинаковому количеству физического времени соответствует все большее количество поглощенной и накапливаемой информации. В силу этого время по отношению к информационным процессам замедляется, а потеря информации ведет к ускорению времени, убыстрению его хода. Следовательно, чем выше уровень организации живой системы, чем больше число происходящих в ней событий и количество накапливаемой информации, тем медленнее течет собственное время живого организма.

Приспособительная активность организмов во многом связана с формированием в процессе эволюции внутренних своеобразных моделей

временной организации внешних процессов. Такие модели называют биологическими часами. Их запуск обеспечивает организму приспособление к определенному ритмическому чередованию факторов внешней среды, связанному со сменой дня и ночи, времени года и т.д. Система таких химических реакций предвосхищает наступление определенных состояний внешней среды, обеспечивает готовность организма к целесообразному функционированию в условиях, которые должны с определенной вероятностью наступить в будущем. Во внутреннем времени организма, в ритмах его биологических часов внешнее время как бы сжимается, а затем происходит активный перенос на будущее этих «спрессованных» ритмов протекшего внешнего времени. Живой организм как бы обгоняет время. Спрессовывая прошлое в своей внутренней пространственно-временной организации, он живет и настоящим, и будущим одновременно [23, с. 90].

Из сказанного следует, что биологическое время в живых системах обладает качественно новой специфичностью по сравнению с обычным физическим временем. Еще в более яркой форме это выражено в целостном организме, в особенности при психической деятельности, относящейся к высшей форме движения.

Приведенный выше краткий анализ содержания понятий пространства и времени позволяет констатировать, что они играют исключительно важную методологическую роль в процессе познания объективной реальности как на эмпирическом уровне познания, так и теоретическом. На эмпирическом уровне познания непосредственное содержание результатов наблюдений и экспериментов состоит в фиксации пространственно-временных совпадений. Вместе с тем пространство и время служат важнейшими средствами конструирования теоретических моделей, интерпретирующих экспериментальные данные. В этой связи данные понятия, безусловно, должны быть включены в атрибутивную модель понятия «материя», которая призвана сыграть исключительно важную методологическую роль при изучении предметов естественного цикла в целом и при формировании понятий «вещество» и «энергия» в частности.

Теоретические выкладки, а также их экспериментальная проверка на практике позволяют заключить, что «вещество» и «энергия» являются одновременно фундаментальными философскими и естественно-научными понятиями, поэтому они выполняют, если можно так выразиться, двойную методологическую функцию при изучении курса биологии. Как вид материи, понятие «вещество» находится в тесной взаимосвязи с другими

общефилософскими понятиями: «поле», «пространство», «время», «движение», «взаимодействие», «отражение» и др., а потому правильно выбранная стратегия его формирования во многом предопределяет и степень сформированности основополагающего философского понятия «материя». Не менее важную роль в становлении и развитии этого ключевого понятия играет и понятие об энергии, которая является количественной мерой всех форм движения материи. Решению этой задачи будут способствовать логически выстроенные теоретические положения и построенная (предложенная) автором на их основе атрибутивная модель (схема) понятия материи, которая отражает в определенной мере иерархию и взаимосвязь понятий «вещество» и «энергия» с другими важнейшими философскими (естественно-научными) понятиями.

Как фундаментальные естественно-научные понятия «вещество» и «энергия» закладываются физикой, которая является лидером в естествознании. Ее фундаментальные понятия, законы, теории являются «работающими» в химии, биологии, географии и др. В курсе химии они углубляются и развиваются, а в биологии степень их сформированности должна достигать максимума. От степени сформированности важнейших естественно-научных понятий «вещество» и «энергия» в курсах физики и химии, от понимания их сущности во многом будет зависеть и содержательный уровень ключевого понятия «обмен веществ», выполняющего, в свою очередь, методологическую функцию всего курса биологии.

Основной причиной неглубокого усвоения понятия об обмене веществ в курсе биологии, особенно при изучении раздела «Растения», является отсутствие опоры на понятия «вещество» и «энергия». Без получения элементарных знаний о превращениях вещества и энергии нельзя понять сущности физиологических процессов, прежде всего, таких как фотосинтез и дыхание, составляющих основу внутриклеточного обмена у растений. В разделе «Растения» фотосинтез и дыхание рассматриваются лишь со стороны их внешних проявлений. Так, например, в основу изучения фотосинтеза положено выделение условий, необходимых для его протекания (свет, углекислый газ, вода, листья с хлорофиллом), и наблюдение результатов этого процесса (образование крахмала и выделение кислорода). Отсутствие физических и химических знаний не позволяет при изучении этого процесса перейти от явления к сущности: выяснить, какие химические реакции лежат в основе превращения вещества и какие формы энергии используются при этом.

Таким образом, все содержание физиологических понятий в конечном счете исчерпывается ощущениями и восприятиями, а за мышлением остается только роль их суммирования и упорядочения. Такой подход характерен для эмпирической схемы обобщения и образования понятий, на основании которой у школьников формируется эмпирический тип мышления, который остается у большинства школьников старших классов и даже у большинства студентов вузов. Так, подавляющая часть студентов 3–4 курсов биологических факультетов (перед началом изучения курса физиологии растений) сущность фотосинтеза и дыхания сводят к газообмену, т.е. к внешним их проявлениям, которые они изучали в разделе «Растения» школьного курса биологии.

Добиться качественного улучшения преподавания биологии можно, если только в основу построения будет заложена цель формирования у школьников научно-теоретического мышления. А для этого необходимо создание единого теоретического курса школьной биологии. Это повлечет за собой перестройку содержания и структуры курсов физики и химии, а также изменения их места в учебном плане. Рациональность данной идеи нашла свое экспериментальное подтверждение в многолетнем опыте по внедрению новой концепции естественно-научного образования, основанной на опережающем изучении курса физики в пятом классе в школах города Челябинска, области, а также за ее пределами.

Изменение стратегии всего естественнонаучного образования, которая обеспечит перевод естественно-научных знаний на новый качественный уровень, потребует принятия целого комплекса мер на государственном уровне и их реализации во всех школах России. Данная идея частично может быть воплощена в рамках реализуемого в настоящее время курса биологии. Для ее осуществления автором разработана экспериментальная программа (апробированная на практике) для раздела «Растения» и дидактический материал, которые призваны развить фундаментальные естественно-научные понятия «вещество» и «энергия» в курсе биологии [196].

2.3. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРИНЦИПА СОПРЯЖЕНИЯ В ПОНИМАНИИ СУЩНОСТИ СТРУКТУРНОЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИИ

Анализ современного естественно-научного знания свидетельствует, что среди основных философских понятий все возрастающее значение в настоящее время приобретает категория «взаимодействие». Особое значение имеют исследования внутренних сторон взаимодействия, которые отражают взаимные превращения и переходы, взаимную обусловленность и взаимную связь объектов и явлений. Понимание этих механизмов позволяет решать важнейшие проблемы человечества. В предыдущем исследовании нами дано естественно-научное и философское обоснование сущности понятия «сопряжение» как одной из внутренних сторон взаимодействия, которое послужило основой для рекомендации возведения данного понятия в ранг естественно-научной категории познания неживой и живой природы [143]. После усвоения данной категории она станет мощным методологическим средством рациональной познавательной деятельности учащихся, студентов и преподавателей.

Методологический потенциал сопряжения как естественно-научной категории познания достаточно ярко высвечивается при изучении биологической формы движения материи, которая «в скрытом виде» включает в себя физическую и химическую формы движения. Этот потенциал нами раскрыт на различных уровнях:

– **выявления** особенностей формирования физиологических понятий «фотосинтез» и «дыхание» в системе целого растения. Авторы работы на данном материале раскрывают методологический потенциал обоснованной ими ранее категории сопряжения. Сознательное применение данной категории обучающимися при формировании и развитии понятий «фотосинтез» и «дыхание» одновременно вооружить их и эффективным методологическим средством познания, способствующим формированию научной картины мира и мировоззрения, в целом [177];

– **конструирования** образно-знаковой модели «Эмблемы жизни», раскрывающей в определенной степени содержание понятия «жизнь», которое является ключевым понятием биологической картины мира, точно также как понятие «материя» является ключевым для общенаучной картины мира. Разработанная эмблема является достаточно цельным символом

жизни, так как в ней нашли отображение фундаментальные основы живой материи, связанные с превращением вещества, энергии, информации и формы; важнейший принцип самоорганизации – принцип сопряжения, который лежит в основе зарождения, сохранения и эволюции живых систем, начиная с клетки и заканчивая биосферой (изменение формы); взаимосвязь с окружающей средой; природоохранные мероприятия. Последовательные сопряженные процессы выступают как существенная сторона организации динамических неравновесных систем, при этом усложнение биологических систем происходит на основе усиления сопряженности их отдельных структур и процессов. Практическое использование данной модели при изучении биологии внесет определенный вклад не только в формирование целостной биологической (естественно-научной и общенаучной) картины мира, но и будет инициировать у школьников и студентов эмоционально-ценностное отношение не только к изучаемому материалу, но и к конкретным биологическим объектам природы [135];

– **обоснования** и возведения понятий «сопряжение» и «разобшение» в ранг диалектической пары, которая способствует более полному раскрытию сущности важнейшего атрибута материи – взаимодействия. Выдвинутый теоретический постулат нашел свое конкретное подтверждение при методологическом анализе становления и развития хемиосмотической теории Митчелла. Авторы достаточно убедительно показали, что понятия «сопряжение–разобшение» были положены Митчеллом в основу основных постулатов его теории, определили стратегию разработки ее теоретических положений и опытов для их проверки. Следует отметить, что методологическая значимость понятий «сопряжение» и «разобшение» лишь косвенно высвечивается при анализе научной литературы. В вузовских учебниках, где рассматривается теория Митчелла, понятие «сопряжение» хотя и используется, но не несет методологической нагрузки, а понятие «разобшение» вообще не используется. Многолетняя практика авторов свидетельствует, что выпускники школ не понимают сущности хемиосмотической теории, а большинство студентов испытывают значительные затруднения в ее интерпретации. Усвоение и сознательное применение данных категорий внесет определенный вклад в формирование целостного диалектического мышления не только у школьников и студентов, но и у учителей школ и преподавателей вузов [141];

– **раскрытия** информационной емкости категории сопряжения в понимании сущности уникальных свойств биологически активных молекул.

У всех высокомолекулярных соединений важнейшую роль в перераспределении электронной плотности играет сопряженная система чередующихся (многократно) σ - и π -связей. В результате такого сопряжения электроны становятся подвижными, а молекула становится биологически активной и способна выполнять не только определенные свойства, но и функции. По мнению Б. Пюльман и А. Пюльман, к таким молекулам следует отнести DNK, RNK, ATP, NAD, FAD [137]. Этот список следует дополнить такими уникальными соединениями, как хлорофиллы, фикобилины и каротиноиды. Все вышеотмеченные биологические молекулы определяют сущность клеточного метаболизма, в котором постоянно происходит превращение *веществ, форм энергий и информации*.

Таким образом, биологическая форма движения материи эффективно использует *сопряжение* как общий принцип организации материи. Этот принцип работает на электронном уровне, предопределяя физические и химические свойства биологически активных молекул, которые в своей совокупности обеспечивают функционирование клетки как сопряженной системы [там же];

– **углубления** методологического потенциала категории «сопряжение» как внутренней стороны взаимодействия на примере изучения механизмов взаимосвязи между уникальными процессами растительной клетки – фотосинтезом и дыханием на электронном уровне. Для изучения более глубоких механизмов взаимодействия между этими процессами в качестве методологического средства были задействованы и принципы электронной теории вещества. Синтез таких методологий не случаен в силу того, что «в процессе химической эволюции при наличии всех необходимых для нее условий происходит усиление роли сопряженности. Последовательные сопряженные процессы выступают как существенная сторона организации динамических неравновесных систем». Примерами подобных систем являются возникшие в ходе химической эволюции каталитические сопряженные системы, к которым относятся процесс фотосинтеза и дыхание. Элементарные стадии этих процессов оказываются не разделенными, потому что имеют общие метаболиты и вследствие их энергетической сопряженности. Поэтому, электронная теория, помимо других методологических функций, выполняет и функцию сопряжения между обозначенными выше процессами. Разработанная модель «Энергетическое состояние электрона в метаболитах фотосинтеза и дыхания» отражает сущность сопряжения между фотосинтезом и дыханием на электронном уровне [177, с. 215];

– **анализа** стратегии исторического сопряжения (коэволюции) организма и среды, которое объединяет их в целостную систему и предопределяет эволюционную направленность. Категория сопряжения углубляет понимание сущности основных положений эволюционной теории и вместе с тем укрепляет саму диалектику как метод мышления. Усвоение понятия «сопряжение» как важнейшей категории, отражающей одну из стратегий коэволюции живых организмов и среды их обитания, внесет определенный вклад в формирование нового экологического сознания учащихся и студентов, которое станет основой для гармоничного развития культуры и природы [169];

– **понимания** принципа сопряжения как эффективного механизма реализации межпредметных связей физики, химии и биологии. Если принцип *сопряжения* обеспечивает *непрерывность* природных объектов и явлений, то в образовательной области он должен обеспечить непрерывность (*сопряжение*) всех понятий, приведение их в единую систему, которую, по-видимому, можно обозначить как *сопряженное понятийное поле*. Отдельные понятия отражают не только сущность объектов и явлений, но и их взаимодействие (*сопряжение*) с другими объектами. «Каждое понятие находится в известном отношении, в известной связи со всеми со всеми остальными» [93, с. 179]. Отсюда следует, что принцип *сопряжения* как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – *методологическом и общедидактическом*.

Методологический аспект сопряжения высвечивается, во-первых, в том, что оно является одной из внутренних сторон важнейшего атрибута материи – *взаимодействия*, а, во-вторых, отражает сущность организации, функционирования и эволюции любой природной и социальной системы. Методологическая функция данного принципа просматривается и через призму основного закона развития природы – *единства и борьбы противоположностей*, который является не только законом развития объективного мира, но и законом познания. Этот закон служит ядром диалектики и объясняет *внутренний источник всякого развития*. «Диалектическое мышление не рассекает целое, абстрактно разделяя крайности, а, напротив, осваивает целое как органическое, как систему, в которой противоположности взаимодействуют (*сопряжены* прим. автора), обуславливая весь процесс ее развития» [23, с. 141].

По мнению В.И. Ленина, диалектика есть изучение противоречия в самой *сущности предметов* [93]. Основными ступенями противоречия

являются *тождество, различие, противоположность*. Категория тождества обозначена приоритетной не случайно. Противоречие разрешается только в том случае, когда в противоположностях находятся тождественные (одинаковые) предметы и явления, которые, взаимодействуя между собой, образуют *сопряженные (общие) области*. Эти области сопряжения обеспечивает взаимосвязь между противоположностями и на этой основе возникает система с новым качеством.

Являясь главным компонентом развития, сопряжение и проявляется как развитие, выступает внутренним механизмом, обуславливающим *интегральность, целостность, направленность процессов развития любой системы и по существу регулирует развитие учебного познания*. Огромная важность принципа сопряжения в познании материального мира инициировала наше исследование методологической значимости категории сопряжения в образовательной области и ее статуса в учебно-воспитательном процессе студентов вуза.

Принцип сопряжения способствует снятию существующего в предметной системе обучения *противоречия между разрозненным по предметам усвоением знаний студентов и необходимостью их синтеза, комплексным применением интегрированных знаний не только учителями в педагогической практике, но и любыми специалистами в их профессиональной деятельности*. Вооружение выпускников вузов знаниями и умениями такого рода есть актуальная социальная задача, обусловленная тенденциями интеграции в науке и практике и востребованностью творческого подхода к решению проблем в условиях научно-технического прогресса.

Сопряжение как принцип обучения способствует реализации других педагогических принципов и прежде всего принципа межпредметных связей (МПС). Взаимосвязь этих принципов можно рассматривать как диалектическую пару, в которой один принцип (межпредметных связей) является *формой*, второй же принцип (сопряжения) является *содержанием* [142];

– **осмысления** необходимости творческого развития материалистической диалектики, к «пересмотру» содержания ее категорий, внесению в них необходимых изменений, которые требуются ходом движения научного знания, *созданию новых или углублению философских понятий*. Более глубокому раскрытию сущности категории взаимодействия, которая играет ключевую роль в раскрытии сущности всех объектов и явлений природы, будет способствовать понятие сопряжения. В предыдущих исследованиях

нами было обосновано, что понятие «сопряжение» отражает одну из внутренних сторон взаимодействия и возведено в ранг *естественно-научной категории*. Категория взаимодействия является мощным философским методом исследования, однако, не дает всеобъемлющего представления об объекте и, неизбежно, как всякая *абстракция*, обедняет исследуемую реальность и детерминирует необходимость своей конкретизации при изучении объектов и явлений материального мира. Отражая сущность одной из внутренних сторон взаимодействия, категория сопряжения расширяет границы нашего осмысления сущности принципов структурной организации материи в целом, благодаря чему открываются новые перспективы, новые подходы к решению важнейших проблем науки и их роли в понимании структуры *рационального познания*. Как логическая форма мышления *сопряжение выражает содержание других форм рационального познания*, и в частности, такой формы нормативного знания как *стиль научного мышления*, который востребован в настоящее время, как в области науки, так и в области образования. Усвоение обучаемыми методологического потенциала данной категории внесет существенный вклад в формирование и развитие у них современного *диалектического стиля мышления* [138].

Таким образом, сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия раскрывает один из фундаментальных принципов организации и развития материи. В процессе эволюции материи происходит усиление сопряженности между ее структурными элементами, что повышает уровень ее организации и возникновение качественно новых объектов и явлений. При изучении конкретных явлений живой природы в предметах биологического цикла перед студентами обнажается реальная диалектика развития материи. Поэтому, важно обобщить конкретно-научные и философские представления о мире. Особое значение при этом приобретает овладение категорией сопряжения, которая позволяет конкретизировать идеи диалектического материализма, усвоить их как метод познания и преобразования материального мира. Проведенные нами исследования свидетельствуют, что принцип сопряжения позволяет понять сущность объектов и явлений на разных уровнях организации материальных объектов, начиная электронным уровнем и заканчивая биосферным уровнем. Осмысление и понимание сопряжения как фундаментального принципа организации и развития материи позволяет спроецировать его в образовательную область и рассматривать в качестве важнейшего дидактического принципа изучения биологических дисциплин в вузе.

Сопряжение как самостоятельный дидактический принцип определяет стратегию всех компонентов процесса обучения: цели, задач, содержания, форм, методов, средств и результатов. Реализация этой стратегии позволит сконструировать дидактическую систему, в которой перестраиваются все этапы деятельности преподавателя и студента. Отражая взаимосвязь объектов и явлений природы, принцип сопряжения составляет ядро научной картины мира, которая, в свою очередь, является базой для формирования у студентов научного мировоззрения и экологического сознания. Овладение студентами сопряжением как категорией диалектики способствует развитию у будущих педагогов диалектического, творческого мышления, которое в настоящее время все больше осознается как общечеловеческая ценность.

2.4. СОПРЯЖЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ МОЛЕКУЛ – ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ ОСНОВА ПРОЯВЛЕНИЯ ЖИЗНИ НА КЛЕТОЧНОМ УРОВНЕ

Согласно современным представлениям, возникновение жизни на нашей планете можно объяснить лишь с позиций философии и естествознания, которые взаимосвязаны между собой. В рамках философии диалектического материализма Ф. Энгельс создал учение о генетической связи форм движения материи. Согласно данному учению, биологическая форма движения материи есть результат развития предшествующих форм ее движения – физической и химической, которые «подчинились» новой форме движения и существуют в ней «в скрытом виде». Учение Ф. Энгельса раскрыло только общую стратегию возникновения биологической формы движения материи, однако конкретные механизмы появления первых живых систем в нем не отражены. Основополагающую роль в понимании конкретных механизмов возникновения первичных биологических объектов привнесла химическая наука, которая изучает химическую форму движения материи, на основе которой и возникла биологическая форма ее движения.

В химической форме движения материи выделяют два этапа ее длительной эволюции. На первом этапе в астрофизических и ядерных процессах возникли химические элементы. Это только промежуточный этап в переходе от физической формы движения материи к химической. Второй этап – собственно химической эволюции наиболее полно разворачивается

лишь в планетарных условиях, когда между элементами периодической системы происходили взаимодействия, приводящие к образованию химических связей между ними и, как следствие, к огромному разнообразию химических систем.

Понимание сущности промежуточных ступеней химической эволюции возможно на основе общих принципов развития материи, которые обеспечивают качественно новое ее состояние. Одним из таких принципов, который нами обоснован как одна из внутренних сторон взаимодействия, является сопряжение [141; 172]. Наличие и действие этого принципа в процессе химической эволюции материи подтверждает высказывание видных ученых: «...в процессе химической эволюции при наличии всех необходимых для нее условий происходит усиление роли сопряженности. Последовательные сопряженные процессы выступают как существенная сторона организации динамических неравновесных систем» [193, с. 165]. К таким неравновесным системам относятся и все биологические системы, в том числе и клетка.

Особую значимость в процессе длительной химической эволюции имели сопряжения между шестью химическими элементами (С, Н, О, N, P, S), которые определяют как органогены. В результате многократных сопряжений этих органогенов образовался новый класс химических веществ – органических, ознаменовавших собой начало предбиологической эволюции, которая явилась основой для возникновения первых примитивных форм жизни. Согласно современной теории (гипотезе) биопоэза английского ученого Дж. Бернала о происхождении жизни, на этом этапе химической (предбиологической) эволюции возникли такие важнейшие мономеры, как аминокислоты и нуклеотиды. Уникальной особенностью этих соединений является их способность сопрягаться (реагировать) друг с другом, обеспечивая тем самым неограниченное количество биологически активных молекул, обладающих разнообразными свойствами. На основе 20 аминокислот образовалось и образуется все разнообразие белков, которые обуславливают организацию, функционирование и многообразие живых систем на нашей планете. В процессе онтогенеза любого организма существует необходимость в новых белках и возобновлении исходных белковых молекул, которые претерпели деструкцию. Получить весь комплекс белков вновь появившемуся организму от исходной (материнской) особи не представляется возможным. Однако природа решила эту

проблему за счет предоставления информации в форме нуклеиновых кислот (DNK или RNK) о всех белках, которые будут необходимы организму в процессе всего онтогенеза. Нуклеиновые кислоты кодируют информацию о белках с помощью четырех мономеров – нуклеотидов. Таким образом, вещество (белки) и информация (нуклеиновые кислоты) в интактной клетке тесно сопряжены и функционируют как единое целое. Данное сопряжение обуславливает такое уникальное качество (свойство), которое характерно только для живых систем, как самовоспроизведение. Поэтому неслучайно понятия «биополимеры», «белки» и «нуклеиновые кислоты» включены в определение жизни, которое сформулировано М.В. Волькенштейном.

В клеточном метаболизме химические превращения веществ тесно сопряжены с превращениями энергии. Эти превращения происходят либо с затратой энергии (эндотермические реакции), либо с ее выделением (экзотермические реакции). Изначальный синтез органических веществ в живой природе в огромных масштабах происходит в процессе фотосинтеза, который протекает в растительных клетках, содержащих хлоропласты. Ключевым соединением, обеспечивающим поглощение внешней неустойчивой энергии квантов света и преобразование ее во внутреннюю более устойчивую энергию электронного возбуждения, играют молекулы хлорофилла. Эти уникальные молекулы играют ключевую роль в процессе фотосинтеза, обеспечивающего всю биосферу энергией, излучаемой солнцем. Выдающийся физиолог растений К.А. Тимирязев, являющийся основоположником учения о фотосинтезе, назвал хлорофилл самым уникальным веществом на Земле. Он писал: «Хлорофилловое зерно служит ... посредником между всей жизнью на земле и солнцем» [164, с. 137]. Отсюда следует, что по своей уникальности и значимости для функционирования клеток, хлорофилл можно сравнить с белками и нуклеиновыми кислотами, на биосинтез которых тратится солнечная энергия, первоначально поглощенная и преобразованная при участии хлорофилла.

Хлорофилл относится к группе соединений, которая называется металлопорфирины. Общей основой этих соединений является порфириновое ядро, включающее структуру из четырех молекул пиролла, соединенных между собой и образующих сопряженную систему одинарных и двойных связей. Кроме хлорофилла, эта уникальная структура лежит в основе цитохромов, играющих важную роль в энергетических преобразованиях фотосинтеза и дыхания в растительных и животных клетках,

а также гемоглобина, участвующего в энергетических преобразованиях дыхания животных. Итак, энергетическая составляющая, сопряжена с вещественной и информационной в один тандем, который является молекулярной основой организации и функционирования клетки как элементарной сопряженной живой системы. Подтверждением этого вывода является мнение авторов учебника по общей биологии, в котором констатируется, что «на клеточном уровне сопрягаются передача информации и превращение вещества и энергии» [122, с. 5]. Однако следует добавить, что все виды клеточного метаболизма находятся под контролем гормонов, которые «... обуславливают нормальное течение роста тканей и всего организма в целом, активность генов, формирование клеточного фенотипа и дифференцировку тканей...» [14, с. 155].

Таким образом, сопряжение между веществом, энергией, информацией и гормонами в конечном итоге обуславливает возникновение живого в форме клетки, которую можно охарактеризовать как первую сопряженную живую систему, а понятие сопряжение, по-видимому, можно включить в одно из определений жизни.

Приведенные аргументы свидетельствуют, что понимание сущности клеточного метаболизма, изучаемого в школьном курсе общей биологии, возможно лишь на основе знаний о строении и свойствах таких биологически активных соединений, которые играют ключевую роль в превращениях вещества, энергии и информации. Что касается молекулярных основ превращения наследственной информации, то во всех учебниках общей биологии приводятся достаточно полные сведения о строении и функциях нуклеиновых кислот, детерминирующих эти превращения. Вместе с тем, по непонятным причинам, в отечественных учебниках не приводится материал о строении и свойствах органических соединений (кроме АТФ), необходимых для выявления сущности преобразований вещества и энергии, лежащих в основе фотосинтеза и дыхания, являющимися основными звеньями углеводного обмена. К таким биологически активным соединениям относятся металлопорфирины – хлорофиллы и цитохромы. Отсутствие информации о строении и свойствах этих соединений не позволяет осмыслить сущность фотосинтеза и дыхания на теоретическом уровне и негативно сказывается на усвоении всего углеводного метаболизма, который является основой клеточного метаболизма в целом. Это обусловлено тем, что углеводный метаболизм поставляет энергетический и пластический материал для всех

других частных метаболизмов – белкового, липидного, нуклеинового и т.д. Такой существенный недостаток в биологической подготовке подавляющего большинства школьников высвечивается в вузе, и преподавателям приходится прикладывать много усилий, чтобы его ликвидировать.

Значимость обозначенных нами превращений на молекулярном уровне подтверждается высказываниями известных ученых. Так, К.А. Тимирязев сводил все жизненные проявления к трем фундаментальным превращениям: вещества, энергии и формы [164]. Позднее не менее известный ученый-генетик Н.П. Дубинин определил в качестве фундамента жизни вещество, энергию и информацию [68]. Мнения данных ученых и результаты собственных теоретических исследований позволяют выделить понятия «вещество», «энергия», «информация» и «форма» в особую группу, которые также сопряжены, как и процессы, которые они отражают. Обозначенные понятия отражают сущность проявлений жизни на молекулярном уровне в интактной клетке, обуславливающих такое целостное и уникальное качество биологической формы движения материи, как «жизнь».

Таким образом, химическая форма движения, как и вся материя, эволюционна в своей основе, и при благоприятных условиях химические системы способны порождать какие-либо формы жизни. Подчеркивая данную особенность химической формы движения материи, Ф. Энгельс писал: «Жизнь должна была возникнуть химическим путем» [107, с. 73].

Приведенные выше теоретические положения приобретают фундаментальную значимость при изучении клеточного метаболизма в биологических дисциплинах. Сопряженные понятия «вещество», «энергия», «информация» и «форма» могут претендовать на исходную «клеточку», вокруг которой будет строиться весь процесс познания сущности биологических систем всех уровней организации. Для того чтобы эта «клеточка» была постоянно в поле зрения преподавателя и обучающихся, ее необходимо отобразить в форме образно-знаковой модели, которая будет сопрягать понятия «вещество», «энергия», «информация» и «форма» с их конкретными образами, т.е. молекулами, которые играют ключевую роль в организации и функционировании клетки как элементарной сопряженной живой системы. Сконструированная нами модель призвана в определенной степени решать эту задачу (рис. 8).

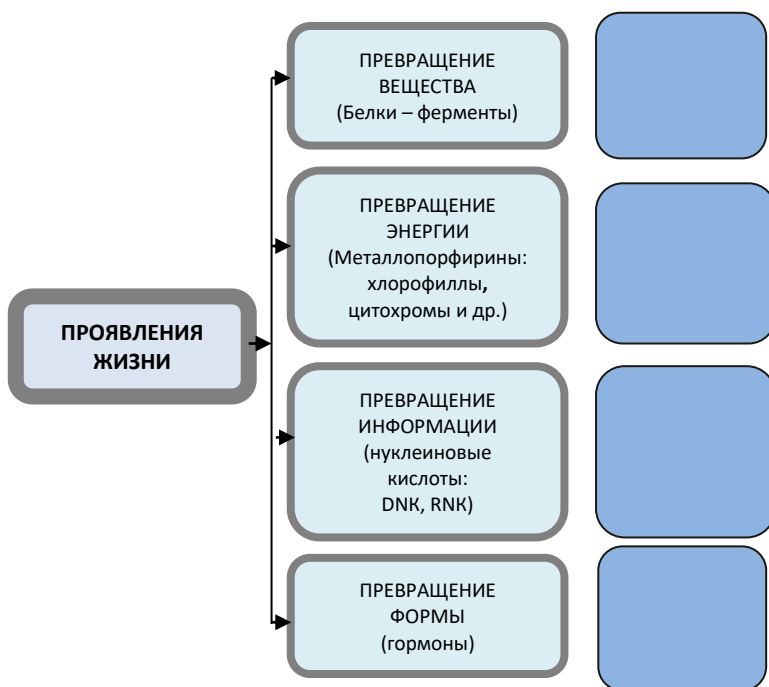


Рис. 8. Молекулярные основы проявлений жизни

Моделирование является важнейшим методом познания, как в области науки, так и в области образования. Этот метод обладает огромной эвристической силой, так как делает сущность наглядной. Усвоение данного метода обучающимися существенно обогащает их методологический аппарат, способствует формированию научного мировоззрения и делает их учебную деятельность более осмысленной и эффективной. Этот метод представляет собой сопряженную форму деятельности, которая включает в себя различные психические процессы: представление, восприятие, мышление, воображение и т.д. Отсюда следует, что усвоение метода моделирования обучающимися возможно лишь в их личной деятельности по конструированию различных видов моделей и использованию их для выявления сущности изучаемых объектов и явлений в процессе обучения. Сконструированная модель инициирует возникновение наглядного обобщенного образа (наглядно-образного мышления), который затем фиксируется в понятии. Между тем существуют ситуации, при которых формирование абстрактных понятий целесообразнее начинать с изучения готовой модели, конкретизирующей это понятие.

В настоящее время в связи с существенным повышением уровня теоретизации естественных дисциплин проблема обучения субъектов методу моделирования является одной из важнейших. Этот тезис разделяют большинство преподавателей, а также студентов, изучающих естественные науки. Так, проведенные М.Ю. Королевым исследования показали, что моделирование является основополагающим методом при обучении студентов бакалавриата (специалитета) и магистратуры естественно-научным дисциплинам. Его результативность становится очевидной, если этот метод используется во всех видах учебных занятий [85].

Следует отметить, что сконструированную нами модель не давали обучающимся в готовом виде. Подобную модель они должны были сконструировать сами. С целью инициации такой деятельности создавалась проблемная ситуация, разрешение которой мотивировало необходимость создания такой модели. Перед субъектами обучения ставилась задача по выявлению наиболее значимых органических молекул (соединений), обеспечивающих проявление жизни на клеточном уровне. При этом им необходимо было проследить основные этапы химической эволюции, которые детерминировали их возникновение, выявить их особенности и уникальные свойства, показать взаимодействие (сопряжение) с другими важнейшими биологически активными молекулами, найти в интернете информацию, подтверждающую их аргументацию. После этого этапа их деятельности предлагалось сконструировать модель, в которой выделенные элементы будут логически объединены в общую систему, где понятия и образы должны быть взаимосвязаны. В такой деятельности обучаемые применяли три вида мышления: на уровне образов, понятий и действий, которые взаимосвязаны и дополняют друг друга. Практика свидетельствует, что при организации учебного процесса по такому типу складывается наиболее эффективное, партнерское (творческое) взаимодействие между преподавателем и субъектами обучения, обе стороны получают положительные эмоции и желание постоянного сотрудничества.

Таким образом, используя в процессе обучения обобщенно-образные модели, мы получаем возможность не просто активизировать познавательную деятельность (т.е. формировать положительную мотивацию), но и целенаправленно развивать чувственно-интеллектуальную сферу обучающихся.

Обобщенно-образные модели при изучении той или иной учебной темы позволяют видеть основу материала, на которой формируются все второстепенные знания. Постигая биологию, обучающийся формирует

в своем сознании своеобразную систему-древо (иерархию знаний), где корни и ствол – фундаментальные знания, создающие основу, а ветви – второстепенные знания, расширяющие кругозор. «Вырвав» из модели необходимую информацию, интеллект обучающегося структурирует уже имеющиеся данные и получает возможность воспринимать дальнейшую информацию (надстраивать, состыковывать) уже в иерархической системе. Благодаря этому, субъект обучения выходит на новый уровень понимания, восприятия, характеризующийся целостным видением изучаемой дисциплины.

2.5. ОБЩАЯ МОДЕЛЬ ВЗАИМОСВЯЗИ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ КАК МЕТАПРЕДМЕТНАЯ ОСНОВА ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В КУРСЕ БИОЛОГИИ

При формировании метапредметных компетенций особое значение приобретает моделирование как сопряженная технология познания. Выход биологии на молекулярный и субмолекулярный уровни, а также прогрессирующая тенденция к интеграции естественно-научных знаний определяют запрос на разработку идеальных моделей высокого уровня обобщенности, которые послужат метапредметной основой для интеграции знаний в рамках курса биологии. Разработанная авторами общая модель взаимосвязи метаболических процессов растительной клетки направлена на достижение поставленной цели.

Целью настоящего исследования является создание общей модели взаимосвязи метаболических процессов растительной клетки, которая послужит для обучающихся в качестве метапредметной основы интеграции знаний при изучении биологии.

Согласно исследованиям ряда авторов – Т.Л. Блиновой [15], М.Ю. Королева [85], С.М. Похлебаева [135], Н.С. Пурышевой [147], И.А. Третьяковой [170], А.В. Хуторского [202] и др., – к деятельности единиц универсального характера относят понятия, задачи, схемы, проблемы, модели и т.д. Для понимания обучающимися сущности биологических объектов и явлений на молекулярном и электронном уровне особое значение имеют *образно-знаковые модели*.

Многолетний педагогический опыт автора позволяет констатировать, что изучение биологических дисциплин на основе образно-знаковых моделей высокого уровня общности позволяет заложить *метапредметный* фундамент для понимания обучающимися сущности организации и функционирования всех уровней биологической формы движения материи.

В основе метаболизма растительной клетки лежит совокупность химических (биохимических) реакций, обеспечивающих клетку и растительный организм в целом пластическим и энергетическим материалом, который используется для ее жизнедеятельности, роста и развития. Тесно связанные биохимические реакции принято объединять в группы и на этой основе выделять частные метаболизмы, такие как белковый, липидный, нуклеиновый, углеводный и другие. Следует отметить, что в школьных и вузовских учебниках при описании клетки, чаще всего, вместо понятия «метаболизм» авторы используют понятие «обмен веществ». Такая подмена понятий не правомерна и ошибочна.

На недопустимость такой подмены важнейших общебиологических понятий указывает Н.Ф. Реймерс (1995), который подчеркивал, что обмен веществ – более широкое понятие, чем метаболизм, включающее как процессы на клеточном уровне, так и на уровне целостной особи. Эта разница делается незаметной при рассмотрении одноклеточных микроорганизмов. По мнению данного автора, ассимиляция включает процесс анаболизма, а диссимиляция – процесс катаболизма.

Уникальность и значимость углеводного метаболизма растительной клетки определяется тем, что его основное звено – фотосинтез является не только основой анаболизма для растительной клетки, но и для всех других организмов на нашей планете (кроме хемосинтетиков). Особенность этого процесса состоит не только в его биосферной роли как поставщика органических веществ и кислорода для всех организмов нашей планеты, но и в его сложности. В основе этого уникального биологического процесса лежат физические и химические превращения, обеспечивающие трансформацию вещества и энергии как внутри фотосинтетического аппарата, так и между хлоропластами и окружающей средой.

Главный продукт фотосинтеза – глюкоза. Она является *резервом* пластического (строительного) материала и энергии для синтеза всех органических веществ клетки. Непосредственно глюкоза служит мономером для образования полисахаридов (например, целлюлозы), используемых для построения клеточных стенок у растений. Вместе с тем, для роста и развития

растительной клетки нужны и такие биологически активные соединения как липиды, нуклеиновые кислоты, белки и т.д. Химические связи глюкозы (особенно между углеродом и водородом) содержат много энергии, однако они достаточно устойчивы, и их энергия не может быть напрямую использована на процессы жизнедеятельности клетки. Данная проблема разрешается во втором звене углеводного метаболизма – дыхании.

При обучении биологии в вузе у студентов возникает проблема с усвоением сущности клеточного дыхания. Она обусловлена двумя основными причинами.

Первая, основная причина, детерминирована «усвоением» школьниками грубых ошибок в толковании понятия «дыхание» в школьном курсе общей биологии, где дыханию приписывается роль только как поставщику энергии для клетки и совсем не отмечаются промежуточные метаболиты, которые образуются в этом процессе. Так, попытка обозначить сущность дыхания в общем виде, предпринятая в учебнике «Общей биологии» В.Б. Захарова с соавторами [120], зафиксирована в параграфе «Энергетический обмен». По сути, под данным названием авторы учебника описывают процесс дыхания в целом и две его стадии: анаэробную стадию – гликолиз и аэробную стадию – кислородного расщепления.

Перед их рассмотрением приводится общее уравнение дыхания (рис. 9), которое зачастую (без соответствующей интерпретации) закладывает существенную ошибку в понимание сущности этого уникального процесса как у обучающихся, так и учителей.

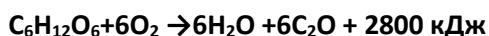


Рис. 9. Общее уравнение дыхания

При анализе этого общего уравнения дыхания, зафиксированного в школьных учебниках по общей биологии, обучающиеся и даже учителя делают существенную ошибку, полагая, что углеводы полностью распадаются до углекислого газа и воды. В действительности же, в процессе дыхания идет поэтапное окисление (распад) глюкозы, при котором, кроме углекислого газа и воды, образуются разнообразные промежуточные вещества (органические кислоты, альдегиды и др.). Они служат основой для синтеза базовых соединений клетки, и, прежде всего, биополимеров – белков и нуклеиновых кислот, которые определяют сущность живого.

На недопустимость такой трактовки сущности дыхания указывает известный биохимик В.Л. Кретович: «Приведенное уравнение аэробного дыхания характеризует лишь баланс веществ при дыхании. Оно не дает никакого представления о тех многочисленных промежуточных ферментативных реакциях, которые разыгрываются в процессе дыхания» [89, с. 201].

В то время как из общего вышеприведенного уравнения дыхания следует, что этот процесс является лишь поставщиком энергии для клетки. Возможно, что именно это уравнение дыхания сбивает с толка авторов некоторых школьных учебников, которые сводят сущность дыхания (и в целом катаболизма) к энергетическому обмену. Такое половинчатое толкование дыхания непозволительно в силу того, что «процесс дыхания, как и процесс брожения, не только источник энергии, используемый для осуществления разнообразных синтетических реакций, а также процессов роста, транспорта веществ и движения, но и источник промежуточных метаболитов, которые образуются в качестве промежуточных продуктов дыхания и вместе с тем служат исходным материалом для осуществления синтетических реакций» [89, с. 201].

Для недопущения такой ошибки при интерпретации общего уравнения дыхания авторы данной публикации предлагают приводить схему, которая в общем виде отражает сущность превращений вещества и энергии в этом процессе (рис. 10).



Рис. 10. Схема дыхания

В схеме отражено, что в процессе дыхания при превращении вещества происходит и превращение энергии. Уникальность энергетических превращений заключается в трансформации устойчивой формы энергии химических связей углеводов в лабильную энергию макроэргических связей АТФ, которая используется на все процессы жизнедеятельности клетки. Часть энергии химических связей углеводов преобразуется в тепловую энергию.

В основе преобразования вещества лежит система сопряженных окислительно-восстановительных реакций, которая обеспечивает поэтапное окисление органических веществ при участии кислорода до неорганических – углекислого газа и воды. При этом, промежуточные продукты окисления (органические кислоты, фосфоглицериновый альдегид и др.) могут использоваться в других обменных процессах: синтезе белков, липидов, нуклеиновых кислот и др., необходимых для построения и функционирования клетки.

Уяснение обучающимися сущности дыхания как ядра катаболизма позволяет исключить односторонность в интерпретации его отдельных стадий, в то время как в большинстве школьных учебников по общей биологии сущность отдельных стадий дыхания сводится лишь к синтезу АТФ. Этот факт имеет место в учебниках биологии вышеупомянутых авторов.

Половинчатая интерпретация сущности дыхания имеет место даже в учебнике «Общей биологии» под редакцией А.О. Рувинского [122], который предназначается для учащихся лицеев и гимназий. Подобная трактовка дыхания имеет место и в некоторых учебниках иностранных авторов, рекомендуемых как для школьников, так и студентов. В полной мере это относится к учебнику «Введение в биологию» [91], а также к трехтомнику «Биология» (Грин Н., Стаут У., Тейлор Д., т. 2, 1990), в котором промежуточные продукты окисления, образующиеся при дыхании, не отмечены как в процессе гликолиза, так и в цикле Кребса – промежуточные метаболиты отмечаются только в глиоксилатном цикле, который в школе обычно не изучается. В фундаментальном трехтомнике «Молекулярная биология клетки» (1994), который анонсируется как учебник для студентов и преподавателей, очень поверхностно написано о значимости промежуточных метаболитов, образующихся в цикле Кребса, и совсем не обозначается их роль в таком важнейшем этапе дыхания, как гликолиз.

Авторы отечественных вузовских учебников по биохимии и физиологии растений подобных ошибок в интерпретации сущности дыхания не допускают. При описании клеточного метаболизма превращения вещества и энергии описываются параллельно и во взаимосвязи. Значимость промежуточных метаболитов дыхания как исходного материала для синтеза важнейших органических соединений (белков, липидов, нуклеиновых кислот и др.) достаточно убедительно описана в учебнике Н.И. Якушкиной и др. [211] и наглядно показана с помощью обобщенной схемы в учебнике по физиологии растений В.В. Полевого [131].

Вторая причина, препятствующая пониманию сущности дыхания, обусловлена игнорированием (непониманием обучающимися) методологической роли *категории сопряжения*, позволяющей понять внутренние механизмы дыхания и его пункты сопряжения с другими физиолого-биохимическими процессами. В основе клеточного дыхания как физиолого-биохимического процесса также лежат явления превращения вещества и энергии. Значимость и уникальность дыхания состоит в том, что этот процесс поставляет энергию (АТФ и тепловую), а также промежуточные метаболиты, которые используются для синтеза всех органических соединений: белков, липидов, углеводов, нуклеиновых кислот, гормонов, пигментов и др.), которые необходимы для роста и развития всех клеточных структур и целого растительного организма. Энергия АТФ используется и на другие важнейшие процессы: транспорт веществ через мембраны, движение хлоропластов и т.д.

Аэробное дыхание – есть важнейший ароморфоз (арохимоз), который возник на основе анаэробного дыхания и существенно его преобразовал. На взаимосвязь анаэробного и аэробного дыхания указывает общность их первого этапа – гликолиза. В растительной клетке существует два пути дыхания: гликолитический и пентозофосфатный (ПФП), которые тесно сопряжены между собой. Основным путем дыхания является гликолитический. Некоторые авторы считают, что ПФП *является шунтом в гликолитическом* пути дыхания.

В гликолитическом пути при окислении одной молекулы глюкозы образуются и промежуточные метаболиты (менее сложные органические вещества), которые являются материальной основой для синтеза белков, липидов, пигментов, некоторых фитогормонов, вторичных веществ. Если окисление одной молекулы глюкозы происходит по пентозофосфатному пути, то синтезируются промежуточные метаболиты для синтеза нуклеотидов, которые лежат в основе строения таких важнейших биологических веществ, как: ДНК, РНК, АТФ, Ацетил коэнзима А, некоторых фитогормонов и фенолов. КПД клеточного дыхания составляет около 40 %, остальная энергия, выделяющаяся при окислении глюкозы, выделяется в виде тепла.

Учитывая вышесказанное, можно дать следующее определение аэробному клеточному дыханию растений: *«Дыхание – это сложный многоэтапный процесс, в котором происходит распад (окисление) глюкозы при участии кислорода до углекислого газа, воды и промежуточных метаболитов и преобразование устойчивой энергии химических связей глюкозы в лабильную энергию макроэргических связей АТФ, а также тепловую энергию»*. Таким образом, дыхание является важнейшим звеном углеводного метаболизма.

Очень часто фотосинтез и дыхание противопоставляют друг другу. Основанием для этого является обратная направленность некоторых реакций этих процессов. Однако в действительности между ними гораздо больше сходства, чем различий. Следует особо отметить, что оба эти процесса тесно сопряжены и являются важнейшими звеньями углеводного обмена, который постоянно обеспечивает растительный организм энергетическим и пластическим материалом на протяжении всей его жизни. В целях исключения подобной ошибки при изучении фотосинтеза и дыхания у обучающихся целесообразно, изначально, рассмотреть обобщенную модель, созданную автором настоящей работы, отражающую взаимосвязь в превращениях веществ и энергии в этих процессах (рис. 11).

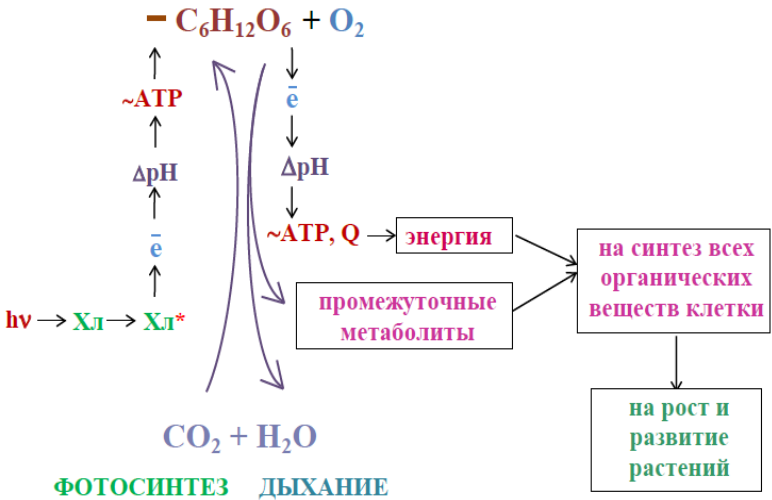


Рис. 11. Общее представление о превращении вещества и энергии в процессе фотосинтеза и дыхания

Итак, фотосинтез и дыхание являются важнейшими звеньями углеводного метаболизма, поставляя промежуточные метаболиты и энергию для всех других метаболизмов (белкового, липидного, нуклеинового и др.) растительной клетки. Для наглядности взаимосвязи метаболических процессов растительной клетки автором настоящей публикации разработана *общая модель взаимосвязи метаболических процессов растительной клетки* которая может служить в качестве метапредметной основы при изучении всех физиолого-биохимических процессов (других метаболизмов) в курсе биологии (рис. 12). Данная модель должна быть постоянно в поле зрения, как педагога, так и обучающихся, и определять общую стратегию изучения метаболизма растительной клетки как целостной сопряженной системы.

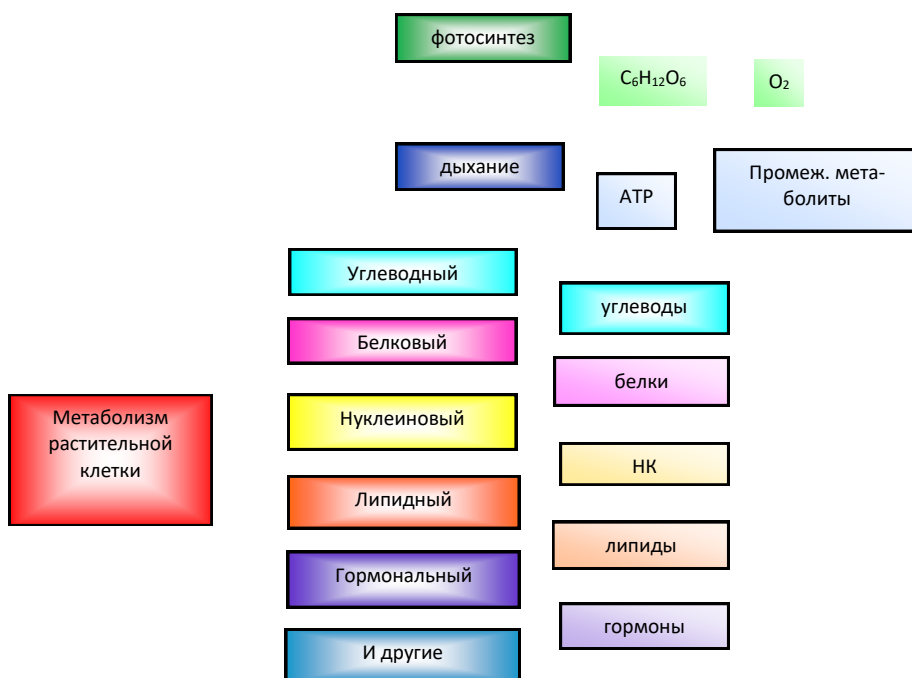


Рис. 12. Общее представление о взаимосвязи метаболических процессов растительной клетки

В верхней части модели отражена, в общем виде, сущность и взаимосвязь двух звеньев углеводного метаболизма: фотосинтеза как основы анаболизма и дыхания – основы катаболизма. В свою очередь углеводный метаболизм поставляет промежуточные продукты и энергию для всех других метаболизмов клетки. Этот аспект также зафиксирован в модели. Основные блоки модели выделены разным цветом и обучающиеся могут быстро выявить место локализации каждого, конкретного метаболизма и его взаимосвязь с другими метаболическими процессами растительной клетки.

Проведенное исследование позволяет констатировать, что разработанная нами общая модель может служить в качестве *метапредметной* основы при обучении биологии, так как позволит обучающимся выявить взаимосвязи между отдельными метаболизмами, что, в конечном итоге, внесет существенный вклад в понимание ими сущности живого на клеточном уровне его организации.

2.6. СОПРЯЖЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КАК МЕТАПРЕДМЕТНАЯ ОСНОВА ДЛЯ ПОНИМАНИЯ СУЩНОСТИ ФОТОФИЗИЧЕСКОГО ЭТАПА ФОТОСИНТЕЗА

Глобальные проблемы современной цивилизации во многом предопределили возникновение метанаук, принципы которых были спроецированы в образовательную область и обусловили возникновение метапредметов. Поэтому метапредметность присуща не только любой науке, но и любому учебному предмету. Принципы метапредметности особенно актуальны при изучении биологической формы движения материи, которая в скрытом виде содержит в себе физическую и химическую формы ее движения.

Целью настоящего исследования явилась демонстрация эффективности метапредметного подхода, в основу которого положено сопряжение статических и динамических моделей при выявлении обучающимися сущности фотофизического этапа фотосинтеза в курсе физиологии растений.

Решению обозначенной проблемы предшествовал анализ публикаций, свидетельствующих об актуальности в современных условиях обучения, принципов метапредметного подхода, закрепленных в Федеральных государственных образовательных стандартах и его эффективности в образовательной практике: М.Н. Ахметовой [8], Т.А. Бахор [11], В.Ф. Бурмакиной [21], Н.В. Громыко [60], Ю.В. Громыко [61], М.Ю. Королевым [85], Н.С. Пурышевой [147], Ю.В. Скрипкиной [153], И.А. Третьяковой [170; 174], А.В. Хуторским [202] и др. В исследованиях данных авторов приведено теоретико-методологическое и методическое обоснование целесообразности и эффективности метапредметного подхода к обучению различных естественно-научных дисциплин (предметов), как в вузе, так и в школе. Наряду с этим многолетний личный опыт авторов позволяет констатировать, что при обучении биологическим дисциплинам в педвузе принципы метапредметного подхода, в лучшем случае, лишь декларируются, а изучаемый предмет не выстраивается вокруг какой-либо мыследеятельностной организованности.

В Федеральных государственных образовательных стандартах высшей школы декларируется приоритетность метапредметных основ содержания обучения, которые должны быть конкретизированы и использованы при изучении всех дисциплин данного направления профессиональной подготовки. В качестве такой метапредметной основы выступают, прежде всего, системный и деятельностный подходы. Эти подходы обладают

существенным познавательным общенаучным потенциалом, однако, как абстракции высокого уровня они обедняют существующую реальность, что детерминирует их конкретизацию.

Конкретизация принципов системного и деятельностного подходов очень четко просматривается при построении моделей как на эмпирическом, так и теоретическом уровне. Данные методологии тесно связаны между собой и поэтому некоторые авторы считают, что моделирование можно одновременно рассматривать как разновидность и конкретизацию системного и деятельностного подходов. Теоретические аспекты данных методологий разработаны достаточно хорошо, однако их применение обучаемыми в школах и вузах оставляет желать лучшего. Особенно это касается моделирования физиолого-биохимических процессов при изучении биологических дисциплин. Данные процессы не подлежат прямому наблюдению, поэтому их сущность наиболее полно можно отразить в наглядных моделях.

Моделирование обладает огромной *эвристической силой*, что находит выражение в создании у обучаемых наглядного обобщенного образа моделируемого объекта, возникающего при конструировании моделей. Кроме того, построение моделей способствует взаимодействию эмпирического и теоретического уровней познания, мышления с чувственностью, не наглядных элементов с наглядными, что соответствует требованиям современной науки и облегчает понимание *формальных теорий*. Метод моделирования обеспечивает стратегию познания, направляет мышление к достижению цели кратчайшим путем.

По мнению Л.М. Фридмана, школьники, изучающие естественные дисциплины, имеют «весьма смутные и ограниченные представления о моделировании и моделях» [197, с. 89]. Вместе с тем, отмечает данный автор, психологические исследования свидетельствуют, что обучение школьников моделированию как общенаучному методу познания детерминирует формирование у них научного мировоззрения, обогащает их методологический аппарат и существенно изменяет их отношение к учебным предметам, к учению. При этом их учебная деятельность становится более осмысленной и продуктивной [там же].

Исследования, проведенные М.Ю. Королевым, свидетельствуют, что существующие методики обучения студентов естественно-научных направлений подготовки в педвузах методу моделирования также не являются достаточными для обеспечения должного уровня профессиональной компетентности будущих педагогов [85].

Потребность в моделировании физиолого-биохимических процессов особенно стала актуальной при выявлении их сущности на молекулярном и электронном уровнях. Моделирование как метод обучения особенно востребован при интерпретации физических и химических явлений, лежащих в основе таких важнейших физиолого-биохимических процессов, как фотосинтез и дыхание, которые являются основными звеньями углеводного метаболизма растительной клетки.

Значительную трудность студенты испытывают при выявлении сущности энергетического преобразования внешней неустойчивой энергии квантов света, во внутреннюю более устойчивую энергию электронного возбуждения на фотофизическом этапе фотосинтеза. Ключевую роль в этом преобразовании играют молекулы хлорофилла.

Энергетические преобразования являются трудно уловимыми для изучения, поэтому открытия в этих областях являются особо значимыми. Следует подчеркнуть, что основополагающую роль в понимании сущности этих явлений сыграл метод моделирования. Из этого следует, что при интерпретации энергетических преобразований на фотофизическом этапе метод моделирования также должен быть приоритетным.

Общая модель энергетических преобразований энергии квантов света на фотофизическом этапе представлена в учебнике по физиологии растений, автором которого является В.В. Полевой (рис. 13).

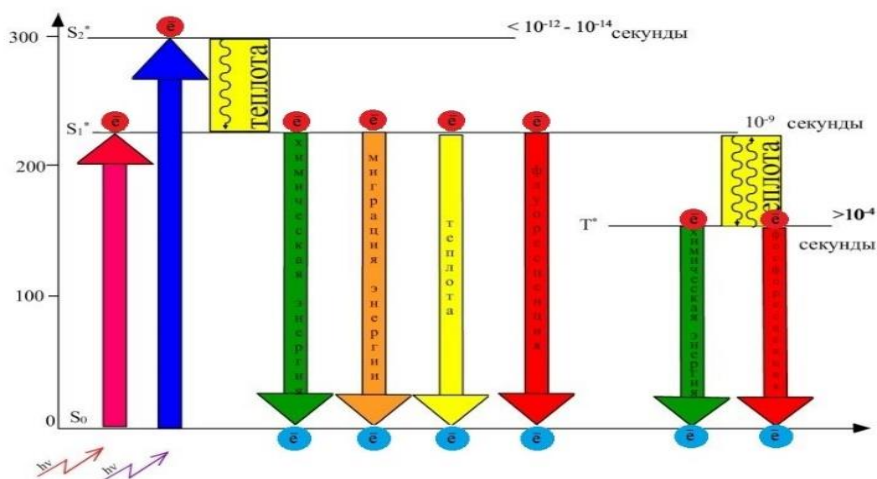


Рис. 13. Энергетическое состояние молекулы хлорофилла и различные пути использования энергии электронного возбуждения

Однако практика свидетельствует, что большинство обучающихся испытывают значительные трудности в интерпретации этой модели и установлении логических связей между ее отдельными элементами. Это послужило основанием для разработки еще 7 (дополнительных) статических моделей, содержание которых фиксирует отдельные энергетические преобразования, которые имеют место на этом первоначальном этапе фотосинтеза.

На рис. 13 внимание обучающихся акцентировано на том, что кванты красного и сине-фиолетового света поглощаются электронами молекулы хлорофилла, находящимися в основном синглетном состоянии (S_0) и обладающими минимальным запасом энергии.

На рис. 14 зафиксировано, что электрон, поглотивший кванты красного света, перешел на более высокий энергетический уровень (S_1). Для снятия вопроса студентов, почему возбужденный светом электрон перешел только на первый уровень (S_1), рисунок дополнен физической формулой, отражающей обратную зависимость между длиной волны и энергией кванта света.

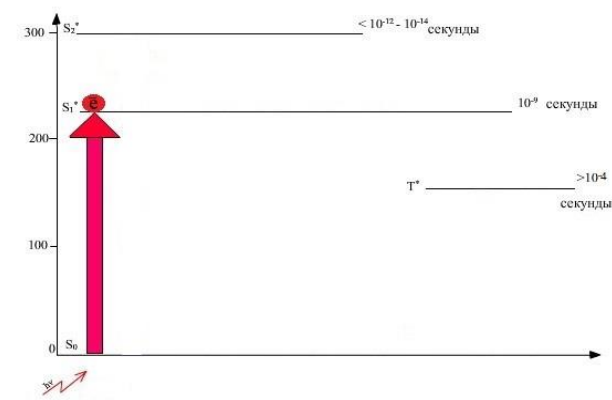


Рис. 14. Положение электрона в молекуле хлорофилла после поглощения ею кванта красного света. (Молекула хлорофилла находится в первом синглетном возбужденном состоянии – S_1^*)

Данные о длинах волн студенты получают, используя рисунок 15 (шкалы солнечного спектра), производя подсчеты, они убеждаются, что красные лучи являются длинноволновыми и поэтому их кванты обладают меньшей энергией.

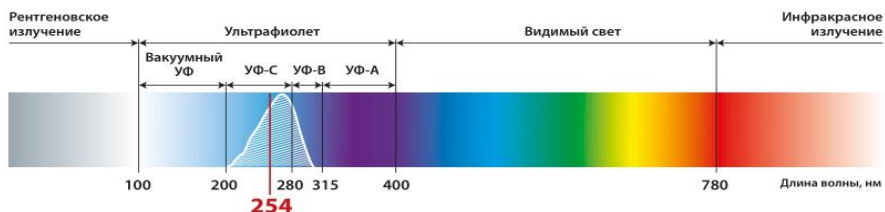


Рис. 15. Шкала электромагнитных излучений

На рис. 16 зафиксирован момент перехода электрона (находящего в основном синглетном состоянии) (S_0), поглотившего квант синего света, на более высокий энергетический уровень (S_2). На этом же рисунке также имеется и формула, позволяющая объяснить данный переход.

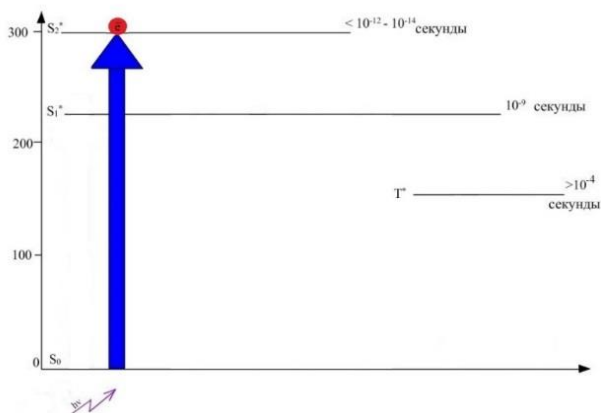


Рис. 16. Положение электрона в молекуле хлорофилла после поглощения ею кванта синего света. (Электрон переходит на более высокую энергетическую орбиталь – S_2^*)

На последующих моделях отражены различные моменты (пути) преобразования и использования энергии возбужденных электронов молекулы хлорофилла. Судьба энергии электрона зависит от его времени жизни на разных энергетических уровнях. Существует общая закономерность, согласно которой, чем выше энергетический уровень, на котором находится электрон, тем меньше временной период, в течение которого он может там находиться. Кроме того, для преобразования одной формы энергии, в другую или ее использования необходим определенный промежуток времени.

Так, на рис. 17 зафиксировано, что время жизни электрона S_2 орбитали – самое наименьшее и составляет всего лишь $10^{-12} - 10^{-14}$ секунды. Это время настолько мало, что на его протяжении энергия электронного возбуждения не может быть использована. Через короткий промежуток времени электрон переходит на более низкий энергетический уровень (S_1), сопровождающийся некоторой потерей энергии, выделяющейся в виде теплоты. По величине энергии данный электрон сравнялся с энергией электрона, поглотившего квант красного света.

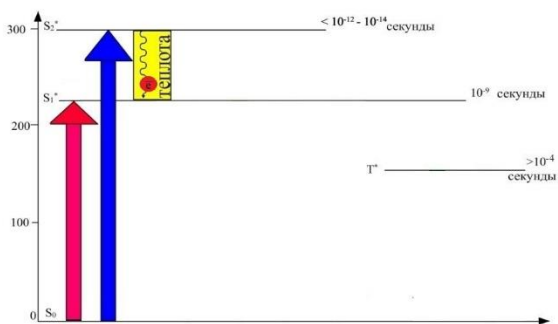


Рис. 17. Безизлучательный переход электрона с более высокой энергетической орбитали – S_2^* , на более низкую энергетическую орбиталь – S_1^* , сопровождающийся выделением энергии в виде теплоты

Дальнейшая судьба электронов, находящихся в первом синглетном состоянии, может быть различной. Они могут переходить с изменением спина электрона на триплетный (T_1) уровень, сопровождающийся некоторой потерей энергии, выделяющейся в виде теплоты. Либо из возбужденного первого синглетного (S_1) и триплетного (T_1) состояний может переходить в основное (S_0).

При переходе электронов с S_1 на S_0 – энергетический уровень, энергия электрона может быть: передана другим, не возбужденным молекулам хлорофилла (миграция энергии), выделена в виде теплоты, света – флуоресценции (испускание света с измененной длиной волны), преобразована в химическую форму энергии (рис. 18). При этом важно отметить, что в последнем преобразовании электрон не переходит в основное синглетное состояние, а покидает эту орбиталь и уходит в электронтранспортную цепь, где его энергия используется для синтеза таких энергетических эквивалентов, как АТФ и NADPH. Чтобы хлорофилл смог принять следующую порцию энергии, он должен восстановиться, т.е. вернуть себе электрон. Свободная орбиталь (S_0) будет заполнена электроном воды, образующимся в процессе ее фотоокисления.

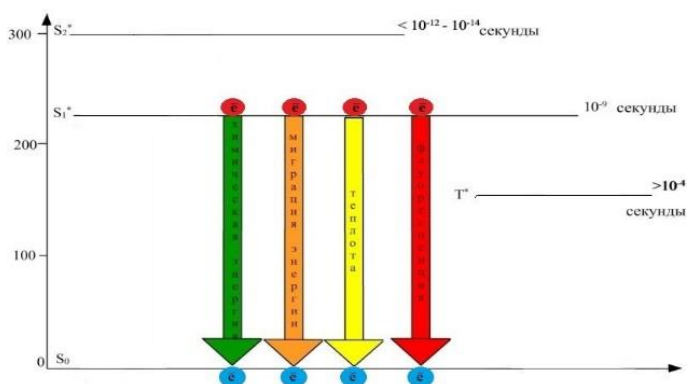


Рис. 18. Пути возвращения молекулы хлорофилла в основное состояние: с выделением теплоты, с испусканием света в виде флуоресценции, с миграцией энергии к невозбужденным молекулам хлорофилла, с использованием энергии на фотохимические реакции

Как уже было отмечено выше, с первого синглетного (S_1) состояния электрон может переходить на более низкий энергетический уровень (T_1), – триплетный, сопровождающийся некоторой потерей энергии, выделяющейся в виде теплоты (рис. 19).

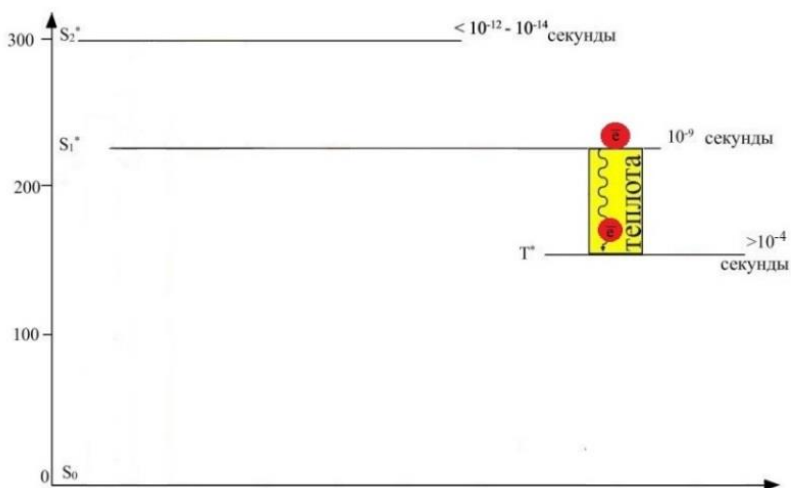


Рис. 19. Потеря энергии в виде теплоты при переходе молекулы хлорофилла из первого синглетного возбужденного состояния (S_1^*) в триплетное состояние (T^*)

С триплетного уровня (T_1) электрон может переходить в основное синглетное состояние (S_0), а его энергия, в этом случае, может испускаться в виде фосфоресценции (более длительного свечения) или потрачена на химическую работу (рис. 20). В последнем случае и поступать в ЭТЦ, которая встроена в мембраны тилакоида хлоропласта, где его энергия будет использована для синтеза АТФ и NADPH. В этом случае S_0 -орбиталь также будет заполнена электроном молекулы воды, которая является конечным донором электронов в ЭТЦ.

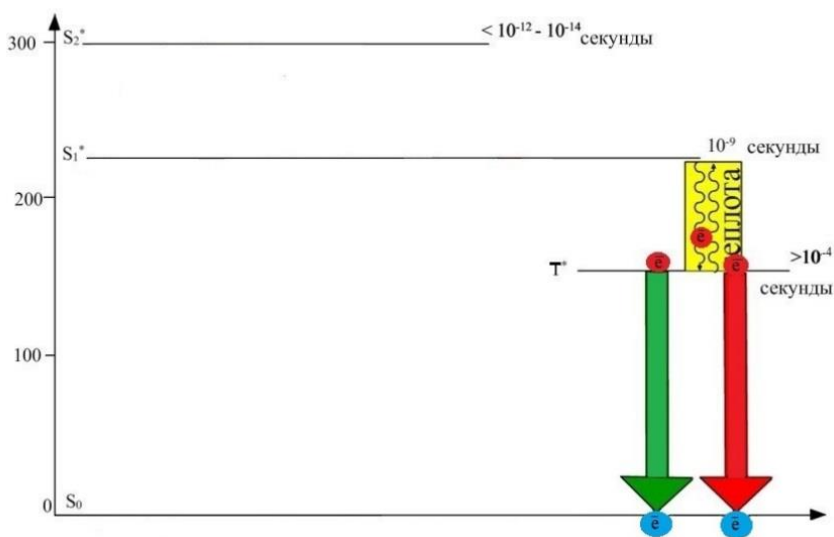


Рис. 20. Потеря энергии при переходе молекулы хлорофилла из триплетного возбужденного состояния (T^*) в основное (S_0) в виде фосфоресценции (слабого свечения), или использовании энергии на фотохимические реакции.

По мнению И.Д. Зверева и А.Н. Мягковой, «... в работе с экранными пособиями в качестве источника знаний выступает сочетание слова учителя и изобразительной наглядности, статистических и динамических изображений» [75, с. 136]. Внедрение новых информационных технологий позволяет развить эту идею авторов и применить в образовательном процессе для интерпретации фундаментальных теорий статические и динамические flash-модели в комплексе. Такое моделирование, по-видимому, можно назвать сопряженным. Оно позволяет имитировать физиолого-биохимические процессы на молекулярном и даже электронном уровнях, проводить виртуальные наблюдения за этими процессами,

останавливать их для детального рассмотрения отдельных этапов и пр. При этом перед обучающимися открываются большие познавательные возможности, запрограммированно иницируются чувственные и интеллектуальные эмоции, которые определяют внутреннюю мотивацию к изучению биологических объектов и явлений.

Таким образом, сопряжение статических и динамических моделей при изучении физиолого-биохимических процессов является весьма эффективным методом познания, так как позволяет достаточно быстро перейти от наглядно-образного типа мышления к обобщенно-образному, а от него к понятийному типу мышления. Сопряженное моделирование как метод познания может использоваться как в иллюстративном, так и в поисковом плане – это зависит от дидактических целей, методологического потенциала разработанных моделей. Использование блока дополнительных статических моделей, отражающих последовательность отдельных (конкретных) энергетических преобразований, в сочетании с динамической моделью, демонстрирующей фотофизический процесс в динамике, позволяет обучающимся усвоить материал курса физиологии растений, убедиться в эффективности использованного данного метапредметного подхода обучения, и, в последующем, применить его в их профессиональной деятельности.

2.7. СОПРЯЖЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ДЛЯ ПОНИМАНИЯ СУЩНОСТИ ХЕМИОСМОТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ П. МИТЧЕЛЛА

Государственные образовательные стандарты высшей школы декларируют приоритетность методологических основ содержания обучения, которые должны быть конкретизированы и использованы при изучении всех дисциплин данного направления профессиональной подготовки. В качестве такой методологической основы выступают, прежде всего, системный и деятельностный подходы. Эти подходы обладают существенным познавательным общенаучным потенциалом, однако, как абстракции высокого уровня, они обедняют существующую реальность, что детерминирует их конкретизацию.

Конкретизация принципов системного и деятельностного подходов очень четко просматривается при построении моделей как на эмпирическом, так и теоретическом уровне. Данные методологии тесно связаны

между собой, и поэтому некоторые авторы считают, что моделирование можно рассматривать как разновидность и конкретизацию системного подхода. Теоретические аспекты данных методологий разработаны достаточно хорошо, однако их применение обучаемыми в школах и вузах оставляет желать лучшего. Особенно это касается моделирования физиолого-биохимических процессов при изучении биологических дисциплин. Данные процессы не подлежат прямому наблюдению, поэтому их сущность наиболее полно можно отразить в наглядных моделях.

Моделирование обладает огромной *эвристической силой*, что находит выражение в создании у обучаемых наглядного обобщенного образа моделируемого объекта, возникающего при конструировании моделей. Кроме того, построение моделей способствует взаимодействию эмпирического и теоретического уровней познания, мышления с чувственностью, ненаглядных элементов с наглядными, что соответствует требованиям современной науки и облегчает понимание *формальных теорий*. Метод моделирования обеспечивает стратегию познания, направляет мышление к достижению цели кратчайшим путем.

По мнению Л.М. Фридмана, школьники, изучающие естественные дисциплины, имеют «весьма смутные и ограниченные представления о моделировании и моделях» [197, с. 89]. Вместе с тем, отмечает данный автор, психологические исследования свидетельствуют, что обучение школьников моделированию как общенаучному методу познания детерминирует формирование у них научного мировоззрения, обогащает их методологический аппарат и существенно изменяет их отношение к учебным предметам, к учению. При этом их учебная деятельность становится более осмысленной и продуктивной [там же].

Исследования, проведенные М.Ю. Королевым, свидетельствуют, что существующие методики обучения студентов естественно-научных направлений подготовки в педвузах методу моделирования также не являются достаточными для обеспечения должного уровня профессиональной компетентности будущих педагогов [85].

Потребность в моделировании физиолого-биохимических процессов особенно стала актуальной при выявлении их сущности на молекулярном и электронном уровне. Моделирование как метод обучения особенно востребован при интерпретации теорий, которые отражают самые существенные стороны изучаемых объектов и явлений. Одной из таких является хемиосмотическая теория, за разработку которой П. Митчелл получил

Нобелевскую премию. Значимость открытия, сделанного в рамках этой теории, сопоставляется с расшифровкой структуры ДНК Дж. Уотсоном и Ф. Криком, которые также получили Нобелевскую премию. Эти два открытия обусловили революцию в биологической науке. Информационные и энергетические преобразования являются трудно уловимыми для изучения, поэтому открытия в этих областях являются особо значимыми. Следует подчеркнуть, что основополагающую роль в понимании сущности этих явлений сыграл метод моделирования. Из этого следует, что при интерпретации теорий метод моделирования также должен быть приоритетным.

Многолетний педагогический опыт авторов свидетельствует, что наибольшие трудности обучающиеся испытывают при выявлении сущности энергетических преобразований в интактных клетках. Механизм этих преобразований раскрыт английским ученым П. Митчеллом и изложен в хемиосмотической теории. Основным постулатом данной теории статическими моделями, которые в целом отражают его сущность является положение, согласно которому *энергетическое сопряжение* тока электронов с синтезом АТФ осуществляется через электрохимический градиент протонов на сопрягающих мембранах [117, с. 10]. Один из возможных косвенных механизмов образования АТФ в комплексе $F_1 - F_0$, локализованным на внутренней мембране митохондрий, представлен В.В. Полевым тремя [131, с. 160]. Однако практика свидетельствует, что большинство обучающихся испытывают значительные трудности в интерпретации этих моделей и установлении логических связей между ними. Это послужило основанием для разработки еще четырех (дополнительных) статических моделей, содержание которых фиксирует промежуточные этапы механизма синтеза АТФ, которые не представлены в учебнике «физиология растений» данного автора. Предложенные нами модели (рис. 21) позволяют обучающимся конкретизировать основные моменты механизма образования АТФ на мембранах митохондрий в рамках хемиосмотической теории П. Митчелла и глубже понять ее сущность.

На рис. 21 А изображен АТФ-азный комплекс, состоящий из белка F_1 , который представляет собой фермент – АТФ-азу, имеющий активный центр для избирательной адсорбции АДФ и P_i . Этот белок связан с мембраной через другой белковый комплекс F_0 , который пронизывает всю мембрану и служит каналом для транспорта протонов через мембрану и их доставку к F_1 .

Следует отметить, что данный канал открывается лишь при создании определенного градиента протонов на разных сторонах внутренней мембраны митохондрий.

На рис. 21 Б зафиксировано, что на внутренней стороне мембраны увеличилось количество протонов, и они направляются к каналу F_1 . При поступлении протонов внутрь канала, его «жалюзи» раздвигаются (рис. 21 В), и протоны проникают в «головку» АТФ-азного комплекса (F_1). Присутствие протонов в АТФ-азе изменяет ее конформацию, то есть форму фермента (рис. 21 Г), что приводит к сближению ADP и P_i в ее активном центре. Следует отметить, что ADP и неорганический фосфат присоединяются к активному центру фермента без притока свободной энергии. На рис. 21 Д зафиксирован результат взаимодействия АТФ и P_i – образование АТФ. После образования АТФ протоны удаляются из «головки» фермента в межмембранное пространство митохондрии (рис. 21 Е). На следующем этапе конформация фермента возвращается в исходное состояние, а АТФ покидает его активный центр (рис. 21 Ж), который вновь готов «принимать» исходные продукты – ADP и P_i , необходимые для синтеза АТФ. Необходимо отметить, что F_1 функционирует как АТФ-синтетаза лишь в энергизованном виде. При отсутствии сопряжения между электрохимическим потенциалом ионов H^+ и синтезом АТФ энергия, освобождающаяся в результате обратного транспорта ионов H^+ в матрикс, может превращаться в теплоту. Иногда это приносит пользу, так как повышение температуры в клетках активизирует работу ферментов.

По мнению И.Д. Зверева и А.Н. Мягковой, «... в работе с экранными пособиями в качестве источника знаний выступает сочетание слова учителя и изобразительной наглядности, статистических и динамических изображений» [75, с. 136]. Внедрение новых информационных технологий позволяет развить эту идею авторов и сопрягать в образовательном процессе для интерпретации фундаментальных теорий статические и динамические flash-модели. Такое моделирование, по-видимому, можно назвать сопряженным. Оно позволяет имитировать физиолого-биохимические процессы на молекулярном и даже электронном уровне, проводить виртуальные наблюдения за этими процессами, останавливать их детально рассматривать их строение и отдельные этапы. Сопряженное моделирование открывает перед обучающимися большие познавательные возможности, запрограммированно вызывает чувственные и интеллектуальные эмоции, которые инициируют внутреннюю мотивацию к изучению биологических объектов.

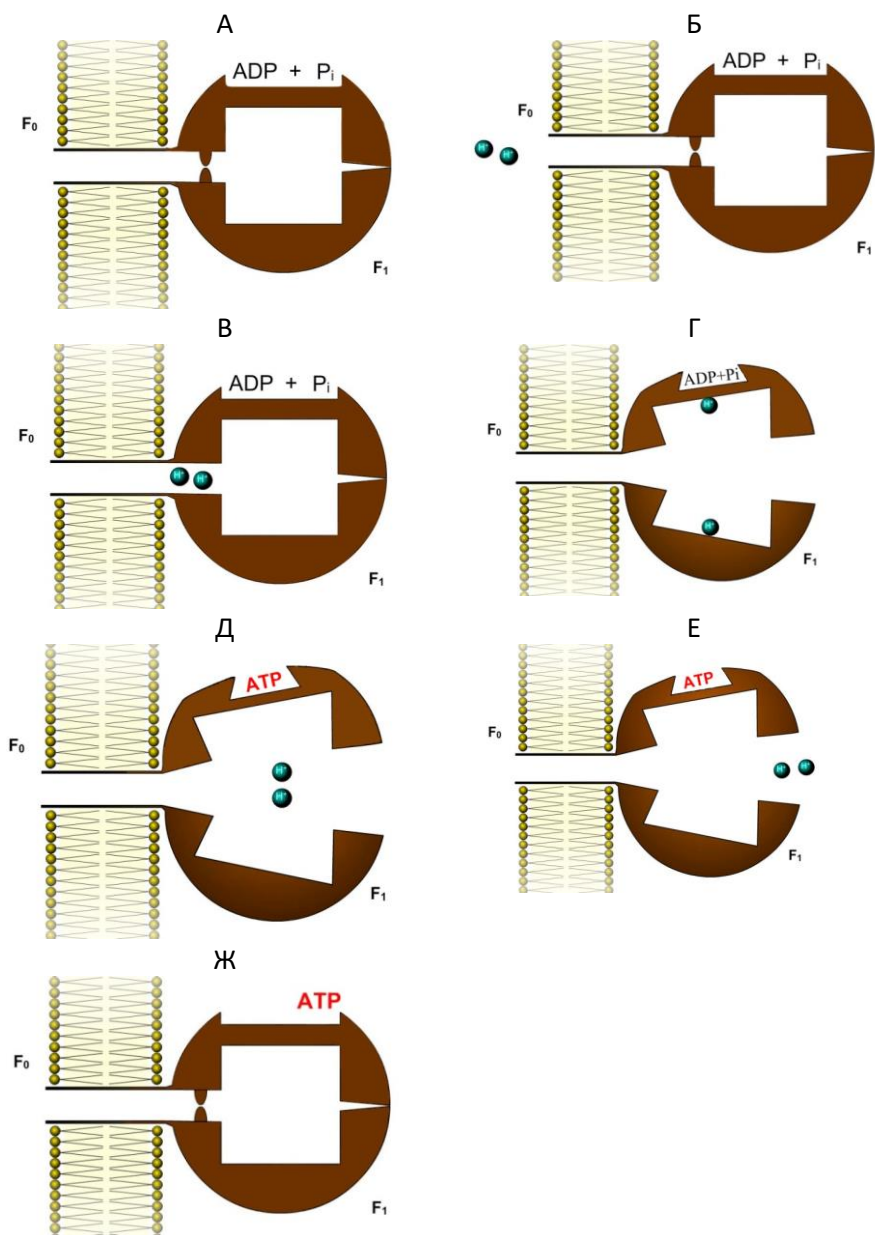


Рис. 21. Косвенный механизм образования АТФ

Таким образом, сопряжение статических и динамических моделей при изучении физиолого-биохимических процессов является весьма эффективным методом познания, так как позволяет достаточно быстро перейти от наглядно-образного типа мышления к обобщенно-образному, а от него к понятийному типу мышления. Сопряженное моделирование как метод познания может использоваться как в иллюстративном, так и в поисковом плане, это зависит от дидактических целей, методологического потенциала разработанных моделей. В настоящем исследовании представлены модели, которые отражают лишь один из этапов хемиосмотической теории, в котором происходит использование энергии протонного градиента для синтеза АТФ из АДФ и P_i .

2.8. КОНСТРУИРОВАНИЕ МОДЕЛИ «ЭМБЛЕМА ЖИЗНИ» КАК ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ МИРА

Овладение метапредметным подходом как современной методологией обучения (познания) возможно лишь в том случае, если его принципы будут применены на практике в форме конкретных метапредметных технологий, которые позволят вывести учителя и ученика к надпредметному основанию. При этом обучающиеся усваивают не только содержание предметной области, но и эффективный метод своей деятельности. Одной из наиболее успешных форм технологии метапредметного обучения является презентация. Презентацию как способ предоставления информации с помощью компьютерных программ можно отнести к *сопряженным* методам познания, который одновременно позволяет вызвать у обучаемых чувственные и интеллектуальные эмоции и на этой основе инициировать и стимулировать внутреннюю положительную мотивацию субъектов к изучаемому материалу.

Продуктивность педагогического взаимодействия в современной образовательной практике во многом обусловлена необходимостью общения учителя со своими учениками на языке информационно-коммуникативных технологий. В настоящем исследовании в качестве эффективной метапредметной технологии формирования биологической картины мира предлагается презентация модели «Эмблема жизни». При конструировании такой презентации каждый студент имеет возможность самостоятельно скомпоновать изучаемый материал, которому, по его мнению, присущи наибольшая иллюстративность и содержательность. При этом у субъекта развивается творческое воображение и фантазия, позволяющие добиться максимального учебного эффекта.

При решении обозначенной проблемы автор настоящей публикации опирался на теоретико-методологические и методические изыскания, в которых анализируются методы и технологии воплощения в учебную практику принципов метапредметности, зафиксированных в Федеральных государственных образовательных стандартах: Ю.В. Громыко [60], А.В. Хуторского [202], С.М. Похлебаева [139], И.А. Третьяковой [170], Т.Л. Блиновой [15], О.В. Коршуновой [87], Н.В. Шарыповой [203] и др. В этих исследованиях достаточно убедительно доказана эффективность метапредметного подхода к обучению разных предметов (дисциплин), как в школе, так и в вузе. Вместе с тем личный многолетний опыт в педвузе позволяют утверждать, что при обучении биологическим дисциплинам обучающихся, в большинстве случаев, не происходит их конструирование вокруг какой-либо мыследеятельностной организованности как метапредметного фундамента для понимания сущности организации и функционирования всех уровней биологической формы движения материи.

Важную роль в решении данной проблемы могут играть исследования, в которых будут приведены конкретные примеры эффективных технологий, позволяющих применить принципы метапредметного подхода на практике. В качестве такой технологии предлагается конструирование презентации «Эмблема жизни». Данная модель может в полной мере выполнять функцию метапредмета, вокруг которого можно формировать не только биологическую, но и научную картину мира в целом.

Вступление человеческой цивилизации в новый постиндустриальный этап своего развития сопровождается нравственным упадком культуры, возникновением глобальных экологических проблем и даже угрозой гибели самого социума. Преодоление этих негативных явлений возможно только на основе нового видения мира и экологического сознания, адекватного практической реальности общественного бытия.

По современным представлениям, ключевая роль в выдвигании новых мировоззренческих ориентиров отводится *интеграции философских и биологических знаний*, на основе которых возможно построение *универсальной картины мира*, которая будет определять истинные ценности, прогрессивное развитие культуры и, в целом, цивилизации. Междисциплинарные исследования взаимодействий философии с биологией позволяют выдвинуть новые жизненные концепции и определить значимость биологии в выдвигании современной мировоззренческой идеи. Такие исследования привели к созданию научного направления, которое обозначено как биофилософия.

Концептуальным ядром биофилософии является понятие *жизни*, которое в наше время приобретает статус многозначной философской категории и основополагающего принципа понимания сущности мира и человеческого существования в нем [204] [курсив наш. – С.П.]. Эту идею всецело поддерживает Б.Д. Комиссаров, подчеркивая, что биология становится лидером естествознания. Поэтому биологическое образование, по мнению данного автора, призвано формировать у обучающихся *понимание жизни* как величайшей ценности [82].

Явление жизни считается самым уникальным и сложным, которое зафиксировано пока только на планете Земля. Поэтому и понятие жизни является во многом абстрактным и трудным для его усвоения обучающимися. По мнению Л.М. Фридмана, при формировании абстрактного понятия целесообразно использовать модель, конкретизирующую это понятие [197].

В своей образовательной практике мы неоднократно проводили исследования с целью выявления у студентов знаний и умений, необходимых для конструирования модели, отражающей сущность понятия жизни. Результаты таких попыток не утешительны: студенты слабо владеют моделированием как общенаучным методом познания, а знания их о сущности жизни, в основном, находятся на эмпирическом уровне.

М.Ю. Королев выделяет две основные причины, по которым студенты естественнонаучных и математических направлений слабо владеют методом моделирования: 1) «Применение этого метода происходит с малой эффективностью; в процессе обучения используются, преимущественно, объяснительно-иллюстративные методы; 2) существующая методика направляет деятельность студента, в основном, на запоминание теоретического материала, она не позволяет в полной мере раскрыть все многообразие реализации метода моделирования в учебном процессе вуза» [85, с. 5].

Стратегия преодоления подобной негативной ситуации обозначена в работах Л.М. Фридмана, который констатирует, что любая модель обладает свойством наглядности не только для разработчика этой модели, но и «для любого другого человека, который понял сущность данной модели и тем самым как бы стал ее создателем» [197, с. 92].

Опираясь на это положение, мы предлагали студентам прокомментировать сущность и значимость сконструированной нами модели под названием «Эмблема жизни». Практика показала, что комментарий сущности этой модели был поверхностным, и особых чувственных и интеллектуальных эмоций предложенная модель у них не вызывала.

Учтя этот опыт, мы предложили обучающимся свой вариант технологии для усвоения (понимания) сущности обозначенной выше модели. Суть этой технологии заключалась в выполнении каждым студентом следующих заданий:

1. Индивидуально осуществить *анализ* двух статей, в которых описана методология и методика конструирования модели «Эмблема жизни» (рис. 1) [135] и ее роль в формировании биологической картины мира [170].

2. *Выделить* философские, естественно-научные и биологические принципы и подходы, которые были положены в основу данной модели. Показать *логическую связь* между ними.

3. Обозначить фундаментальные естественно-научные понятия, которые раскрывают сущность живого.

4. Выделить биологически активные молекулы. Отметить их структурные *особенности* и *уникальные функции*.

5. Сопроводить выделенные понятийные выражения соответствующими *образами* и *знаками*.

6. Составить понятийный словарь основных терминов, используемых в статье.

7. Составить презентацию, которая явится *обобщением* проделанной работы студента.

8. Авторскую презентацию представить (*прокомментировать*) на зачетном занятии.

При конструировании этой модели автор статей руководствовался методологией, зафиксированной в учении о понятии Ф. Энгельса, т.е. отталкивался от единичного, находил особенное и открывал (конструировал, отображал) всеобщее. Обучающиеся, используя тексты этих статей, в которых описывалась модель, шли противоположным путем: от всеобщих принципов организации модели и ее общей формы переходили к основным ее блокам. Конкретизировали их элементы, используя дополнительные ресурсы интернета, выявляли их особенные и уникальные свойства, и уже затем понимали (осознавали) всеобщую значимость авторской модели.

Для понимания особенных свойств отдельных элементов модели обучающимся предлагалось, используя информацию интернета, выявить материальные основы этой уникальности. Так, например, для того чтобы понять «логику» природы, руководствуясь которой, она выбрала в качестве основного субстрата жизни белки, необходимо было выявить их

многообразные свойства (функции), понять сущность уникального принципа их организации (принципа биополимеризации), обеспечивающего синтез этого огромного разнообразия белков. Это, в свою очередь, обуславливало необходимость изучить (понять) особенности строения и свойств мономеров белка – аминокислот. Выявить их функциональные группы (карбоксильную и аминогруппу), присущие всем 20 аминокислотам, участвующим в биосинтезе всех белков любого живого организма нашей планеты. Изобразить реакцию синтеза димера из двух разных аминокислот и написать к ней комментарий. Зафиксировать основные результаты такой деятельности в презентации. Подобная работа проводилась каждым студентом и в отношении других (основных) элементов модели: ДНК, хлорофилла и АТФ и др.

В отношении структуры двухцепочечной молекулы ДНК студенты фиксировали ее общее строение, уникальный принцип ее организации – биополимеризацию. Выделяли четыре мономера (аденин, тимин, гуанин и цитозин), рассматривали их состав (строение), определяли тип связей (ковалентные) между мономерами в одной цепи данной молекулы, устанавливали тип связей (водородных) между комплементарными нуклеотидами дочерних цепей молекулы (Т–А; Г–Ц). Фиксировали особенности и значимость свойств ковалентных и водородных связей. Понимание уникального строения молекулы ДНК позволило студентам осмыслить и такое уникальное свойство (процесс) данной молекулы, как редупликация, обеспечивающая точное копирование генетической информации и передачу ее от поколения к поколению. При рассмотрении механизмов биосинтеза белков и редупликации ДНК студенты должны были выяснить, какой тип химических реакций характерен только для живых систем (реакция матричного синтеза).

В ходе химической эволюции данные биополимеры взаимодействовали друг с другом. Этот важный момент отражен в модели. Дезоксирибонуклеиновая кислота кодирует информацию обо всех белках клетки, в том числе и белке – ферменте (ДНК-зависимой ДНК-полимеразе), который катализирует редупликацию (самоудвоение) этой молекулы. На основе подробного взаимодействия, в процессе эволюции, формировались сопряженные системы с обратной связью, сыгравшие ключевую роль при переходе от неживых систем к живым системам. Механизм сопряжения, по-видимому, можно рассматривать как один из принципов обратной связи, который является универсальным для всех живых систем, и своего рода методологией выявления сущности их организации и функционирования.

Ключевую роль в преобразовании энергии квантов света в энергию химических связей органических веществ играют молекулы хлорофилла. В упрощенном виде молекула хлорофилла представлена в рассматриваемой модели. Уникальные свойства хлорофилла – как оптического и химического сенсбилизатора – также обусловлены строением его молекулы. При рассмотрении молекулы хлорофилла студенты выделяли ее главный компонент – порфириновое кольцо, в основе которого лежит 18-членная сопряженная система чередующихся одинарных и двойных связей. Эта уникальная структура обуславливает данной молекуле три главных функции: 1) поглощать избирательно энергию сине-фиолетовых лучей и части красных лучей, 2) запасать ее в форме энергии электронного возбуждения; 3) использовать энергию электронного возбуждения для синтеза важнейших энергетических эквивалентов клетки – АТФ и $\text{NADPH}+\text{H}^+$.

Универсальный аккумулятор энергии всех организмов на нашей планете – АТФ – также имеет место в модели. При рассмотрении структуры данной молекулы обучающиеся отмечают, что она относится к мононуклеотидам. Фиксируют особенности (свойства) данной молекулы: 1) энергия, заключенная в макроэргических связях данной молекулы характеризуется лабильностью, время ее существования – 2–3 минуты; 2) уникальность данной формы энергии состоит и в том, что она может преобразовываться во все формы энергии (тепловую, физическую, физико-химическую, химическую, световую, механическую и др.), которые необходимы живому организму.

Анализ важнейших биологически активных молекул позволил студентам сделать вывод, что функционирование любой клетки возможно лишь на основе многочисленных *сопряженных превращений вещества, энергии и информации*.

Кроме того, в презентации студенты отразили структуру и функции мембран, основных органелл, биосферный уровень организации живого и природоохранные мероприятия.

Таким образом, при подготовке презентации модели «Эмблема жизни как эффективное средство формирования научной картины мира» обучающиеся осуществляли практически все этапы деятельности, которые в свое время проделывали авторы этой модели. Именно через эту деятельность они осознавали значимость и уникальность каждого из элементов и модели в целом. При этом они применяли метод моделирования как рациональный общенаучный метод познания и как учебное средство для достижения многих дидактических целей.

При конструировании индивидуальной презентации каждый студент на практике применял три важнейших подхода: системный, деятельностный и личностный, которые положены в основу Федеральных государственных образовательных стандартов. Данные подходы обладают существенным методологическим потенциалом, но как всякие абстракции значительного уровня обобщения обуславливают необходимость их применения при изучении конкретных объектов и явлений бытия. Одним из эффективных методов деятельности, в которых реализуются все три этих подхода, является моделирование. Особую значимость моделирование имеет по созданию образно-знаковых моделей высокого уровня интеграции, сопрягающих элементы теоретичности и образности. В нашем исследовании роль такой модели, сопрягающей элементы образности и теоретичности, выполняла «Эмблема жизни». При конструировании презентации к этой модели субъекты обучения осознавали ее сущность, углубляя при этом содержание понятия «жизнь», которое, в рамках биофилософии, рассматривается не только как ядро биологической, но и современной общенаучной картины мира в целом.

2.9. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ СОПРЯЖЕННЫХ ПОНЯТИЙ «ФОРМА И СОДЕРЖАНИЕ» В КУРСАХ ФИЗИКИ, ХИМИИ И БИОЛОГИИ

Вся организация живого естественно-научно может быть интерпретирована как результат протекания эволюционного процесса. При этом нужно специально рассмотреть вопрос об уровнях организации живого на Земле как одного из важнейших результатов эволюции. Для этого, по мнению Н.В. Тимофеева-Ресовского, необходимо выделить два основных подхода: во-первых, необходимо рассмотреть живое само по себе, феноменологически попытаться выделить определенные ступени или уровни организации жизни; во-вторых, неизбежно рассмотрение живого как важнейшего элемента в среде протекания процесса эволюции [167]. В этой связи задача теоретической биологии, подчеркивает Э. Баур, заключается «именно в стремлении найти *законы движения живой материи* и при их помощи *объяснить закономерности различных форм их проявлений при различных условиях*» [цит. 19, с. 26] (курсив наш. – С.П.).

Рассматривая *взаимодействие как основу каждой формы движения*, необходимо иметь в виду не воздействие друг на друга отдельных частиц, составляющих элементарный акт, входящий в данную форму движения как

исходную по отношению к ней низшую форму движения, а *совокупное взаимодействие всех элементов*, из которых образуется система тел как носитель изучаемой нами формы движения. В соответствии с этим, по мнению Б.М. Кедрова, «специфику форм движения «надо искать в характере и типе того взаимодействия (*сопряжении – прим. автора*), благодаря которому образовался данный вид материи, играющий роль специфического носителя данной *формы движения*» [79, с. 169].

Взаимодействие содержания и формы – типичный случай взаимоотношения диалектических противоположностей, характеризующихся как единством содержания и формы, так и противоречиями и конфликтами между ними. «Единство содержания и формы относительно, преходяще, в ходе развития неизбежно возникают конфликты и противоречия между ними. В результате появляется несоответствие между содержанием и формой, которое, в конечном счете, разрешается «сбрасыванием» старой и возникновением новой формы, адекватной изменившемуся содержанию» [194, с. 434–435]. Данный пример свидетельствует о фундаментальности и адекватности диалектической теории развития материи.

Приведенные рассуждения позволяют констатировать, что эволюция физической, химической и биологической форм движения материи во многом обусловлена как *количественными составляющими* (разнообразием элементов структуры), так и *специфическими связями*, объединяющими эти элементы в целостные системы, придавая им те или иные *формы*, а, следовательно, и функции (свойства), благодаря которым неживые и живые системы могут в определенной степени соответствовать тем или иным условиям внешней среды, и при взаимодействии с ней изменять *свою форму* либо по пути регресса, либо совершенствования.

Таким образом, общие закономерности эволюции природных объектов очень четко высвечиваются при анализе таких важнейших их характеристик, как *форма и содержание*. Являясь противоположными по существу, и взаимодействуя друг с другом, они определяют *бесконечное развитие объектов* по пути их упрощения или усложнения. В основе механизма этих изменений лежит *закон перехода количественных изменений в качественные*. Вектор направленности по пути прогресса или регресса определяется законом отрицания отрицания.

Диалектическая пара категорий «*форма и содержание*», отражающая общие закономерности развития природных объектов, имеет большое значение и в *образовательной области*, так как, по выражению

П.В. Копнина, «движение мысли состоит в развитии познавательного образа, в движении от незнания к знанию» [84, с. 166]. Данная закономерность может служить методологической основой для изучения естествознания в целом, и курса биологии в частности. Конкретизация этой идеи может быть осуществлена при разработке *образно-знаковых моделей высокого уровня интеграции*. Наиболее высокий уровень интеграции эти модели могут иметь в курсе биологии, которая изучает самую высокоорганизованную (из природных) форму движения материи – биологическую, заключающую в себе «в скрытом виде» своих генетических предшественников – физическую и химическую формы движения.

Для выяснения любой проблемы, связанной с *моделированием* как методом познания, в частности, знаковым, педагогическая наука опирается на философские и психологические теории, так как *сущность понятий о модели, знаке, знаковых системах и моделях* раскрывается, прежде всего, в *рамках философского и психологического знания*.

Под знаком чаще всего понимают «материальный, чувственно воспринимаемый предмет (явление или действие), выступающий в процессе познания и общения в качестве представителя (заместителя) другого предмета или явления и используемый для приема, хранения, преобразования и передачи информации об этом замещенном предмете или явлении» [53, с. 39]. Быть знаком – это не естественное свойство какого-либо предмета, а функциональное: «... *знак есть то, что имеет значение*. ... Значение есть единица сознания. ... Значение – это обобщение, обобщенное отражение действительности» [103, с. 228] (курсив наш. – С.П.).

Выполняя представительную функцию, знак вступает в двойное отношение: к объекту, который он замещает, и к субъекту, по отношению к которому он является средством косвенного приобретения знаний о представленном объекте. Это двойственное отношение позволяет выделить в знаке две его стороны: *материальную форму и значение* [там же, с. 3]. Следовательно, материальная структура знака имеет значение и вместе с ним составляет знак.

Важнейшей особенностью знаков является воплощение в них единства *коммуникативной, познавательной и экспрессивной функций*. *Познавательная функция* связана с *обобщающим характером знаков* (опираясь на знаки, субъект выделяет *внутренние, существенные связи* явлений действительности), а также с их «орудийным» употреблением (использование знаков в рамках естественного и искусственного языка служит средством

развития знания). *Коммуникативная функция* реализуется за счет того, что предметное значение языкового знака является более или менее единым для всех людей, владеющих данным языком. *Экспрессивная функция* обеспечивается тем, что знаки выражают не только **мысленное содержание**, но и **чувства, побуждения человека**, употребляющего знак [30].

В теории познания всякое *значение* интерпретируется как субъективный образ объективной действительности. Познавательный образ понимается как любой элемент знания, несущий содержательную информацию о некотором классе объектов. Образы подразделяются: на *чувственные* и *концептуальные (понятийные)*. Первые отражают свойства предметов действительности, непосредственно воздействующих на **органы чувств** человека, вторые – наиболее общие и *существенные связи* и отношения объективного мира, раскрываемые *средствами абстрактного (рационального) мышления*.

В настоящее время *проблема формирования образа* в психологии становится центральной. По выражению Р. Хольта, «образы возвращаются из изгнания». Это приводит к необходимости пересмотра роли и функций, отводимых в теории обучения *чувственному познанию*, разработки и внедрения в практику обучения методов его организации. В процессе изучения объектов и явлений природы в педагогической деятельности должно быть заострено внимание на том, что *образы должны с самого начала формироваться правильно*, без искажения отражаемой действительности. В противном случае ломка сложившегося образа оказывается большинству школьников и даже студентов не под силу. В этой связи В.Ф. Венда подчеркивает, что создание образа происходит по типу целенаправленного процесса, для возникновения которого перед перерабатывающим информацию *необходима постановка задачи, решение которой требует его формирования*. Настоящее эвристическое познавательное значение знаков начинается тогда, когда *между единичными знаками устанавливается связь*, в результате чего образуются так называемые *системные или комплексные знаки*.

Специфику модели как средства познания очень образно и в то же время точно подметил В.А. Штофф, говоря о том, что через пропасть между эмпирическим и формальным уровнями «переброшен мост» в виде модели. Модель, по его мнению, связывает теоретические и эмпирические знания об объекте исследования и поэтому наиболее полно отражает его сущность [207]. Обобщая результаты исследований в области моделиро-

вания, Н.М. Певин и Р.Д. Певина дают следующую характеристику знаковой модели: «... знаковая модель, имеющая прототип в окружающем лице, представляет собой систему, включенную в познавательную деятельность ученика и содержащую следующие элементы с их контекстами: материальная форма знака; смысловое значение знака; фрагменты реальной действительности, свойства которых отражены в изучаемом понятии. Под контекстами понимаются всевозможные связи и отношения между знаковой формой и другими знаками системы, условиями их применения, эмоциями, которые они вызывают у ученика, подготовленностью последнего к ее восприятию, его умственными способностями и так далее» [127].

В истории педагогики *чувственное познание* рассматривалось в связи с обоснованием принципа наглядности. Поэтому, и в настоящее время, считают, что основное *предназначение чувственного образа* в познавательной деятельности ученика состоит **в иллюстрации изучаемых понятий**. Данное положение является основанием для разработки таких моделей, в которых отражена не только *эволюция форм природных объектов (образов)*, но и параллельно *эволюция понятий*, в которых заключена сущность этих образов. Такой методологический прием позволит относительно быстро перейти *от образного мышления к понятийному виду мышления* как фундаменту *рационального познания*.

Образно-знаковые модели позволяют обобщить и выявить сущность того или иного класса объектов и явлений в чистом виде. Однако это не является самоцелью, а служит лишь основой для применения этих общих знаний на практике. Отсюда следует, что *в процессе познания теоретический и эмпирический уровни должны постоянно взаимодействовать*, чтобы решать двуединую задачу: выявить сущностные связи исследуемых объектов и явлений и использовать эти знания применительно к реальным объектам, с целью управления ими в данный момент и прогнозирования путей их развития в будущем. В противном случае, знания обучающихся останавливаются на модели, остаются формальными и они не смогут их применять на практике.

Учитывая вышесказанное, нами предпринята попытка создания образно-знаковой модели *высокого уровня интеграции* под названием «Эволюция форм в неживой и живой природе», в которой отражены основные формы движения материи (уровни организации) и их эволюция в процессе развития природы на примере растительного организма (рис. 22).

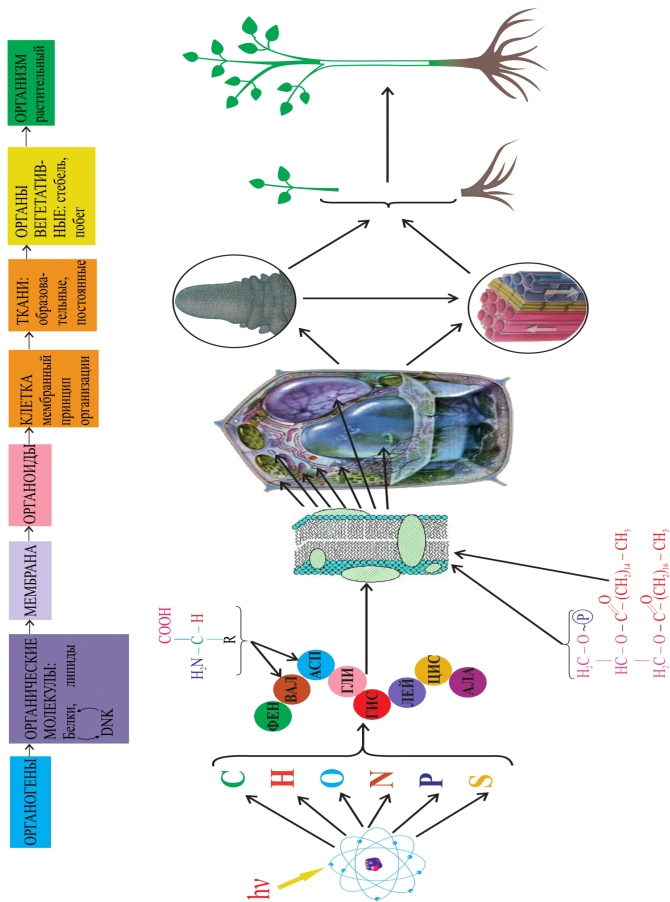


Рис. 22. Эволюция форм в неживой и живой природе

Особенностью данной модели является и то, что в ней **сопряжены** символы в виде образов и знаков (*форм*) с терминами (*понятиями*), которые в сжатом виде закрепляют сущность (*содержание*) этих форм. Сочетание таких принципов, которые положены в основу предлагаемой модели помогает школьникам и студентам относительно быстро и эффективно осуществить логический переход от наглядно-образного к обобщенно-образному, а от него к понятийному виду мышления. При создании данной

модели использованы не только известные теоретические положения, но и многолетний практический опыт работы автора со школьниками и студентами. Практика показывает, что не только школьники, но и даже студенты очень часто затрудняются выделить основные элементы при изучении той или иной природной структуры (*формы*), не говоря уже о создании ими интегративной образно-знаковой модели, отражающей структурную или функциональную взаимосвязь различных форм движения материи, изучаемых в курсах физики, химии и биологии.

Важнейшими недочетами в подготовке школьников и студентов являются такие как: неумение использовать сущность электронной теории вещества для объяснения свойств атомов – органоенов, а также для объяснения сущности физиолого-биохимических процессов (***фотосинтеза, дыхания*** и др.), которые лежат в основе строения и функционирования биологической формы движения материи; незнание общих принципов организации органических молекул, и прежде всего биополимеров – белков и нуклеиновых кислот, а также липидов, углеводов и органических кислот; затруднения, связанные с определением основных структур большинства органелл клетки, которыми являются биологические мембраны и, как следствие, незнание общего биологического принципа организации клетки – мембранного. Очень часто школьники и студенты не могут выделить самые большие группы тканей. Они путают в отношении этих структур родовые и видовые понятия. Так, например, они относят к одному рангу образовательные (меристемы) и постоянные ткани, которые являются главными группами тканей у растений, и покровные, проводящие, – которые являются разновидностью постоянных тканей. К сожалению, приходится констатировать, что даже на уровне растения не только школьники, но и студенты зачастую делают ошибки при выделении основных вегетативных органов растения, относя лист к главным органам растительного организма.

Наличие такой негативной ситуации в естественно-научном образовании детерминировано тем, что при изучении природных объектов в курсах физики, химии и биологии между ними не устанавливаются логические мостики в виде *образных моделей высокого уровня интеграции*. Отсутствие таких моделей не позволяет установить первые ассоциативные связи в мозге обучающихся между изучаемыми структурами на уровне образов (*форм*), которые в дальнейшем должны быть основой для установления более глубоких абстрактных связей на уровне понятий (*содержания*).

Приведенные краткие теоретические выкладки позволяют констатировать, что современный уровень развития философии, психологии, педагогики, методики, а также естественных дисциплин позволяет вооружить каждого человека целым арсеналом *универсальных методов* и средств познания объектов и явлений в любой сфере деятельности, в том числе и в сфере образования. Вместе с тем практика показывает, что востребованность научных методологий в нашем обществе все еще остается крайне низкой. Одна из причин данного явления, по-видимому, кроется в том, что даже в образовании, которое является проекцией науки, научные методологии не находят широкого применения не только *в школе*, но и *в вузе*. Подтверждением этому являются исследования как современных психологов, так и методистов. Так, по мнению Л.М. Фридмана, «содержанием обучения в вузе является вчерашний день развития соответствующих наук, т.е. уже известные, устоявшиеся положения, факты и теории этих наук» [198, с. 121]. В то время как «в высшем образовании должны получить приоритет методологические основы содержания обучения, овладение студентами основными познавательными средствами, методами и приемами изучаемых наук с тем, чтобы создать необходимую базу для непрерывного самообразования и самосовершенствования. И лишь на базе методологических основ в учебных предметах вуза должно изучаться все остальное содержание обучения как конкретизация и реализация этих основ» [там же].

Разделяет это мнение и академик РАО А.В. Усова, которая подчеркивает, что зачастую кафедры преподают, а студенты изучают каждую дисциплину фактически *автономно*. Преобладает чисто «предметное», информационное, а не методологическое образование, *элементарный, а не системный подход к обучению профессиональной деятельности*. «В преподавании всех предметов важным методологическим компонентом является *ознакомление студентов с методами общенаучного познания и спецификой методов исследования, применяемых в изучаемой науке: построением гипотез, проектированием моделей, наблюдением, экспериментом, систематизацией и обобщением*» [187, с. 70].

Среди общенаучных методов познания особое значение в развитии рационального познания имеет *метод моделирования*. «Он обладает огромной эвристической силой, ибо с его помощью удастся свести изучение сложного к простому, невидимого и неосязаемого к видимому и осязаемому, незнакомого к знакомому, т.е. сделать любой, какой угодно сложный объект доступным для тщательного и всестороннего изучения» [197, с. 89].

Модель в определенной степени *сопрягает* в себе элементы *формы* и *содержания* изучаемого объекта и делает сущность наглядной. При моделировании реализуется методологическая сущность такой сопряженной диалектической пары категорий, как «форма и содержание», которая позволяет развивать *рациональное мышление* по принципу перехода от чувственного восприятия к мысленному созерцанию, а от него к рациональному познанию.

2.10. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ УГЛЕВОДНОГО МЕТАБОЛИЗМА РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ КАК СОПРЯЖЕННОЙ СИСТЕМЫ

Категории диалектического материализма, раскрывающие всеобщие свойства и законы движения материи, выполняют функции мировоззрения и методологии естествознания. При изучении конкретных объектов и явлений природы эти категории должны быть уточнены (конкретизированы) на основе достижений современной науки, для того чтобы более эффективно использовать их методологический потенциал.

Разбор состояния естественно-научных знаний дает основания для констатации, что для понимания сущности организации и функционирования материальных объектов центральную роль играет категория взаимодействия. Взаимодействие как атрибут материи также неисчерпаемо, как и само движение. Из этого следует, что каждой конкретной форме движения материи соответствуют особые типы взаимодействия между ее элементами, обуславливающими ее качественные особенности.

При изучении углеводного метаболизма приоритет был отдан одной из внутренних сторон взаимодействия, которая нами была обозначена как естественно-научная категория сопряжения, отражающая сущность возникновения качественно новых материальных структур и свойств. В основе метаболизма лежит совокупность химических (биохимических) реакций, обеспечивающих клетку и в целом организм разнообразными органическими веществами и энергией, которые используются для жизнедеятельности, роста, развития и самовоспроизведения. Условно химические реакции принято группировать и на этой основе выделять частные метаболизмы, такие как углеводный, белковый, липидный, нуклеиновый и др. Следует отметить, что в учебной и вузовской литературе при изучении клетки чаще всего вместо понятия «метаболизм» используют понятие «обмен веществ». Такая подмена понятий не правомерна и ошибочна.

Уникальность и значимость углеводного метаболизма (обмена) определяется его вещественным составом. Самым распространенным моносахаридом является D-глюкоза. Ее значимость определяется тем, что она служит основным типом клеточного топлива у большинства организмов, а также мономером для большинства полисахаридов, которые, в свою очередь, являются важными компонентами жестких стенок растительных и бактериальных клеток и мягких оболочек животных клеток. Эти оболочки выполняют не только защитную функцию, но и участвуют в важнейших биологических процессах. Наиболее распространенными полимерами, мономером которых является D-глюкоза, являются целлюлоза, которая служит основным компонентом одревесневших тканей растений и крахмал, как запасное клеточное топливо. По мнению А. Ленинджера, количество углеводов в биосфере больше чем всех остальных органических соединений, вместе взятых [97].

Для выявления сущности углеводного метаболизма растительной клетки как сопряженной системы нами сконструирована модель, в которой отражена сущность и взаимосвязь двух его звеньев: фотосинтеза, как основы анаболизма и дыхания – основы катаболизма (рис. 23).

В представленной модели можно выделить два вида сопряжения. *Первый вид сопряжения* имеет место между веществом и энергией в процессе их преобразования как при фотосинтезе, так и при дыхании. В этих процессах происходит поэтапное преобразование вещества, которое тесно сопряжено с преобразованием энергии. Механизмы этих преобразований схожи как в отношении превращения вещества, так и в отношении превращения энергии. Отличие заключается лишь в том, что они имеют противоположную направленность. В процессе фотосинтеза неорганических веществ образуются органические вещества и выделяется кислород, в то время как в процессе дыхания органические вещества взаимодействуют с кислородом, в результате чего образуются неорганические вещества – углекислый газ и вода. Вместе с тем промежуточные метаболиты дыхания и энергия в форме АТФ используется во всех других метаболизмах клетки – белковом, липидном, нуклеиновом и т.д.

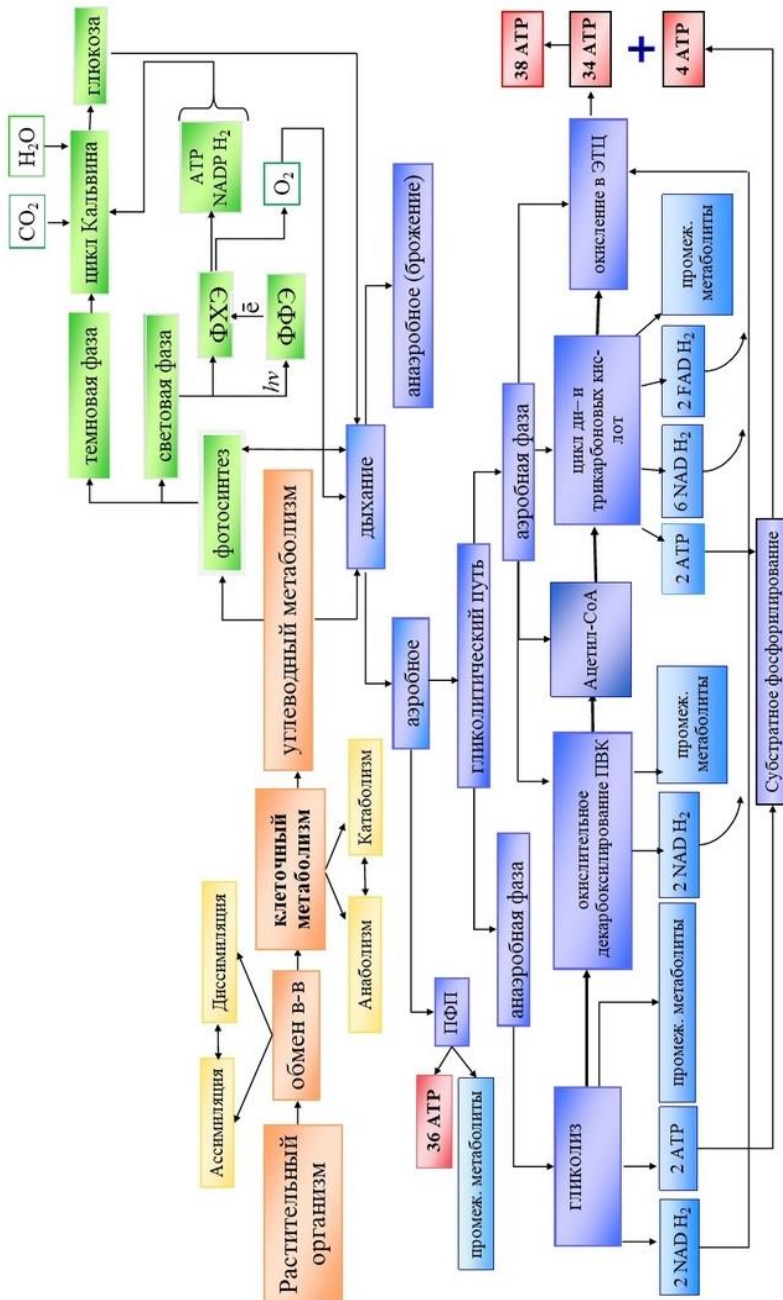


Рис. 23. Фотосинтез и дыхание – сопряженные звенья углеводного метаболизма

Второй вид сопряжения проявляется в том, что фотосинтез и дыхание могут в определенных условиях обмениваться как важнейшими энергетическими эквивалентами – ATP, NADPH (NADH), так и промежуточными метаболитами. В наибольшей степени это проявляется на первых этапах онтогенеза растений (при прорастании семян), когда гетеротрофный тип питания сменяется автотрофным. Для такого перехода растению необходимо сформировать фотосинтетический аппарат, основой которого служат промежуточные метаболиты и энергетические эквиваленты – ATP, NADH, изначально поставляемые дыханием. Вместе с тем значительная часть клеток растительного организма (стеблей, корней) по типу питания являются гетеротрофами, и для своего роста и развития они используют органические вещества (в определенных условиях и энергетические эквиваленты), синтезируемые в процессе фотосинтеза.

Основные блоки модели выделены разным цветом, что позволяет обучающимся сосредоточить внимание на сущности и особенностях каждого из них, а также конечных продуктах данного этапа, которые послужат материальной основой для преобразования вещества и энергии на последующих этапах клеточного метаболизма.

В первом блоке (выделен розовым цветом) отражена взаимосвязь и иерархия важнейших общебиологических понятий, одни из которых следует использовать при изучении целостного растительного организма («обмен веществ», «ассимиляция», «диссимиляция»). Другую триаду понятий («метаболизм», «анаболизм», «катаболизм») следует применять при изучении физиолого-биохимических процессов на клеточном уровне.

Во втором, основном блоке модели, в общих чертах раскрывается сущность преобразования вещества и энергии в двух взаимосвязанных звеньях углеводного обмена растительной клетки. Основным звеном данного обмена является фотосинтез, который, как уже указывалось выше, является не только основой анаболизма для растительной клетки, но и для всех организмов на нашей планете (кроме хемосинтетиков). Особенность фотосинтеза заключается не только в аспекте его биосферной значимости как поставщика органических веществ и кислорода для всех живых организмов на нашей планете, но и в плане его сложности. В основе этого уникального биологического процесса лежат физические и химические превращения, обеспечивающие трансформацию вещества и энергии как внутри фотосинтетического аппарата, так и между хлоропластами и окружающей средой.

В модели обозначены две фазы фотосинтеза (световая и темновая), в которых происходит превращение вещества и энергии. Световая фаза включает два этапа. На первом этапе – фотофизическом – происходит преобразование внешней неустойчивой формы энергии в виде квантов света во внутреннюю энергию электронного возбуждения. На втором этапе – фотохимическом – энергия электрона тратится на синтез таких энергетических эквивалентов, как АТФ и NADPH. Кроме того, на данном этапе происходит фотоокисление воды и выделение свободного кислорода. Энергетические эквиваленты фотохимического этапа используются в темновой фазе фотосинтеза (цикле Кальвина). Энергия АТФ тратится на активацию промежуточных метаболитов цикла Кальвина. В то время как NADPH используется как донор водородов для восстановления углерода углекислого газа до углерода углеводов. В итоге, в цикле Кальвина происходит образование глюкозы из углекислого газа и воды, поглощенными из окружающей среды, при участии продуктов световой фазы – АТФ и NADPH.

Глюкозу, как один из важнейших продуктов фотосинтеза, необходимо рассматривать как резерв энергетического и пластического материала. Как уже отмечалось, она служит мономером для образования полисахаридов (например, целлюлозы), используемых для построения клеточных стенок. Химические связи глюкозы (особенно между углеродом и водородом) содержат много энергии, однако они достаточно устойчивы и их энергия не может быть непосредственно использована на процессы жизнедеятельности клетки. Кроме того, для роста и развития растительной клетки необходимы и такие важнейшие соединения, как белки, липиды, нуклеиновые кислоты и т.д. Данная проблема разрешается во втором звене углеводного метаболизма – дыхании.

Растительные клетки содержат два набора ферментов – аэробного и анаэробного (брожения) дыхания. В нормальных условиях конечные продукты фотосинтеза – глюкоза и кислород – используются в аэробном дыхании, которое может протекать по двум путям – гликолитическому и пентозофосфатному, тесно связанным между собой. Приоритет того или другого пути дыхания детерминируется «запросами» клетки на конкретные промежуточные метаболиты. Основным путем аэробного дыхания все же считается гликолитический, в котором выделяют две фазы анаэробную и аэробную. Анаэробная фаза включает один этап – гликолиз, где происходит поэтапное окисление глюкозы до двух молекул пировиноградной кислоты. Энергия, которая при этом освобождается,

тратится на синтез АТФ (субстратное фосфорилирование) и NADH. Последний энергетический эквивалент уходит в электронтранспортную цепь (ЭТЦ), где окисляется. Энергии окисления одной молекулы NADH хватает для синтеза трех молекул АТФ из ADP и P_i. Данный процесс носит название окислительного фосфорилирования. Энергетический баланс гликолиза составляет 8АТФ. Промежуточные метаболиты данного этапа могут использоваться для синтеза жиров, белков и других органических веществ, необходимых для роста и развития клетки и целого растения.

Конечный продукт гликолиза 2ПВК поступает в аэробную фазу, включающую три последовательных этапа: окислительного декарбоксилирования, цикл ди- и трикарбоновых кислот (цикл Кребса) и окисление в ЭТЦ. На первом этапе происходит окисление 2ПВК при участии 2NAD, в результате образуется 2NADH, который также поступает в ЭТЦ. Выделившаяся при окислении энергия этих молекул используется для синтеза 6АТФ. Помимо отнятия водорода от 2ПВК происходит и отнятие двух молекул углекислого газа (декарбоксилирование). Оставшееся двухуглеродное звено – ацетил – реагирует с коэнзимом А (CoA), в результате чего образуется ацетил-CoA. Это центральный промежуточный метаболит аэробного дыхания, через который происходит синтез и распад более 60-и соединений.

Окончательное окисление двух молекул ацетил-CoA происходит в цикле Кребса. Энергия этого окисления используется для синтеза 2АТФ (субстратное фосфорилирование), 6NADH и 2FADH. Сами молекулы распадаются до углекислого газа и воды. Энергетические эквиваленты – 6NADH и 2FADH окисляются в ЭТЦ. При окислении 6NADH освобождается энергия, которой достаточно для синтеза 18 молекул АТФ. В то время как при окислении 2FADH энергии освобождается меньше, ее хватает только для синтеза 4АТФ. Цикл Кребса не является замкнутой системой. Его промежуточные продукты окисления – различные органические кислоты – могут выходить из цикла и использоваться для синтеза белков, пигментов, гормонов и т.д.

Суммируя значимость всех этапов гликолитического пути дыхания, можно констатировать, что на этом этапе происходит синтез 38 молекул АТФ. Из них 4АТФ синтезируется за счет механизмов субстратного фосфорилирования и 34АТФ – за счет окислительного фосфорилирования. Кроме того, промежуточные метаболиты данного пути дыхания являются основой для синтеза белков, липидов, фитогормонов, пигментов, вторичных веществ и др.

Весьма значимым является и второй путь аэробного дыхания – пентозофосфатный, который протекает в цитоплазме и хлоропластах. Такая локализация данного пути дыхания неслучайна. Промежуточные продукты этого пути дыхания и промежуточные продукты гликолитического пути дыхания, а также цикла Кальвина взаимозаменяемы. Это является одним из доказательств, что клеточный метаболизм функционирует как сопряженная система.

В конструированной модели этапы пентозофосфатного пути не представлены подробно. Это сделано преднамеренно, чтобы избежать перегрузки модели информацией. Вместе с тем в модели отражены конечные продукты данного пути дыхания – АТФ и промежуточные метаболиты. Они свидетельствуют о том, что в энергетическом аспекте пентозофосфатный путь поставляет 36АТФ и практически не уступает по энергетическому показателю гликолитическому пути дыхания, при котором образуется 38 АТФ. Не менее значимыми являются и промежуточные метаболиты данного пути – пентозы, которые являются составной частью нуклеотидов. Нуклеотиды служат мономерами для таких важнейших биополимеров, как ДНК, РНК. Кроме того, на их основе синтезируются и такие биологически активные соединения, как АТФ, NADP, коэнзим А и фитогормон цитокинин.

Таким образом, представленная модель выполняет методологическую и методическую функцию при осмыслении субъектами обучения углеводного метаболизма растительной клетки как сопряженной системы. С точки зрения превращения вещества и энергии данный обмен создает материальную и энергетическую основу для других метаболизмов (белкового, липидного, нуклеинового и т.п.). Осмысление взаимосвязей между отдельными метаболизмами во многом обуславливает понимание сущности живого на клеточном уровне его организации.

2.11. МЫСЛЕННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ КАК СОПРЯЖЕННЫЙ МЕТОД РАЦИОНАЛЬНОЙ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ФОТОСИНТЕЗА

Формирование методологической культуры у школьников и студентов является одной из приоритетных задач современного образования. Об этом свидетельствуют результаты международного исследования качества математического и естественно-научного образования TIMSS. В тех странах, где уделяется усиленное внимание вопросам методологии научного познания, качество подготовки обучающихся по математике и естествознанию значительно выше [112].

К настоящему времени более разработанной (в сравнении с частно-научной методологией) оказывается общенаучная методология, в рамках которой достаточно широко исследованы *системный (системно-синергетический) подход и метод моделирования*. Несмотря на достаточно глубокие теоретические исследования и полученные результаты в этой области, практическое применение системного подхода и моделирования как методов научного познания, особенно в области школьного образования, является эпизодическим и не приносит ощутимых результатов на пути повышения качества знаний обучающихся. Это обусловлено как минимум двумя причинами: 1) значительная часть учителей не понимают *сущности* данных методологий и их иерархической связи с другими методами познания; 2) учителя не имеют должных навыков и умений для конкретизации данных методологий, которые должны быть положены в основу преподавания (изучения) специальных дисциплин, т.е. таких методов познания, которые будут использованы при изучении данного курса, его раздела, темы. В итоге, системный подход и метод моделирования лишь декларируются в школьной практике обучения, а по этой причине и не приносят ощутимых результатов.

Подобная ситуация имеет место и в высшем образовании, где, как указывает Л.М. Фридман, содержанием вузовского обучения является вчерашний день соответствующих наук, т.е. уже устоявшиеся положения, факты и теории этих наук. В то время как «...в высшем образовании должны получить приоритет *методологические основы содержания обучения*, овладение студентами основными познавательными средствами, методами и приемами изучаемых наук, с тем чтобы создать необходимую базу для непрерывного самообразования и самосовершенствования» [198, с. 121] (курсив наш. – С.П.).

Из указанных выше общенаучных методологий особенно слабо используется *метод моделирования*. Результаты массовых обследований свидетельствуют, что наши школьники и даже студенты имеют весьма смутные и ограниченные представления о моделировании и моделях. Хотя «... результаты психологических исследований показывают, что явное знакомство учащихся с модельным характером науки, с понятиями моделирования и модели не только способствует формированию у них правильного научного мировоззрения, не только обогащает их методологический аппарат, но и существенно меняет отношение школьников к учебным предметам, к учению, делает их учебную деятельность более осмысленной и продуктивной» [там же, с. 91].

Моделирование как метод научного познания в настоящее время востребован как никогда ранее. Это детерминировано двумя обстоятельствами: переходом науки и, прежде всего, естествознания к изучению глубинных свойств различных форм движения материи; разработкой философами и методологами теоретико-методологических основ моделирования, выявлением специфики таких *гносеологических функций моделей*, как *отражение, абстрагирование, интерпретация, объяснение* и т.п., а также выяснением роли и места моделей в познании с точки зрения *диалектико-материалистической теории отражения*.

Одной из форм теоретического моделирования процессов или систем, не осуществимых в данный момент по техническим или другим причинам, является *мысленный эксперимент* [197], который рассматривают как своеобразный прием *теоретического мышления*, как форму *рациональной* (умственной) *деятельности* познающего субъекта. Основанием для этого служит тот факт, что *структура мысленного эксперимента адекватна структуре эксперимента реального*.

Указывая на аналогию между реальным и мысленным экспериментами, А.К. Бенджамин отмечает: «Мы не только можем создавать образы более или менее произвольно, мы их можем также видоизменять и затем выяснять, какие изменения могут вытекать в качестве результата тех или иных особенностей. Мы можем осуществлять воображаемый эксперимент, вводя превращения в образы и затем отмечая, какое дальнейшее содержание может получить образ с точки зрения этих изменений. Эта процедура во многом аналогична физическому эксперименту; образы поддаются манипуляции так же, как физические объекты» (Benjamin A.C., 1936, с. 256).

Образы, о которых говорит А.К. Бенджамин, это не просто чувственные образы-представления, выделяемые психологами, и не отвлеченные понятия, которыми оперирует понятийное мышление, *это мысленные модели*. Построение мысленной модели является необходимой, но не единственной операцией, входящей в структуру мысленного эксперимента.

Реальный эксперимент начинается в своей практической стадии с построения определенной экспериментальной установки и подготовки объекта, а модельный эксперимент – с построения вещественной, материальной модели. Нечто подобное имеется и в мысленном эксперименте, когда *создается идеализированная модель*, с той лишь разницей, что это процесс, как и весь «эксперимент» в целом, есть процесс мысленный.

Включение мысленной операции построения идеализированной модели объекта, над которой затем производится воображаемое экспериментирование, не является просто данью поверхностной аналогии, а определяется тем обстоятельством, что такая модель должна замещать объект, отражая его особенности, существенные для экспериментирования. Поэтому важно всегда отдавать себе отчет, по каким правилам построена модель, в какой форме в ней реализуется отражение, какие стороны объекта в ней отражены.

Для того чтобы мысленное экспериментирование имело какой-то познавательный смысл и объективное значение, его объект должен быть построен так, чтобы все его основные характеристики, свойства, особенности находились в соответствии с наблюдениями, экспериментальными данными о подобном объекте, а *методы идеализации и другие приемы построения модели – в соответствии с принципами материалистической философии и известными законами частных наук.*

В ходе построения модели, с которой будут «экспериментировать», несмотря на упрощения, идеализацию и другие преобразования, она действительно будет замещать подлинный объект, репрезентировать мысленно и именно его. Как только модель вовлекается в сферу рациональной деятельности в качестве *ее средства или орудия*, эта деятельность приобретает характер или форму умственного эксперимента (рис. 24). Из всех признаков мысленного эксперимента *самым существенным является модель: построение ее, изучение, изменение и другие мысленные операции над нею.*

В число основных *операций*, составляющих мысленный эксперимент, должны быть включены следующие:

- 1) *построение* по определенным правилам мысленной модели (идеализированного «квазиобъекта») подлинного объекта изучения;
- 2) *построение* по таким же правилам *идеализированных условий*, воздействующих на модель, включая создание идеализированных «приборов», «инструментов»;
- 3) *сознательное и планомерное изменение* и относительно свободное и произвольное комбинирование условий и их воздействие на модель;
- 4) *сознательное и точное применение* на всех стадиях мысленного эксперимента объективных законов и использование фактов, установленных в науке, благодаря чему исключаются абсолютный произвол, необузданная и необоснованная фантазия. В этих пунктах *имплицитно* содержатся такие особенности мысленного эксперимента, как *идеализация, наглядность* в соединении с требованиями теории, наличие *творческого воображения* и научной фантазии.

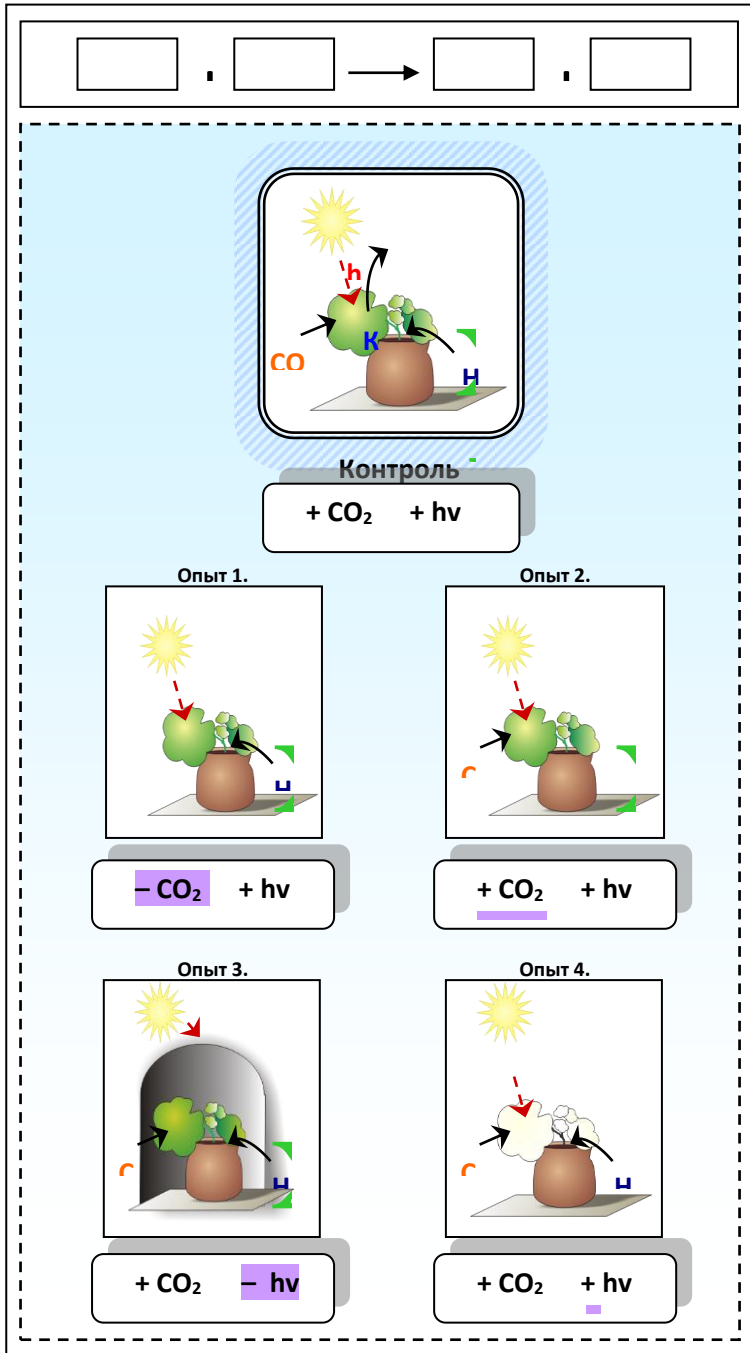


Рис. 22. Основные условия фотосинтеза и его продукты

Эти моменты входят в определение постольку, поскольку *использование мысленной модели и мысленные операции с ней выступают как основной и существенный признак мысленного эксперимента. Модель, следовательно, позволяет использовать эксперимент как метод познания на теоретическом уровне и с помощью его выявить сущностные связи*, однако при этом необходимо выполнять определенные логические требования и следовать общеметодологическим принципам материализма и диалектики. Несмотря на сходство между реальным и умственным экспериментом, между ними имеется и различие: *реальный эксперимент представляет собой форму объективной материальной связи сознания с внешним миром, тогда как умственный эксперимент является специфической формой теоретической деятельности субъекта* (Шубинский В.С., 1979).

Ценность мысленного эксперимента заключается не столько в том, что он служит иллюстрацией физических и химических принципов, делая их наглядными, и не в том, что он *предваряет реальный эксперимент*, а в том, что, будучи проявлением *творческой активности мышления*, позволяет исследовать ситуации, которые по тем или иным причинам не могут в данный момент времени быть осуществлены практически.

«Познавательное значение мысленного эксперимента аналогично значению мысленных моделей. Более того, оно в значительной степени совпадает с последним в силу того обстоятельства, что модель включена в мысленный эксперимент в качестве его воображаемого объекта. Этим, в частности, и определяется отмеченная способность умственного эксперимента выполнять роль иллюстрации к тем или иным абстрактно-теоретическим положениям» [там же, с. 218–219]. Однако модель как элемент мысленного эксперимента привносит с собой и другие познавательные функции. Она является **средством закрепления** тех **идеализаций и упрощений**, которые столь характерны для него. Вполне естественно, что абстракция потенциальной осуществимости в мысленном эксперименте характерна не только для объекта-модели, но и для средств воздействия на эту модель, а также воображаемых измерительных или регистрируемых инструментов [там же].

Структура мысленного эксперимента значительно упрощается, и во многих случаях она мало чем отличается от модели. *В пределе понятие мысленного эксперимента и понятие мысленной модели (мысленного моделирования) совпадают*. А это значит, что все отмеченные выше познавательные функции мысленных моделей так же, как и свойственная им наглядность, выполняются в конечном счете и мысленным экспериментом.

По мнению В.А. Штофа, «формой связи мышления с чувственностью, не наглядных элементов знания с наглядными, соответствующей требованиям и потребностям науки, является *построение моделей*» [207, с. 280]. И хотя «эта функция не является ни единственной, ни главной, ни даже свойственной всем моделям, но она существует, облегчая понимание формальных теорий, и является особенно важной в процессе преподавания и обучения» [там же]. Ее назначение – сделать любой предмет познания по возможности более наглядным. Построение моделей, таким образом, *отражает диалектическую структуру мира, которая выступает как единство сущности и явления*. При этом происходит «сопряжение» эмпирических и теоретических методов исследования объектов материального мира, что обеспечивает более глубокий уровень их познания.

Средствами построения *идеальных или мысленных моделей* являются *представления*, возникающие на основе *памяти* как воспроизведение прошлых восприятий, прошлого опыта и формирующиеся в процессе *воображения*, которое творчески и относительно свободно оперирует образами, комбинирует их и т.д. Уже обычные представления, с гносеологической точки зрения, есть не только наглядность, но и форма обобщения и отвлечения. По выражению С.Л. Рубинштейна, «представления являются ступенькой или даже целым рядом ступенек, ведущих от единичного образа восприятия к понятию и обобщенному представлению, которым оперирует мышление [150, с. 261–262].

Если *память* только *воспроизводит прошлый опыт*, то есть выдает информацию, которая хранится в ней, то *для воображения характерно ее преобразование*, обуславливающее дальнейшее развитие активной, преобразующей деятельности человеческого сознания. Разделение между продуктами памяти и воображения является условным в силу того, что образы, извлекаемые из памяти, несут в себе следы определенной переработки ранее полученной информации; и это выражается в различной степени ее обобщенности.

Особенностью *мысленных научных моделей, применяемых в физике, химии, биологии и других науках*, является то, что они порождаются не столько памятью, сколько *воображением*. В модели *сопряжены диалектические противоположные формы познания в единое целое*, ее следует рассматривать как *качественно новую, специфическую форму и средство познания объективной реальности, позволяющие быстрее и глубже проникнуть в сущность изучаемых явлений в науке и изучения их в предметах*

естественно-научного цикла. Отражение этого единства в познании – между наглядным восприятием и представлением явлений и не наглядным отображением их сущностей в понятиях и суждениях (теориях) возможно в рамках *мысленной модели.* «Только при помощи модели можно сделать сущность наглядной, но не в том смысле, чтобы ее непосредственно узреть, увидеть, ощутить, а в том, чтобы построить *чувственный образ* (представление, с психической точки зрения) явления или совокупности явлений (фрагмента действительности)... В таком мысленно преобразованном явлении, которое выступает уже в качестве модели, сущность как бы «просвечивается», и в этом смысле мы можем говорить, что *при помощи модели можно приблизиться к наглядному постижению сущности*» [207, с. 291–292] (курсив наш. – С.П.).

Приведенные теоретические рассуждения, а также их экспериментальная проверка на практике дают основание заключить, что при изучении физиологических процессов весьма эффективным методическим приемом может служить мысленный эксперимент, который, являясь эффективным методом рациональной деятельности, позволяет формировать знания обучаемых на теоретическом уровне.

Разновидностью мысленного эксперимента, по-видимому, можно считать «эксперимент в картинках». На рисунке представлено пять образно-знаковых моделей, разработанных нами, которые мы используем со школьниками и студентами при изучении процесса фотосинтеза. Поэтапное конструирование этих моделей школьниками и студентами (под руководством учителя или преподавателя) позволяет проводить им мысленный эксперимент с целью выявления основных условий протекания фотосинтеза и его продуктов.

Ответственным этапом при планировании эксперимента в «картинках» под названием «Основные условия фотосинтеза и его продукты» является разработка схемы эксперимента и методики его проведения. Для реализации этой цели была предварительно проделана следующая работа:

1. Выбран удобный объект исследования – комнатное растение.
2. На основе практических и теоретических знаний обучаемых определены основные условия для протекания процесса фотосинтеза. Наличие: CO_2 , H_2O , $h\nu$, хлорофилла (Хл).
3. Определены главные продукты фотосинтеза: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ и крахмал.
4. Определен индикатор наличия крахмала (йодная проба).

5. Разработана однофакторная схема эксперимента, в которых варианты опытов различались качественно. При этом важно было выдержать принцип единственного различия, правильно выбрать контрольный вариант (стандарт) и определить сопутствующий ему вариант опыта с *изменяющимся одним условием*. Схема эксперимента включала четыре варианта опытов:

Контроль	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3	Опыт 4
условия:	условия:	условия:	условия:	условия:
CO ₂	–CO ₂	CO ₂	CO ₂	CO ₂
H ₂ O	H ₂ O	– H ₂ O	H ₂ O	H ₂ O
hν	hν	hν	– hν	hν
Хл	Хл	Хл	Хл	– Хл

6. К каждому варианту опыта изготавливался рисунок, который отражал реальный эксперимент.

- Наличие или отсутствие крахмала в вариантах опыта обозначалось значками: **К+** и **К–**

После проведения эксперимента делались выводы по каждому варианту опыта. На основе частных выводов формулировался общий вывод и составлялось общее уравнение фотосинтеза.

Таким образом, методологическое осмысление понятий модели и методов моделирования позволяет выявить *методологические функции моделей и их отношение к теоретическому уровню знания*. В нашем исследовании овладение обучаемыми методом моделирования не только обогащало их методологический аппарат, но и вооружало научным методом познания и современным учебным средством для многих дидактических целей. Усвоение школьниками и студентами метода моделирования как общенаучной методологии познания явлений и объектов неживой и живой природы, изучаемых в курсах физики, химии и биологии способствовало более глубокому пониманию сущности важнейшего атрибута материи – *отражения* и формированию *диалектического стиля мышления*.

2.12. СОПРЯГАЮЩАЯ ФУНКЦИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕОРИИ ВЕЩЕСТВА ПРИ ИЗУЧЕНИИ МЕХАНИЗМОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФОТОСИНТЕЗА И ДЫХАНИЯ В КУРСЕ БИОЛОГИИ

Вещество как вид материи претерпело длительную эволюцию в рамках физической, химической и биологической форм движения. На каждом из этапов уровень организации вещества существенно повышался, и это детерминировало появление у новых систем и новых свойств и даже возможностей. Ключевую роль в появлении качественно новых систем играют механизмы *внутреннего взаимодействия* между исходными элементами. Одним из таких внутренних механизмов взаимодействия является сопряжение.

Сопряжение как *внутренняя сторона взаимодействия* сыграло и играет важнейшую роль в эволюции материи, в том числе и в возникновении и эволюции биологической формы движения материи. Доказательством этого положения является высказывание видных ученых, которые подчеркивают, что «в процессе химической эволюции при наличии всех необходимых для нее условий происходит усиление роли сопряженности. *Последовательные сопряженные процессы выступают как существенная сторона организации динамических неравновесных систем*» [193, с. 165] (курсив наш. – С.П.). Остается только добавить, что к таким динамическим неравновесным системам относятся все живые системы разных уровней организации: начиная с клетки и заканчивая биосферой. Учитывая вышесказанное, клетку, по-видимому, можно охарактеризовать как *элементарную сопряженную живую систему*, а понятие «сопряжение» включить в одно из определений жизни.

В растительной клетке как элементарной живой системе имеют место («в скрытом виде») многие *виды сопряжения*, которые появились при возникновении и развитии физической и химической форм движения материи (*сопряженные электроны, сопряженные химические связи, сопряженные реакции, энергетическое сопряжение* и т.д.). На основе данных видов сопряжения на заре биологической формы движения материи возникли более сложные виды сопряжения, касающиеся как ее структур, так и явлений (процессов). Важнейшими такими структурными формами являются – *сопряженные мембраны, сопряженные органеллы и сама клетка как сопряженная система*. Эти сопряженные структуры обладают

и сопряженными явлениями. Биологические мембраны – явлением полупроницаемости (одновременно пропускают молекулы одних веществ и не пропускают молекулы других веществ). В сопряженных органеллах – хлоропластах и митохондриях протекают соответственно процессы фотосинтеза и дыхания, которые тесно сопряжены между собой. В основе такого сопряжения лежат каталитические сопряженные системы, возникшие в ходе химической эволюции. Элементарные стадии процессов фотосинтеза и дыхания оказываются неразделенными, потому что имеют общие компоненты и вследствие их энергетической сопряженности. Исследование особенностей взаимовлияния сопряженных процессов фотосинтеза и дыхания, которые являются звеньями единого углеводного обмена растительной клетки, представляет особый интерес.

В предыдущих наших исследованиях показана методологическая значимость категории сопряжения при изучении механизмов как процесса фотосинтеза, так и механизмов процесса дыхания, которые в своей совокупности являются основой метаболизма растительной клетки. Эти механизмы сопряжения раскрыты на молекулярном, мембранном и электронном уровнях [137; 141; 143]. Целью настоящего исследования явилось раскрытие сущности сопряжения как внутреннего *механизма взаимодействия* на электронном уровне *между фотосинтезом и дыханием*, который обеспечивает целостность углеводного обмена в интактной растительной клетке.

Исключительное значение для понимания механизмов сопряжения, обеспечивающих эволюцию как неживой, так и в живой материи, играют принципы физических теорий, и, прежде всего, теории электронного строения вещества. Это обусловлено тем, что принципы этой теории позволяют понять сущность механизмов сопряжения на самом глубинном (электронном) уровне. Иначе говоря, для понимания механизмов эволюции материи необходимо объединить *всеобщий принцип сопряжения как один из механизмов эволюции материи с принципами электронной теории вещества*. Дуализм этих методологических подходов обеспечит взаимосвязь и взаимодействие естественных наук, углубит и расширит содержательную базу естественно-научных дисциплин для методологических обобщений и формирования у школьников и студентов современного научного мировоззрения, диалектического стиля мышления.

По мнению М.С. Свирского, «...особая роль электронов в современной теории вещества определяется тем, что из всех известных в настоящее время микрочастиц электрон имеет наименьшую, отличную от нуля массу покоя и наименьший электрический заряд. Отклик электронов на внешние электрические и магнитные воздействия существенно определяет физико-химические свойства веществ. Поэтому фундаментальное объяснение макроскопических свойств вещества связано с определением влияния электронов на формирование этих свойств.

Явления, изучаемые электронной теорией вещества, имеют перво-степенное значение для научно-технического прогресса» [152, с. 3].

Создание данной теории физической наукой оказало революционное влияние на все остальные науки естественно-научного цикла и во многом предопределило стратегию их дальнейшего развития. Не составила исключения и биологическая наука, использовавшая «плоды» этой теории не только напрямую – от физики, но и от смежной науки – химии, которая применила основные идеи электронной теории вещества для объяснения механизмов химических реакций, протекающих как в неживой, так и в живой природе.

Использование новых идей и методов одной науки в других областях знаний приводит, как известно, к рождению новых направлений исследования и смежных (комплексных) наук, которые решают насущные проблемы человечества. Так произошло и после создания электронной теории вещества. Взятие на вооружение постулатов и методов данной теории химией и биологией привело к созданию новой области науки – квантовой биохимии, основной задачей которой является теоретический расчет плотности электронов у отдельных атомов, образующих структуру молекулы.

Квантомеханические расчеты позволяют количественно определить величины энергетических уровней электронов и предвидеть в каждом конкретном случае, какие молекулы будут играть роль доноров, а какие – акцепторов электронов, что, несомненно, открывает большие перспективы в управлении физиолого-биохимическими процессами клеток, лежащими в основе их жизнедеятельности, как в норме, так и при патологии.

Расчеты квантовой биохимии имеют не только теоретическую, но и практическую значимость. Так, изучение электронного строения канцерогенных соединений позволило выяснить, что молекулы этих веществ прикрепляются к белку определенными точками (К-область), и лишь после образования соединения с белком начинается канцерогенный процесс [148].

Анализируя вклад современной квантовой биохимии в изучение важнейших физиологических процессов, видные физиологи растений Б.А. Рубин и В.Ф. Гавриленко отмечают, что «... физической основой процессов фотосинтеза и дыхания является перестройка электронной структуры участвующих в реакции компонентов. Электроны, образующие химическую связь между атомами углерода и водорода, в молекуле углеводов занимают иную орбиталь, чем электроны, образующие связи в молекулах воды и углекислоты. Электроны с атомом кислорода в молекуле воды обладают наименьшей энергией. При образовании связей в молекуле углеводов электроны занимают более высокий энергетический уровень, в результате чего энергетический потенциал их значительно увеличивается» [149, с. 12].

Понимание биохимических процессов на электронном уровне внесло неоценимый вклад в решение проблем биоэнергетики клетки. Опора на ее основные положения позволила расшифровать механизм преобразования энергии электрона в энергию макроэргических связей АТФ (механизмы окислительного и фотосинтетического фосфорилирования). Английским биохимиком П. Митчеллом было выяснено, что в электронотранспортных цепях хлоропластов и митохондрий компоненты, переносящие электроны, чередуются с компонентами, переносящими одновременно и электроны и протоны. Такая уникальная структура позволяет преобразовывать энергию электрона в промежуточную, более долго живущую форму энергии $\Delta\mu\text{H}^+$ – электрохимический градиент протонов. В последующих процессах данная форма энергии при участии сопрягающего фактора (АТФ-азы) используется на синтез АТФ из АДФ и P_i . Основные свои идеи П. Митчелл выразил в хемиосмотической теории, в основу которой положил хемиосмотический принцип *энергетического сопряжения* [117]. Данное открытие было по достоинству оценено, а сам автор в 1972 г. получил Нобелевскую премию. По своей значимости данное открытие сопоставимо с расшифровкой структуры ДНК.

Таким образом, для понимания сущности процессов фотосинтеза и дыхания и их взаимосвязи первостепенное значение имеет *прослеживание энергетических уровней электрона* во всех компонентах, участвующих в этих процессах, что необходимо постоянно подчеркивать при их изучении как в вузе, так и в школе.

В целях реализации данной идеи целесообразно использовать обобщенные упрощенные модели (схемы), отражающие относительное энергетическое состояние \bar{e} в метаболитах, фотосинтеза и дыхания.

Разработанная нами модель (рис. 25) *раскрывает сущность сопряжения между фотосинтезом и дыханием на электронном уровне*. Применение данной схемы в вузе и школе позволяет студентам и ученикам глубже осмыслить сущность фотосинтеза и дыхания и установить между ними диалектическую связь на самом глубинном уровне.

В левой части схемы показано, что электроны воды (водорода) имеют минимальное количество энергии, что обуславливает большую инертность данного соединения. Для их передвижения к конечному акцептору – NADP^+ (против термодинамического градиента) необходима дополнительная энергия. Ее аккумуляция происходит при участии пигмента P_{680} , который, поглотив фотоны, поднимает электроны на более высокий энергетический уровень.

После этого они передаются первичным акцепторам электронов (феофитину) и оказываются на энергетической горке. К пигменту P_{700} электроны передвигаются самопроизвольно, теряя при этом часть энергии, которая тратится на фотохимическую работу – синтез важнейшего энергетического эквивалента – АТФ в процессе *сопряженного* фотосинтетического фосфорилирования.

На уровне длинноволновой формы хлорофилла – P_{700} электроны вновь получают порцию энергии, поглотив кванты света, и поднимаются на вторую энергетическую горку, присоединяются к NADP^+ , в результате чего образуется $\text{NADPH}+\text{H}^+$. К этой молекуле присоединяется протон воды (образовавшийся после ухода электрона от водорода воды – фотоокисления воды) и в итоге образуется второй высокоэнергетический эквивалент – $\text{NADPH}+\text{H}^+$, обладающий большим запасом потенциальной энергии. Электроны (водороды) энергетических эквивалентов – АТФ и $\text{NADPH}+\text{H}^+$, используются в темновой фазе фотосинтеза для восстановления углерода углекислого газа до углерода углеводов. Таким образом, в процессе фотосинтеза произошел перевод электронов воды, которые находились в составе этой молекулы на низком энергетическом уровне, на более высокие энергетические орбитали углеводов, благодаря чему последние стали обладать большим запасом потенциальной энергии.

Химические связи углеводов, образовавшихся в процессе фотосинтеза, очень устойчивы, поэтому их энергия не может быть потрачена непосредственно на процессы жизнедеятельности. Для этого ее необходимо преобразовать в лабильную форму энергии. Правая часть схемы как раз и показывает такое преобразование на электронном уровне в самом общем виде, происходящее в процессе дыхания.

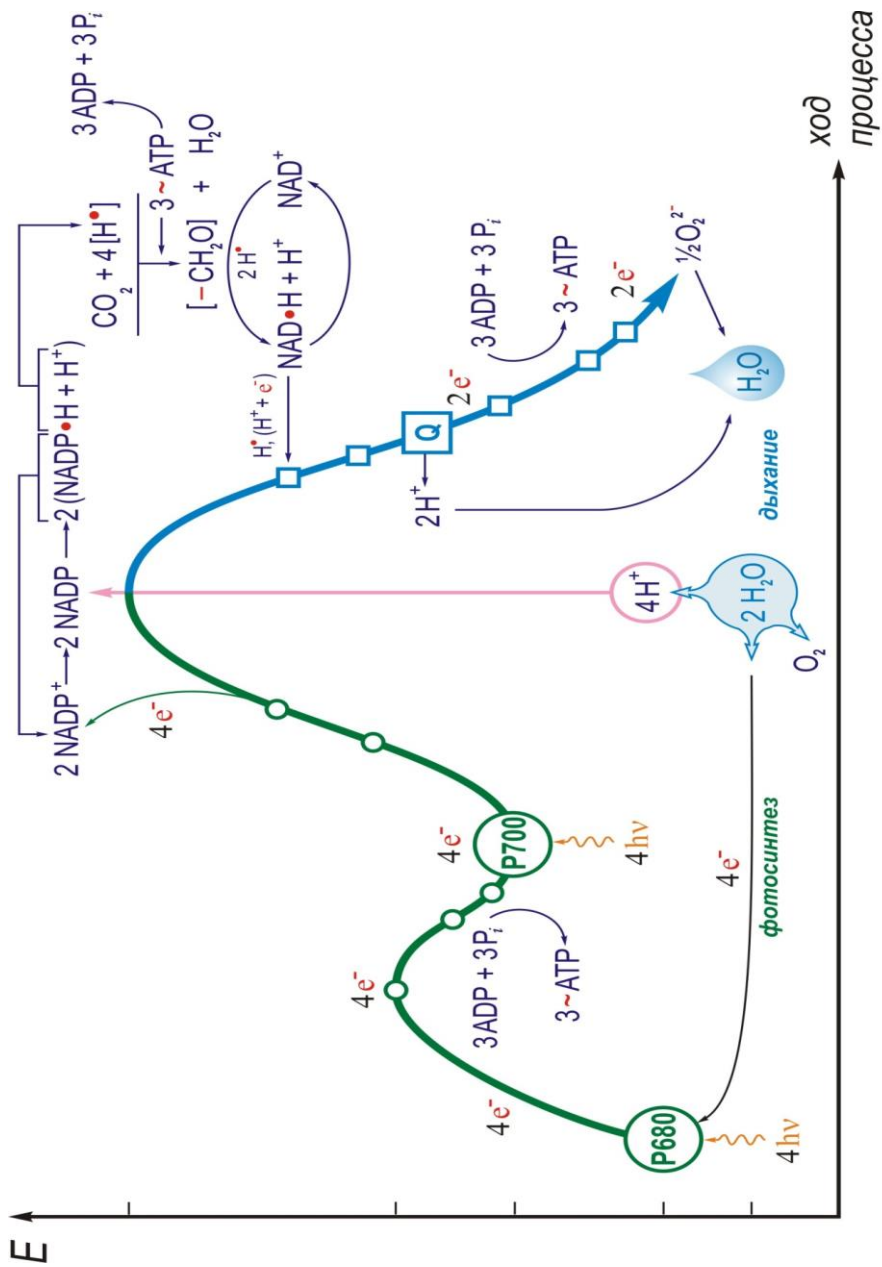


Рис. 25. Энергетическое состояние электрона в метаболитах фотосинтеза и дыхания

● – Компоненты ЭТЦ хлоропластов, ■ – компоненты ЭТЦ митохондрий

Коферменты дегидрогеназ – NAD (FAD) отнимают от углеводов водороды и сбрасывают их в ЭТЦ митохондрий, конечным акцептором которых является кислород воздуха. Первые компоненты этой цепи переносят \bar{e} и H^+ , однако для окислительно-восстановительных процессов последующих (расположенных после кофермента Q) элементов необходимы только электроны, протоны же выбрасываются в межмембранное пространство митохондрий. Передвижение H (\bar{e} и H^+) по дыхательной цепи митохондрий происходит по термодинамическому градиенту и сопровождается поэтапным освобождением энергии, которая используется для синтеза основной энергетической валюты клеток – АТФ в процессе *сопряженного окислительно-фосфорилирования*. В конечном итоге \bar{e} передаются на кислород, и он заряжается отрицательно. В дальнейшем анион кислорода взаимодействует с протоном и образуется вода, в которой электроны водорода вновь оказываются на самом низком энергетическом уровне, обеспечивая молекуле воды большую химическую устойчивость.

Следовательно, сущность энергетического цикла, основу которого составляют фотосинтез и дыхание, сводится к переводу электрона на разные энергетические орбитали неорганических и органических соединений, участвующих в метаболизме клеток. Ключевую роль в понимании энергетического сопряжения между фотосинтезом и дыханием играют принципы электронной теории строения вещества.

Анализ опубликованных в научной литературе данных и собственные исследования позволяют заключить, что электронная теория вещества является фундаментом не только для курсов физики и химии, но и биологии. Она является методологией глубинного познания структуры и свойств высокомолекулярных соединений, играющих ключевую роль в процессе жизнедеятельности всех типов клеток, существующих на Земле. Познание физико-химических процессов на субмолекулярном уровне позволяет раскрыть их механизмы, управлять ими и удовлетворять те или иные потребности человека. Вместе с тем электронная теория вещества является и фундаментальной методологией изучения объектов неживой и живой природы как в вузе, так и в школе.

В нашем исследовании реализация постулатов и методов электронной теории вещества при изучении курсов химии и биологии позволила школьникам и студентам предвидеть в каждом конкретном случае, какие молекулы будут играть роль доноров, а какие – акцепторов электронов, что, несомненно, открывает большие перспективы в управлении химическими реакциями, а также физиолого-биохимическими процессами клеток, лежащими в основе их жизнедеятельности как в норме, так и при патологии.

Электронная теория вещества как фундаментальная методология позволяет выявить физико-химическую сущность физиологических процессов на элементарном уровне, понять взаимосвязь физических, химических и биологических явлений, а через них и взаимосвязь (преемственность) форм движения материи. Это внесет весомый вклад в формирование научного мировоззрения школьников и студентов.

Приведенный пример использования понятия *сопряжения* для проникновения в сущности все более и более высокого порядка подтверждает его значительную информационную емкость и статус естественно-научной категории. Именно этим положениям может быть определена ценность данного исследования, как для науки, так и для образования.

Отражая сущность одной из внутренних сторон взаимодействия, категория сопряжения расширяет границы нашего понимания о принципах структурной организации материи в целом, благодаря чему открываются новые перспективы, новые подходы к решению важнейших проблем науки и их роли в понимании структуры *рационального познания*. Как логическая форма мышления *сопряжение* выражает содержание других форм *рационального познания*, и в частности, такой формы нормативного знания, как *стиль научного мышления*, который востребован в настоящее время, как в области науки, так и в области образования.

Овладение студентами сопряжением как естественно-научной категорией способствует развитию у будущих педагогов диалектического, творческого мышления, которое в настоящее время все больше осознается как общечеловеческая ценность.

2.13. ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОЕ МЫШЛЕНИЕ СТУДЕНТОВ КАК РЕЗУЛЬТАТ СОПРЯЖЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ И ГУМАНИТАРНЫХ ЗНАНИЙ

Невысокий уровень развития естественно-научного мышления у студентов детерминирован, прежде всего, слабым уровнем понимания познавательного потенциала методологических подходов разного уровня общности и недостаточной сформированностью умений использовать их для интеграции и систематизации философских, физических, химических, биологических, а также гуманитарных знаний, которые являются основой для формирования и развития естественно-научного мышления и научного мировоззрения на теоретическом уровне. Актуальность и необходимость решения данной проблемы четко обозначены в современной

Национальной доктрине Российской Федерации, где декларируется необходимость формирования обобщенных универсальных знаний о сущности окружающего мира, а также развития научных форм мышления. Важнейшим фактором для достижения этой цели, согласно документу, должно стать естественно-научное образование, которое содержит в себе высокий содержательный, познавательный и мировоззренческий потенциал.

Необходимость такой интеграции вытекает уже из определений, которые отражают те или иные стороны мышления в целом, так и естественно-научного мышления в частности. Самое краткое определение мышлению в целом дал Ф. Энгельс: «Оперирование понятиями и есть мышление». В этом кратком определении имплицитно отражена идея о высшей форме мышления – понятийном, которое присуще лишь человеку: «... диалектическое мышление – именно потому, что оно имеет своей предпосылкой исследование природы самих понятий, – возможно только для человека, да и для последнего лишь на сравнительно высокой ступени развития (буддисты и греки), и достигает своего полного развития только значительно позже, в новейшей философии...» [209, с. 191]. Вместе с тем низшие формы мышления присущи и высокоорганизованным животным.

Понятийное мышление человека относится к уникальным и сложным явлениям природы, возникновение в процессе его сопряженной биологической и социальной эволюций. Поэтому изучением его механизмов активно занимаются как естественные, так и гуманитарные науки. С позиции философии – «Мышление – активный процесс отражения объективного мира в понятиях, суждениях, теориях и т.п., связанный с решением тех или иных задач, с обобщением и способами опосредованного познания действительности; высший продукт особым образом организованной материи – мозга» [194, с. 295]. Методологическую значимость данного определения следует усматривать прежде всего в том, что мышление рассматривается как одно из свойств важнейшего атрибута материи – отражения. Поэтому не случайно ленинская теория отражения является основой теории познания.

С психологической точки зрения – «мышление – процесс познавательной *деятельности* индивида, характеризующийся обобщением и опосредованным *отражением* действительности» (Психологический словарь, 1990, с. 223). Из этого следует, что данная наука изучает механизмы протекания мышления индивида, то есть человека. Именно такую основную цель психологии определил С.Л. Рубинштейн: «... изучение психики (мышления, прим. автора), сознания в конкретной деятельности, в которой они не только проявляются, но и формируются» [150, с. 8].

В педагогическом энциклопедическом словаре мышление определяется как «опосредованное отражение внешнего мира, которое опирается на впечатления от реальности и дает возможность человеку в зависимости от усвоенных им знаний, умений и навыков правильно оперировать информацией, успешно строить свои планы и программы поведения» [68, с. 155]. Данное определение дано с позиции важнейшего раздела педагогики – дидактики, которая, излагая общую теорию образования и обучения, вскрывает общие закономерности овладения знаниями, умениями и навыками, определяет структуру содержания образования, а также методы и формы обучения. Соблюдение и реализация этих закономерностей позволяет сформировать высшую форму знаний – мышление.

Помимо философов и гуманитариев мышление исследуют и представители естественных наук. Так, С.А. Суровикина дает следующее определение данному явлению: «Мышление естественно-научное – мышление, которое формируется и развивается на основе диалектической связи структурных компонентов физических, химических и биологических знаний, характеризующихся преобразованием предметной реальности во всевозможные модели (образную, знаковую, логическую и др.)» [160, с. 169]. В данном определении упор делается на содержательные компоненты мышления и диалектическую преемственность между ними.

Опираясь на вышеизложенные определения, мышлению с позиции естествознания, а также философии и психологии, можно дать следующее определение: естественно-научное мышление представляет собой умственный процесс обобщения физических, химических и биологических понятий законов, теорий, метатеорий, который осуществляется на основе категорий диалектики и психологических функций и выражается в форме образных, знаковых, логических моделей и картины мира в целом.

По мнению Г.А. Берулавы, основными структурными компонентами мышления являются предметные научные знания и способы деятельности. Естественно-научное мышление оперирует содержательными понятиями, однако их определения не отражают всех свойств изучаемого объекта [13].

Таким образом, мышление как самая уникальная функция человеческого мозга имеет два аспекта, которые тесно связаны между собой. Первый аспект раскрывает сущность мышления со стороны его содержания (структурных элементов). Такими содержательными элементами являются представления, понятия, законы, теории и т.д. Второй аспект выявляет те формы мыслительной деятельности, которые позволяют обнаружить содержание, сущность изучаемых объектов и их диалектические связи. Следовательно, при формировании и развитии естественно-научного

мышления обучаемых необходимо понимать, какие учебные предметы (дисциплины) играют ключевую роль в формировании структурного компонента естественно-научного мышления (онтологического), а какие – в формировании универсальных способов и методов познания бытия как гносеологического компонента данного типа мышления. Поэтому содержательная и методологическая (методическая) преемственности естественно-научных дисциплин являются ведущими при формировании у обучаемых естественно-научного теоретического мышления.

Эффективным методологическим (общенаучным) подходом при формировании теоретического мышления является моделирование. Данный подход является комплексным (сопряженным). Он включает в себя такие теоретические методы, как анализ, синтез, абстрагирование, идеализацию и т.п. Моделирование как методология познания конкретизирует такие общие общенаучные методологии, как диалектический метод, системно-синергетический, функциональный, деятельностный и другие подходы. При формировании и развитии естественно-научного мышления у студентов вуза необходимо использовать обобщенную модель (схему), в которой отражена значимость категорий, принципов, законов, теорий, определяющих его онтологическую и гносеологическую стратегию. В своей практической деятельности в качестве такой модели авторы настоящей работы используют схему под названием «Роль отдельных наук (дисциплин) в формировании естественно-научного мышления» (рис. 24).

Такая схема позволяет студентам постоянно держать в их поле методического зрения методологический потенциал отдельных наук и применять его в процессе выявления сущности изучаемых объектов и явлений. На схеме лишь в краткой форме зафиксирована онтологическая и гносеологическая функции отдельных наук. Вместе с тем, в процессе предварительной интерпретации данной схемы на занятиях, подробно разбирается роль отдельных дисциплин в формировании естественно-научного мышления, а также их взаимосвязь. Такая интерпретация значимости философских естественно-научных и гуманитарных дисциплин приведена ниже.

1. Философия. *Философия диалектического материализма* выявляет наиболее общие законы природы, общества и мышления. В качестве методологии данной философии выступают и диалектика и материализм, которые тесно сопряжены между собой. Диалектикой сформулированы *принципы развития и взаимосвязи*; материализмом – *принципы материального единства мира, неисчерпаемости материи*. Сущность этих принципов и законов диалектики раскрывается через категории. Категории могут быть парными (сущность и явление; содержание и форма; абстрактное и кон-

кретное, часть – целое и др.) и непарными (преемственность и др.). При усвоении субъектом этих принципов, законов и категорий они становятся правилами и формами его мышления на философском уровне, который является универсальной формой познавательной деятельности как ученых, так и обучающихся. Подтверждением этого является цитата Ф. Энгельса: «законы мышления и законы природы необходимо согласуются между собой, если только они надлежащим образом познаны» [209, с. 193]. Универсальный методологический и творческий потенциал категорий диалектики обусловлен тем, что формируются на более широкой основе, нежели понятия конкретных наук и потому они расширяют возможности человека для творческого поиска в той или иной области знания. Диалектический материализм отражает через свои категории наиболее общие законы природы, общества и мышления. Сколь всеобщи и универсальны эти законы, столь всеобщи и универсальны методы познания данной философии.

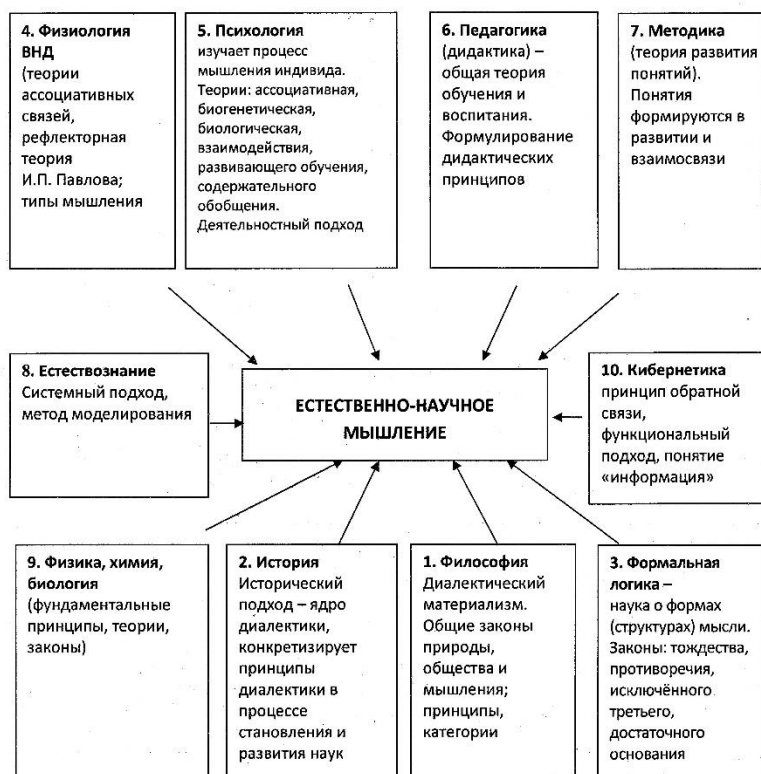


Рис. 26. Роль отдельных наук (дисциплин) в формировании естественно-научного мышления

Категории диалектического материализма взаимосвязаны между собой и образуют *сопряженную систему*, отражающую сущность бытия природы и социума. Данная система не является замкнутой и неизменной. В процессе практической и теоретической деятельности человечество преобразует мир, познает его, и как следствие происходит обогащение содержания имеющихся категорий и кристаллизация – новых. Отражая фундаментальные законы движения природы, общества и мышления категории сами должны быть такими же гибкими подвижными, как и те объекты и явления, которые они отражают.

2. Исторический подход – ядро диалектики. Конкретизирует принципы диалектики в процессе становления и развития науки. Выявляет условия и факторы, при которых рождается новое знание. Устанавливает генетическую связь (преемственность) между формами движения материи.

3. Формальная логика – наука о формах и структурах мысли. Выявляет логические закономерности, указывает, каким должно быть мышление, чтобы не отклоняться от истины в результатах познания. Изучая формы рационального мышления, формальная логика определяет условия тех посылок, суждений и аргументаций, которые имеют целью подтверждение истинности других суждений, законов, теорий, концепций. В отличие от диалектической логики, изучающей содержание мыслей, формальная логика, отвлекаясь от конкретного их содержания, изучает формы мыслей (понятия, суждения, умозаключения, доказательства), вычлняя только общий способ связи частей этого содержания. Иначе говоря, данная наука абстрагируется от конкретного содержания мыслей, а изучает их только с позиции логической структуры. В качестве основных условий для получения истинного выводного знания формальная логика предлагает сформулированные ею законы и принципы. Ключевым среди законов формальной логики считается *«достаточного основания закон»*, согласно которому выдвигаемый исходный аргумент (положение) считается верным только в том случае, если для него сформулировано достаточное основание. Данный закон является общим методологическим принципом и находит свое отражение даже в названиях диссертаций, которые содержат такие понятия, как «основание» или «основы». Существенный вклад в развитие форм рационального мышления вносят и другие законы формальной логики: «тождества закон», «исключенного третьего закон», «противоречия закон». Содержание последнего закона не следует смешивать с законом единства и борьбы противоположностей, который является основным законом диалектической логики и раскрывает *содержание объектов и явлений бытия*, в то время

как законы формальной логики являются лишь *формой выражения этого содержания*. При формировании естественно-научного мышления нужны обе логики, которые вооружат обучаемых формально-логическими средствами и диалектическими методами познания объектов и явлений, изучаемых в рамках любой естественной дисциплины. В современный период научно-технической революции лидирующие позиции в современной формальной логике заняла математическая логика, средства которой позволяют выдвигать инновационные идеи (принципы), выступающие основой для фундаментальных теорий.

Таким образом, в развитии современного научного знания диалектика и формальная логика как никогда востребованы в их сопряжении. При этом нужно четко понимать и применять их методологический потенциал при изучении тех или иных объектов и явлений бытия.

4. Физиология высшей нервной деятельности. Для понимания физиологических механизмов формирования естественно-научного мышления большое значение имеет Учение о высшей нервной деятельности, разработанное советским физиологом И.П. Павловым. Осмысление механизма того или иного типа нервной деятельности имеет существенное значение для понимания физиологической основы поведения и темперамента каждого человека. Тип нервной системы во многом определяет психофизиологическую реакцию индивида на внешнее воздействие, которая выражается не только в моторике, особенностях реакции, но также во впечатлительности и эмоциональной возбудимости и т.п. Понимание этих механизмов имеет большое значение при обучении студентов. В учении об условных рефлексах И.П. Павлов раскрыл физиологический механизм ассоциаций по сходству (смежности), которые служат исходной основой элементарных форм памяти. Согласно данному учению, каждая новая ассоциация есть момент рождения мысли [125]. Современной психофизиологией установлено, что мышление современного человека базируется не на одном, а на четырех видах условных рефлексов. Четвертый вид рефлексов связан с условным обозначением соответствующего образа – *словом*. Иначе говоря, это условный рефлекс на соотношение понятий, или понятийный вид мышления, который является психофизиологическим механизмом для формирования естественно-научного мышления на теоретическом уровне. Г.А. Твердохлебов выявил связи между типами рефлексов и типами мышления. Типы мышления: наглядно-действенное, наглядно-образное, обобщенно-образное, понятийное (ассоциации по сходству), диалектическое (ассоциации по контрасту) (Твердохлебов Г.А., 2003).

5. Психология – исследует процесс мышления индивида, его внутренний мир, причины и закономерности возникновения его поступков, законы поведения в обществе. Важнейшей задачей психологии является выяснение механизмов возникновения мысленных образов, мышления и сознания. Опираясь на учения И.П. Павлова о высшей нервной деятельности и условных рефлексов, психологическая наука формулирует принцип *психофизиологического единства*, который становится ее фундаментом. Согласно данному принципу, материальные основы психики являются определяющими, вместе с тем психическое сохраняет свои особенности. Цель психологии очень кратко сформулировал С.Л. Рубинштейн – «... изучение психики (*мышления, прим. автора*), сознания в конкретной деятельности, в которой они не только проявляются, но и формируются» [150, с. 8]. Рефлекторное понимание психической деятельности данный исследователь отразил в двух положениях: 1. «Психическая деятельность не может быть отделена от единой рефлекторной деятельности мозга; она «интегральная часть» последней. 2. Психический процесс, как всякий рефлекторный акт, берет начало во внешнем воздействии, продолжается в центральной нервной системе и заканчивается ответной деятельностью индивида (движением, поступком, речью). Психические явления возникают в результате «встречи» индивида с внешним миром» [там же, с. 142].

Принцип единства сознания и деятельности сказывается и во внешней деятельности субъекта. Однако понимание внутреннего психологического содержания субъекта возможно лишь из системы его деятельности. Этот принцип послужил методологической основой для разработки *теории поэтапного формирования умственных действий* (П.Я. Гальперин). Теорий *содержательного обобщения и развивающего обучения* (В.В. Давыдов) и др., которые являются важнейшей стратегией формирования естественно-научного мышления студентов.

6. Педагогика (дидактика). Общая теория обучения. Формулирует дидактические (обучающие) принципы обучения: научности, доступности, наглядности, развития, преемственности, системности, систематичности, межпредметных связей и др., которые во многом являются *проекцией философских принципов, законов, категорий и психологических принципов*. Дидактика раскрывает сущность дидактических принципов обучения и воспитания и *условия их реализации*. Выявляет общие принципы и закономерности усвоения знаний, умений, навыков (владения) и формирование убеждений. Воспитательное воздействие учебного процесса на обучающихся.

7. Методика. Рассматривает содержание учебного предмета, методы и формы обучения и воспитания. Теория развития *понятий*: основная методическая закономерность осознанного и прочного усвоения знаний заключается в планомерном образовании и развитии понятий у учащихся в процессе обучения. Понятие – «клеточка» знаний, познания. Понятия формируются в развитии и взаимосвязи. Понятие есть результат обобщения. Сформированное понятие становится эффективным средством познания.

8. Естествознание. Выявляет общенаучные методы познания. Теория хаоса и порядка самоорганизации и распада систем отражает фундаментальные принципы организации и эволюции материи. В рамках естествознания разработаны и внедрены две общенаучные методологии познания: *системно-синергетический подход и метод моделирования*. Основные принципы системно-синергетического подхода (целостность, иерархичность, связь с окружающей средой) применяются в качестве методологических средств при выявлении сущности объектов и явлений неживой и живой природы. Данный подход применим как к детерминистическим системам, которые имеют жесткие связи, так и к стохастическим (вероятностным) системам (все закона Г. Менделя). Системно-синергетический подход – современная универсальная методология как научных исследований, так и форм мировоззрения. Этот *подход конкретизирует научные принципы диалектического материализма*.

Метод моделирования сопрягает в себе чувственное и рациональное познание. При изучении объектов и явлений данный подход позволяет выявить сущностные связи и отобразить эту сущность в наглядном виде. Считают, что моделирование – это разновидность системного подхода.

Фундаментальные естественно-научные понятия служат связующим звеном между категориями философии, которые они конкретизируют и общими понятиями, используемыми физической, химической, биологической и другими науками. Такое положение естествознания между самой общей наукой – философией – и частными науками позволяет возвести фундаментальные естественно-научные понятия в статус метапредметных, которые обладают существенным познавательным потенциалом в силу того, что *сопрягают* онтологию и эпистемологию (объективное знание и познавательный прием), эмпирический и теоретический уровень знаний, содействуют проектированию экспериментальных схем и аргументации полученных результатов.

9. Физика, химия, биология

Физика. Центральное положение физической науки в системе естественных наук детерминируется тем, что она изучает наиболее простую из известных форм движения материи. Отсюда следует, что принципы и законы, лежащие в основе организации и функционирования физической формы движения материи, являются наиболее фундаментальными и определяют стратегию развития других естественных наук. Кроме того, физическая наука первой предложила методологию перехода от эмпирического уровня познания явлений природы к теоретическому, приоритетом которого является познание их сущности. Реализация данной методологии на практике способствовала идее ученых-физиков об использовании в научных исследованиях *идеальных теоретических моделей и понятий*, которые ученые применяют для проведения мысленных экспериментов с целью выявления сущности изучаемых объектов. Такой подход был по достоинству оценен учеными других естественных наук и определил прогресс всей науки Нового времени.

Фундаментальные понятия, законы, теории физики отражают принципы строения и эволюции материи. Понятия: «вещество», «поле», «энергия», «энтропия» и др. Законы: сохранения массы, энергии, заряда и др. Теории: квантовая теория света, электронная теория строения вещества, атомная и молекулярная теории и др. Принципы: относительности, дискретности, непрерывности и др.

Химия. Раскрывает закономерности дальнейшей эволюции материи, от отдельных атомов до биополимеров, которые являются фундаментом для возникновения биологической формы движения материи. Данная наука выявила, что в процессе химической эволюции происходит усиление *сопряженности* между структурными элементами материальных частиц. Следствием этого является возникновение веществ, обладающих новыми свойствами. Такими веществами являются биополимеры, среди которых ключевую роль в переходе от химической формы движения материи к биологической форме движения сыграли белки и нуклеиновые кислоты. В основе организации (синтеза) этих уникальных соединений лежит не менее уникальный тип химической реакции – реакция матричного синтеза.

Биология. В рамках биологической науки создана эволюционная теория, которая является метатеорией для всей биологии. Принципы данной теории используются другими естественными науками (физикой, химией) и даже философией. Возникли такие понятия, как «эволюция Вселенной» и «эволюция материи», «глобальный эволюционизм». Согласно

принципу глобального эволюционизма, эволюция материи в целом и эволюция живых систем идет по пути ее непрерывного усложнения и разнообразия. Биологическая наука становится лидером естествознания. Живые системы являются ядром современной научной картины мира, детерминирующей экологизацию науки и культуры. В настоящее время происходит глубокое взаимодействие биологии с философией. В результате *сопряжения* философского и биологического знания возникло такое новое перспективное научное направление (наука), как биофилософия, ядром которой является понятие жизни точно также, как понятие материи составляет концептуальное ядро научной картины мира. В качестве теоретико-методологических оснований биофилософии выступают *организменная, эволюционная и коэволюционная* концепции биологии, выполняющие функции своеобразных моделей развития современной культуры. Среди них фундаментальную роль играет коэволюционная познавательная модель, утверждающая принцип *сопряженного развития природы и общества* в целом, различных видов живого вещества между собой и неживой природой; «... – взаимообусловленного, сопряженного, гармоничного развития системы «природа – жизнь – общество» [204].

Более тесное сопряжение философских и биологических знаний послужат методологической стратегией для построения *новой универсальной картины мира, соответствующей современному историческому периоду философского мировоззрения.*

10. Кибернетика. Наука об управлении и связи. Данной наукой сформулировано понятие «обратная связь» как основа саморегуляции систем. Особое значение данный принцип имеет для понимания сущности саморегуляции живых систем. Отрицательная обратная связь обуславливает гомеостаз живой системы, положительная обратная связь – онтогенез и эволюцию живых систем. Официально введено понятие «*информация*». Предложен *функциональный подход как разновидность системного подхода* (сигнал – отклик). Введено понятие черного ящика.

Таким образом, развитие естественно-научного мышления студентов является исключительно важным и вместе с тем сложным процессом, требующим интеграции философских, естественно-научных и гуманитарных знаний, которые должны применяться будущими педагогами при изучении всех естественных дисциплин. Знания такого рода служат методологической основой профессиональных компетенций будущих учителей.

2.14. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ КАТЕГОРИИ СОПРЯЖЕНИЯ В РАЗВИТИИ ДИАЛЕКТИЧЕСКОГО СТИЛЯ МЫШЛЕНИЯ

Основанием для актуализации проблемы развития диалектического стиля мышления обучаемых являются необоснованные устремления в нашем обществе заменить философию социологией, науковедением или даже теологией. В основе таких попыток лежит идея о том, что диалектический материализм устарел, исчерпал себя, а потому современная культура больше не нуждается в такой философии. Вместе с тем, практика свидетельствует, что преодоление кризисов в науке и обществе разрешалась именно на основе принципов данной философии, и культура продолжала эволюционировать в прогрессивном направлении. Философия диалектического материализма и в настоящее время не утратила систематизирующего ядра и способна выполнять систематизирующую функцию самого высоко уровня. Категориальная система диалектики по-прежнему способна выполнять интегративную функцию и выявлять перспективные направления развития науки. Она обладает огромным методологическим потенциалом и является самым мощным систематизирующим фактором во всех сферах человеческой деятельности, позволяющим развивать мышление до теоретического уровня и «интегрировать различные формы культуры» [192, с. 4].

Развивая это принципиальное положение, В.С. Степин подчеркивает, что в основе культуры лежит система мировоззренческих универсалий или категорий культуры, которые выступают ее систематизирующим фактором [там же]. Если эти универсалии усваиваются в процессе обучаемыми, то становятся категориальной структурой их сознания, диалектическим стилем мышления и фундаментом для формирования научного мировоззрения адекватного уровню развития современной цивилизации.

По мнению В.Е. Клементьева, «...философскую основу российских научно-педагогических исследований составляют два философских учения: диалектический материализм и эмпиризм. Наличие диалектического материализма не удивительно для наших отечественных ученых. Удивительно то, что большинство ученых-исследователей в своей познавательной деятельности лишь декларируют методологию диалектического материализма в процессе познания, а на самом деле, стоят на позиции стихийного эмпиризма в той или иной форме, который-то как раз критикуется в диалектическом материализме» [80].

Практика свидетельствует, что только немногие ученые действительно руководствуются в своих научно-педагогических исследованиях принципами диалектического материализма. К таким исследователям относятся В.В. Давыдов, П.Г. Щедровицкий, Э.В. Ильенков, В.С. Библер, В.И. Загвязинский, Г.И. Железовская и др. Вместе с тем, у большинства российских педагогов философской основой методологии научно-педагогического исследования по-прежнему является эмпиризм, а не диалектика, которая является наукой не только о наиболее общих законах природы и общества, но и общих законах мышления субъекта. Усвоение этих законов субъектами и применение их в процессе познавательной деятельности объектов и явлений природы будет целенаправленно формировать у них диалектический стиль мышления как наивысшую форму интегративных знаний. Особую актуальность решение данной проблемы приобретает при подготовке будущих учителей [33; 56].

Приоритет категорий диалектического материализма в научном познании определяется прежде тем, что они созданы на более широкой основе естественных и общественных наук и поэтому обладают огромным методологическим и творческим потенциалом по сравнению с понятиями частных наук. Универсальные принципы, законы и категории при их усвоении становятся и универсальными принципами познания природы, общества и мышления. «Категориальный каркас» диалектики отражает универсальные связи бытия и поэтому выступает как «грамматика» миропонимания. Признание диалектичности природы детерминирует необходимость ее адекватного отражения не только в сфере науки, но и сфере образования, которое является во многом проекцией науки. Из этого следует, что диалектическое мышление является родовой формой умственной деятельности человека во всех сферах его бытия.

Методологической основой для формирования и развития диалектического стиля мышления являются принципы, законы и категории диалектической и формальной логики. Формальная логика как наука, изучающая формы рационального мышления, определяет условия правильности рассуждений, аргументаций, которые имеют целью подтверждение истинности того или иного суждения (закона, теории, концепции). Данная наука абстрагируется от конкретного содержания мыслей, изучая их только с позиции логической структуры. Законы и принципы, сформулированные этой наукой, являются ключевым условием истинности выводных знаний.

Приоритетное место среди законов формальной логики занимает «достаточного основания закон», согласно которому любой исходный тезис является истинным лишь в том случае, если для него исходно сформулировано достаточное основание. Поэтому не случайно в названия кандидатских и докторских диссертаций включены такие понятия, как «основание» или «основы». По своей сути данный закон является общим методологическим принципом.

В развитии рационального мышления субъекта важную роль играют и другие законы, сформулированные в рамках формальной логики: «исключенного третьего закон», «противоречия закон», «тождества закон». Особого внимания заслуживает «противоречия закон», содержание которого не следует путать с основным законом диалектической логики – законом единства и борьбы противоположностей. Формальная логика и ее законы являются лишь формой выражения того содержания объектов и явлений бытия, которое раскрывается законами диалектической логики. В интеллектуально-речевой деятельности законы формальной логики выступают в качестве оснований аргументации, логической правильности с целью выявления истины.

Диалектическая логика интегрирует результаты познавательной и практической деятельности человеческой цивилизации и фиксирует их в своих категориях и законах, которые отражают *наиболее общие принципы организации и эволюции природы, общества и мышления*. Законы диалектики всеобщы и универсальны, поэтому и методы познания данной философии также универсальны. Диалектическая логика не игнорирует формальную логику, а лишь уточняет и конкретизирует методологический потенциал ее законов. Отсюда следует, что методологические потенциалы диалектики и формальной логики являются общей основой и должны быть умело использованы *любой наукой* при формировании и развитии научного знания. Эти логики тесно *сопряжены*, и поэтому для эволюции научного знания их законы и категории должны применяться в единстве. Конкретные науки разрабатывают свои *прикладные логики*, которые создают специфические методы и подходы для исследования своих объектов. Однако эти методы должны применяться в тандеме с методологическими подходами диалектической и формальной логики. Только в этом случае можно правильно понять сущность изучаемого объекта или явления и выразить его содержание средствами формальной логики.

Приведенные выше основания позволяют констатировать, что для формирования диалектического стиля мышления необходимы обе логики, которые вооружают субъекта (как ученого, так и студента) одновременно формально-логическими средствами и диалектическим методом познания бытия. «Чтобы изучать какую-либо форму мышления (например, гипотезу или даже понятие), надо к ней подойти во всеоружии как современного философского метода, так и формального аппарата» [84, с. 118]. При обнаружении формально-логического противоречия в научном или учебном познании его нужно разрешать логическими средствами. В случае обнаружения парадокса при изучении материальных или идеальных объектов следует использовать средства диалектической логики.

В настоящее время, как никогда ранее, наука и материалистическая диалектика нуждаются в более тесном сотрудничестве. Это обусловлено все нарастающими темпами научно-технического прогресса, который предопределяет спрос на более эффективные методы научного мышления. Наука подошла к той области глубинных и во многом опосредованных знаний, которые нельзя понять без диалектики. В то же время сам диалектический метод поднялся на более высокую ступень и способен в своих законах и категориях не только философски осмыслить и выразить результаты научного знания, но и предопределить стратегию его развития. Не менее важна роль материалистической диалектики и в «отсеивании» спекулятивных «теорий» и «концепций», которые массово множатся в связи с мировоззренческим кризисом в обществе.

Философия диалектического материализма оказывала существенное влияние на эволюцию научного знания в качестве теории познания и мировоззрения. В настоящее кризисное время, в котором до сих пор пребывает наше общество, особо остро встала проблема анализа понятий, теорий и универсальных принципов, определяющих стратегию развития природы и общества, а также их взаимосвязь. «Все чаще и чаще теперь задаются вопросы не только о том, что мы знаем о предмете, но и как мы узнали это, на основе какого метода, с помощью каких интеллектуальных и материальных средств пришли к знанию» [84, с. 84]. Такой социальный запрос можно удовлетворить двумя путями: углублением уже существующих категорий или выдвижением новых категорий на основе синтеза современных научных знаний и, прежде всего, – естественно-научных.

Фундаментальные естественно-научные понятия служат связующим звеном между категориями философии, которые они конкретизируют и общими понятиями, используемыми физической, химической, биологической и другими науками. Такое положение естествознания между самой общей наукой – философией и частными науками позволяет ему возвести фундаментальные естественно-научные понятия в статус метапредметных. Метапредметные понятия обладают существенным познавательным потенциалом в силу того, что *сопрягают* онтологию и эпистемологию (объективное знание и познавательный прием), эмпирический и теоретический уровень знаний, содействуют проектированию экспериментальных схем и аргументации полученных результатов.

Одной из причин снижения интереса к диалектическому материализму, по-видимому, является несоответствие темпов развития философских категорий с темпами развития общенаучных понятий и прежде всего естественно-научных, которые, в свою очередь, служат основным фундаментом для выдвижения новых философских категорий и углубления уже существующих. В этих условиях весьма актуальной является проблема формирования диалектического стиля мышления как интегративной формы знания и фундаментальной единицы, позволяющей определить стратегию сопряженного развития естественно-научных и философских категорий.

Существенный вклад в разработку концепции стиля научного мышления внес В.Н. Порус. По мнению данного философа, понятие стиля мышления позволяет улавливать фундаментальные идеи различных этапов развития науки сопоставлять их между собой, синтезировать и формулировать стратегию развития науки и общества [134]. Развивая это положение, Б.И. Пружинин отмечает, что «...стиль может претендовать на роль основного методологического фактора, ориентирующего познавательную деятельность ученого» [146, с. 68]. Согласно его точке зрения, в ходе познавательной деятельности ученого, на основе его интуиции, возникают новые идеи, которые становятся организующим началом. Они приобретают особую эпистемологическую значимость целостности познавательной деятельности, в рамках которой ученый выражает свое видение изучаемого объекта. Такая смысловая целостность и обозначается понятием стиля научного мышления, формированием которого в настоящее время активно занимаются педагогические науки [66; 67; 72].

Общей методологией формирования современного научного стиля мышления по-прежнему должна является материалистическая диалектика из-за своего предельно высокого уровня обобщения. Она вскрывает наиболее общие законы развития явлений объективного мира, которые одновременно являются законами развития человеческого мышления и познания. Из этого вытекает, что развитие понятий как формы отражения бытия также происходит в соответствии с этими законами. История развития естествознания подтверждает методологическую значимость принципов и категорий диалектического материализма. Однако достижения научного знания детерминируют необходимость творческого развития материалистической диалектики, переосмысления содержания ее категорий, их конкретизации на основе современных достижений науки, внесения в них необходимых модификаций, выдвижения новых естественно-научных и философских понятий, установления более тесных связей между ними и существующими категориями. В настоящий период развития человеческой цивилизации такие требования детерминированы революцией в естествознании, которая переросла в глобальную научно-техническую революцию. В этих условиях возникла проблема изменения формы материалистической диалектики. Общие принципы диалектики должны быть приложены к современным научным знаниям, и прежде всего, к естественно-научным. На основе такой интеграции возник системный подход, который, конкретизируя принципы диалектики, приобрел статус современного научного стиля мышления.

Идеи диалектики как наивысшей формы абстрактного знания конкретизируются в общенаучных методах познаний. Важнейшим из них является системный (системно-синергетический) подход, который широко используется при изучении неживой и живой природы. В свою очередь, сущность принципов диалектики и системного подхода раскрывается через философские категории, среди которых особо востребованной в настоящее время является категория взаимодействия. Это обусловлено высокими темпами научно-технической революции, которая детерминирует поиск более эффективных методов познания бытия. В свою очередь методы познания являются отражением тех или иных сторон *взаимодействия* и развития явлений мира. Взаимодействие является результатом движения материи, поэтому оно также неисчерпаемо, как движущаяся материя. Отсюда следует, что проблема понимания механизмов взаимодействия конкретных объектов на разных уровнях организации материи всегда будет

актуальной и насущной. Методологический анализ данной категории позволяет констатировать, что взаимодействие имеет как внешние, так и внутренние стороны, которые конкретизируются принципами второго порядка. Так, принцип суперпозиции (наложения) отражает внешние стороны взаимодействия, через которые высвечиваются некоторые черты причинных зависимостей. Поэтому ко всему содержанию взаимодействия он является лишь формой, поскольку дает приближенную картину взаимодействия. В предыдущих исследованиях нами показано, что одну из внутренних сторон взаимодействия выражает принцип сопряжения (взаимосвязи), который обеспечивает целостность любой материальной или идеальной системы и, следовательно, ее особое качество [141; 172; 173].

Сопряжение необходимо рассматривать как дополнение к системному подходу, как один из общих механизмов его реализации при изучении отдельных объектов и явлений. Системный подход, как общенаучная методология, определяет общую стратегию познания материальных систем. Однако не указывает конкретные механизмы (принципы), обеспечивающие объединение элементов в целостную систему, у которой на основе этого механизма возникнет особое качество. В процессе эволюции материи происходило усиление сопряженности между материальными элементами, что обеспечило качественную особенность физической, химической, биологической форм движения материи и их взаимосвязь.

Сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия и естественнонаучный принцип организации материи конкретизирует не только системный, но и деятельностный подход. Данный принцип одновременно предписывает и нахождение элементов у зарождающейся системы и выявляет сопряженную (общую) область между структурными элементами и механизмом их взаимосвязи. Принцип сопряжения, обеспечивающий интеграцию природных объектов и явлений, следует перенести в образовательную область, где он позволит выявить сопряженные пункты взаимосвязи наиболее общих понятий, законов, теорий и, в конечном итоге, на их основе создать научную картину мира, адекватную уровню развития современной цивилизации. Таким образом, принцип сопряжения может выполнять методологическую функцию в области науки и дидактическую – в области образования.

Методологическая функция сопряжения позволяет конкретизировать главную ступень основного закона диалектики – единства и борьбы

противоположностей, которая в диалектическом материализме обозначена как «тождество». Выделение этой категории в качестве приоритетной неслучайно. Конкретные противоречия разрешаются только в том случае, когда в противоположностях отыскиваются тождественные элементы, которые могут сопрягаться друг с другом и образовывать качественно новые системы. В образовательной области нахождение обучающимися тождественных элементов в определениях понятий позволит создать целостную понятийную систему. В процессе формирования такой понятийной системы на предметном, метапредметном и философском уровнях у обучаемых будет формироваться диалектический стиль мышления. Формирование знаний такого рода будет ответом на социальный заказ, обозначенный в государственных стандартах, о приоритетности методологических основ обучения в школе и вузе.

Таким образом, развитие диалектического стиля мышления проявляется, прежде всего, в совершенствовании категориального аппарата философии, которое осуществляется по двум направлениям: либо в обосновании и выдвижении новых категорий, либо в углублении уже существующих категорий на основе современных обобщенных (прежде всего, естественно-научных) научных знаний и фиксации их в определенном понятии. В нашем исследовании имеет место углубление философской категории взаимодействия одной из ее внутренних ее сторон, которая обозначена нами как сопряжение. Понятие «сопряжение» используется во всех предметах естественно-научного цикла и отражает важнейшие механизмы, обеспечивающие возникновение новых качеств у вновь возникших объектов и процессов. Однако во всех этих конкретных случаях оно не несет свойства всеобщности и универсальности. Такой статус сопряжение приобретает после подведения его под философскую категорию взаимодействия.

Возведение сопряжения в статус естественно-научной категории познания, которая отражает сущность одной из внутренних сторон взаимодействия, позволяет констатировать, что усвоение обучающимися методологического потенциала данной категории внесет существенный вклад в формирование и развитие у них современного диалектического стиля мышления. Как целостная смысловая познавательная деятельность, данная методология послужит основой для новых открытий в науке и более эффективных методов обучения в области образования.

2.15. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ КАТЕГОРИИ СОПРЯЖЕНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ

Содержательное реформирование и модернизация школьного и вузовского образования возможны только на основе фундаментальных идей, которые обозначат общую инновационную стратегию таких преобразований. В качестве такой стратегии познания и преобразования современной педагогической действительности выступают, прежде всего, как отдельные методологические подходы разного уровня общности, так и их конструкции, в которых методологический потенциал частных подходов «сливается» воедино, что позволяет глубже выявить сущность исследуемого объекта или явления. В основе таких подходов, как правило, лежат философские категории и принципы, которым присуще свойство *универсальности*. Поэтому не случайно И.А. Колесникова отмечает, что «в состоянии мастерства всегда заключено философское начало, указывающее путь к истокам осмысленного профессионального бытия...» [81, с. 240].

Анализ содержания авторефератов диссертационных исследований свидетельствует о постоянной востребованности методологического анализа подходов, которые авторы используют к исследованию состояния и преобразования педагогической реальности. О важности «выбора и конструирования методологических подходов с целью построения целостного методологического пространства (конструкта), в котором осуществляется познание и преобразование педагогической действительности», свидетельствует вышеприведенное высказывание А.А. Арламова [4, с. 24].

Философские и фундаментальные естественно-научные идеи кристаллизуются в процессе как минимум двух типов *взаимодействий*: 1) при *взаимодействии* субъекта познания и объектов действительности и 2) при *взаимодействии* субъекта познания с другими исследователями. Взаимодействие как атрибут материи и категория познания содержит в себе огромный методологический потенциал, который раскрыл Ф. Энгельс. Он отмечал, что сущность объектов и явлений познается при взаимодействии: «... взаимодействие является истиной *causafinalis* (конечной причиной. Ред.) вещей [209, с. 199]. Как универсальная форма изменения состояний тел, взаимодействие определяет существование, организацию и функционирование любой системы, а также ее эволюцию путем объединения с другими телами в систему более высокого уровня организации. Во всякой целостной системе взаимодействие сопровождается взаимным отражением телами свойств друг друга, в результате чего они могут меняться.

В современный период развития общества обнаруживаются изменения характера методологии: «из методологии общих норм и правил деятельности она превращается в методологию постановки и прояснения человеческих проблем» [88, с. 218]. В первую очередь она становится основой для осмысления и пересмотра современных культурных проблем. «Современная культура живет и обновляется в значительной мере благодаря тому, что осмысливает и использует свою методологичность, культивирует и развивает социально-гуманитарные аспекты» [там же]. Осмысление, понимание и внедрение в педагогическую практику методологических подходов разного уровня общности создаст фундамент для функционирования успешных образовательных систем, что будет детерминировать социальный и личностный прогресс членов общества, которые, в свою очередь, обеспечат научно-технический прогресс своего государства и его достойное место на мировой арене.

Содержанием того или иного методологического подхода могут являться разные основания. Такие фундаментальные основания обнаруживаются, прежде всего, у *категорий (или принципов)*, которые, обладая огромным методологическим потенциалом, применяются как общая стратегия для научного исследования той или иной формы движения материи. В свою очередь, категории и принципы сами выявляются в результате методологического анализа данных естественных и гуманитарных наук, а также их философского осмысления. Понимание категории как методологического подхода и ее истоков очень метко сформулировал Э.Г. Юдин: «...ученый внимательно вслушивается не только в собственный голос или голоса своих коллег, но и в то, что говорит ему объективная реальность...» [210, с. 30–39].

Анализ современных естественно-научных знаний, которые отражают результаты познания объективной реальности, позволил выявить, что среди основных философских понятий все возрастающее значение в настоящее время приобретает категория «*взаимодействие*». Это обусловлено научно-техническим прогрессом, который предопределяет спрос на более эффективные методы научного мышления. Опираясь на положение о том, что принцип неисчерпаемости материи предопределяет и принцип неисчерпаемости взаимодействия, нами была поставлена задача расширения и углубления нашего понимания сущности взаимодействия, одной из внутренних его сторон, которая отражает взаимные превращения и переходы, взаимную обусловленность и связь *при изучении конкретных*

материальных и идеальных объектов и явлений. На основании содержательного рассмотрения естественно-научных знаний, отражающих сущность различных форм движения материи, была выдвинута идея о том, что одну из внутренних сторон взаимодействия может в полной мере отражать понятие «*сопряжение*», которое трактуется как взаимосвязь и достаточно часто используется в естествознании при изучении механизмов взаимодействия (внутренней стороны) физической, химической и биологической форм движения материи. При изучении биологических явлений, в основе которых лежат явления физические и химические, это понятие используется особенно часто, в силу того, что сопряжение имеет место на каждом уровне организации живой системы, начиная с электронного уровня и заканчивая – биосферным. Вместе с тем, анализ смыслового содержания понятия «сопряжение», применяемого в курсах физики, химии и биологии позволяет констатировать, что во всех частных применениях (значениях) этого понятия оно не несет методологической нагрузки. И только после того как будут раскрыты генетические связи понятия сопряжения с философскими категориями (автор выявил такую связь с категорией взаимодействия) данное понятие будет выполнять функцию *естественно-научной категории*, обозначая общую закономерность для всех объектов природы, понимание которой продвигает научное (рациональное) знание вперед. Признание сопряжения как важнейшей внутренней стороны взаимодействия между структурными элементами материи, которое приводит к созданию качественно новой системы, позволяет, по мнению автора, перенести этот принцип в образовательную область и использовать его как методологическую основу (дидактический принцип) для выявления взаимосвязи между фундаментальными естественно-научными понятиями, которые будут способствовать формированию научной картины мира [143].

Отражая сущность одной из внутренних сторон взаимодействия, категория сопряжения расширяет границы нашего осмысления сущности принципов структурной организации материи в целом, благодаря чему открываются новые перспективы, новые подходы к решению важнейших проблем науки и их роли в понимании структуры *рационального познания*. Как логическая форма мышления *сопряжение выражает содержание других форм рационального познания*, и в частности, такой формы нормативного знания, как *стиль научного мышления*, который востребован в настоящее время как в области науки, так и в области образования.

Сопряжение как принцип внутреннего взаимодействия между структурными элементами материи, который приводит к созданию качественно новой системы, спроецирован нами в образовательную область и использован как методологическая основа для конкретизации таких важнейших общенаучных методов познания, как системный и деятельностный подходы, положенные в основу разработки современных школьных и вузовских стандартов.

Методологическая значимость принципа сопряжения в этом аспекте заключается в том, что он одновременно конкретизирует и системный, и деятельностный подходы. Первая часть этого принципа предписывает нахождение элементов у зарождающейся системы, вторая, деятельностная сторона, выявляет сопряженную (общую) область между структурными элементами, механизм взаимодействия между ними, который обуславливает выявление нового качества у изучаемой системы. В процессе познавательной деятельности школьников и студентов принцип *сопряжения* как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – *методологическом и общедидактическом*.

По мнению Н.С. Пурышевой, системно-деятельностный подход «не противоречит компетентностному, а, напротив, интегрирует его лучшие достижения как в педагогической науке, так и в практике обучения» [82, с. 11]. Компетентностный подход можно рассматривать, по-видимому, как методологию обособления и становления теоретической педагогики на основе компенсаторности и единства антропосоциального, системного и деятельностного подходов [4, с. 25]. Поэтому неслучайно школьные и вузовские стандарты ориентированы не только на усвоение выпускниками методологий системного и деятельностного подходов, которые направлены на усвоение *предметных, мепредметных* понятий, законов, теорий и *универсальных учебных действий*, но и на становление *личностных* характеристик выпускника. Такое сопряжение методологий, отражающих развитие природы и социума, позволит сформировать основы саморазвития и самовоспитания в соответствии с общечеловеческими ценностями и идеалами гражданского общества; готовность и способность к самостоятельной, творческой и ответственной деятельности. Итогом такого обучения и воспитания выпускников школ и вузов, в конечном итоге, должно явиться мировоззрение, соответствующее «современному уровню развития науки и общественной практики, основанного на диалоге культур, а также различных форм общественного сознания, осознание своего места в поликультурном мире» [190, с. 5].

По мнению В.А. Болотова и В.В. Серикова, компетентностный подход «выдвигает на первое место не информированность ученика, а *умение разрешать проблемы, возникающие в следующих ситуациях*: 1) в познании и объяснении явлений действительности; 2) при освоении современной технологии; 3) во взаимоотношениях людей, в этических нормах, при оценке собственных поступков; 4) в практической жизни при выполнении социальных ролей гражданина, члена семьи, покупателя, избирателя; 5) в правовых нормах и административных структурах, в потребительских и эстетических оценках; 6) при выборе профессии и оценке своей готовности к обучению в профессиональном учебном заведении, когда необходимо ориентироваться на рынок труда; 7) при необходимости решать собственные проблемы: жизненного самоопределения, выбора стиля и образа жизни, способов разрешения конфликтов» [18, с. 11].

При компетентностно-ориентированном обучении учащиеся и студенты всегда получают творческий продукт своей деятельности, при этом усваивается *способ, прием, метод, подход, стиль* эффективной работы. Именно в продукте, созданном ими, воплощается совместное творчество учителя и ученика [71].

Методологический потенциал сопряжения используется не только для понимания сущности организации, функционирования и эволюции объектов и явлений природы, но и как общая стратегия взаимодействия природы и социума. Так, при обсуждении проблемы формирования научного мировоззрения, адекватного практической реальности бытия общества, наиболее перспективной считается позиция теории коэволюции – взаимообусловленного, *сопряженного*, гармоничного развития системы «природа – жизнь – общество» [204] (курсив наш. – С.П.).

Категория «сопряжение» не только отражает один из механизмов организации и эволюции материи, но также является фундаментальным образовательным объектом, поскольку благодаря глубинному смыслу принадлежит как реальному, так и идеальному миру. Усвоение методологического потенциала категории сопряжения позволяет раскрыть один из внутренних механизмов не только системно-деятельностного подхода, но и механизм становления таких личностных характеристик выпускника школы и вуза, как *самоопределение, самоорганизация и самоутверждение*, которые тесно *сопряжены* между собой. В свою очередь, системно-деятельностный и личностный подходы также тесно сопряжены и определяют сущность компетентностного подхода в целом, который является общей стратегией формирования профессиональных качеств будущего учителя.

Профессиональная компетентность учителя как интегральная характеристика личности формируется в образовательном процессе как *сопряженные ключевых базовых и специальных компетенций*. Данная стратегия во многом согласуется с основными принципами «Учения о понятии» Ф. Гегеля, которое Ф. Энгельс приводит в своем знаменитом труде «Диалектика природы». «*Единичность, особенность и всеобщность* – вот те три определения, в которых движется все «Учение о понятии». При этом восхождение от единичного к особенному и от особенного к всеобщему совершается не одним, а многими способами...» [209, с. 194] (курсив наш. – С.П.).

Принципы данного учения позволяют выявить *в общих чертах* сущность отдельных компетенций, их методологический потенциал, взаимосвязь и общую стратегию их формирования. Так, *ключевые компетенции* можно определить как **всеобщую** стратегию и способности учителя для приложения их ко всем областям его профессиональной деятельности. *Базовые компетенции* следует трактовать как **особенные** (специфические), методологический потенциал которых приложим к педагогической деятельности. *Специальные компетенции* отражают **единичную** специфику конкретной предметной сферы профессиональной деятельности, в которой реализуются ключевые и базовые компетенции в области того или иного учебного предмета. Приоритетность выбора той или иной компетенции будет зависеть от уровня сложности (общности) анализируемой проблемы. Методологический потенциал компетенции должен соответствовать уровню сложности (общности) решаемой проблемы. При этом, менее интегральные компетенции также могут быть востребованы для выявления конкретных механизмов и путей решения отдельных задач. Таким образом, ключевые, базовые и специальные компетенции могут эффективно использоваться лишь как *сопряженная система*, позволяющая решать учителю профессиональные задачи разного уровня сложности и в разных условиях педагогической среды.

Принципы, лежащие в основе «Учения о понятии» позволяют глубже раскрыть не только сущность личностных характеристик учителя с позиции его профессиональной компетентности, но и личностные характеристики ученика, которые представляют собой диалектическое единство *общего* (социально-типического), *особенного* (классового, национального и т.д.) и *отдельного* (индивидуального) [116]. В современных условиях личность выступает как целостность, которая задана определенной социальной системой, стратегия которой отражена в Федеральном государственном образовательном стандарте второго поколения основного общего образования. Стандарт ориентирован на становление личностных характеристик

выпускника, основой которых являются предметные, метапредметные знания и универсальные учебные действия.

Категория «сопряжение» раскрывает более полно не только сущность компетентностного подхода, но и такого ключевого принципа педагогики, лежащего в основе учебно-воспитательной работы, как «педагогическое взаимодействие». Педагогическое взаимодействие является сложным процессом, включающим дидактические, воспитательные и социально-педагогические взаимодействия, сущность которых обусловлена конкретными целями и задачами реализуемых Государственных образовательных стандартов. Современный образовательный стандарт, в основе которого лежит методология компетентностного подхода, предусматривает такое педагогическое взаимодействие, которое основано на равенстве отношений между воспитателем и воспитанником, при этом педагоги и родители выступают в роли наставников. Реализация принципов компетентностного подхода при педагогическом взаимодействии между воспитателем и воспитанником в ходе учебно-воспитательной работы способствует не только становлению личности ученика, но и творческому росту педагога.

В основу педагогического взаимодействия должен быть положен также и *личностный подход* – «последовательное отношение педагога к воспитаннику как к личности, как к самостоятельному ответственному субъекту собственного развития и как к субъекту воспитательного взаимодействия» [128, с. 134]. Личностный подход является базовой ценностной ориентацией педагога, которая должна определять его стратегию во взаимодействии с каждым ребенком и коллективом в целом. Такой подход инициирует воспитанника в осознании себя личностью, в выявлении, раскрытии своих огромных потенциальных возможностей, становлении самосознания, в осуществлении личностно значимых и общественно приемлемых *самоопределения, самоорганизации, самореализации* и самоутверждения. Своеобразие личностных характеристик всех членов коллектива и их сопряжение во время учебно-воспитательного процесса позволяет учителю вывести в режим творчества не только каждого ученика, но и коллектив в целом.

Таким образом, проекция естественно-научной категории сопряжения в образовательную область позволяет рассмотреть ее как дидактический принцип реализации системно-деятельностного и личностного подходов при формировании профессиональных компетенций будущих учителей. Овладение студентами сопряжением как универсальной методологией познания будет способствовать развитию диалектического стиля мышления как интегративной формы знания при формировании у них ключевых, базовых и специальных компетенций.

ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

1. Всестороннее выявление *гносеологического значения моделирования* возможно только на основе диалектико-материалистической концепции метода моделирования, которая, исходя из фундаментального принципа познания – *принципа отражения*, позволяет раскрыть сущность и функции различного рода моделей.

2. Необходимость применения моделирования в образовательной области естествознания очевидна в силу сложности и комплексности этой предметной области. Кроме того, в последнее время наблюдается тенденция к изменению парадигмы подготовки обучающихся, а именно переход от экстенсивно-кумулятивной парадигмы к интенсивно-технологической, предполагающей *формирование методологической культуры у школьников и студентов* вплоть до интеллектуальной деятельности (В.И. Разумов). Поэтому нам представляется актуальным обучение моделированию и использованию системы моделей *при формировании фундаментальных естественно-научных понятий у обучающихся*, а также их применению при объяснении и интерпретации сущности законов и теорий, общих для курсов физики, химии, биологии.

3. Разработанная нами *«Атрибутивная модель понятия «материя»* в должной мере отражает и интерпретирует сущность *диалектического материализма* как основного метода познания материального мира. Поэтому она может претендовать на роль *метамодели* естествознания и определять *общую стратегию изучения всех естественных дисциплин, их преемственность и интеграцию*, способствовать *развитию теоретического мышления и научного мировоззрения* не только у учащихся, но и у студентов, учителей и преподавателей вуза.

4. Анализ концепций и теорий филогенеза мышления человека позволяет констатировать, что его развитие прошло длительный исторический путь от наглядно-действенного до понятийного и диалектического видов мышления. Промежуточным этапом на этом пути явилось наглядно-образное мышление. Последовательность прохождения данных этапов развития мышления характерна и для онтогенеза человека. Однако практика свидетельствует, что не только в школе, но и в вузе знания

большинства студентов не достигают теоретического уровня, в основе которого лежит понятийное мышление. Наибольшие затруднения в развитии мышления обучающихся возникают на этапе трансформации наглядно-образного мышления в понятийное.

5. В разрешении этой проблемы большое значение имеют результаты исследований в области физиологии мышления, полученные в лаборатории, руководимой Г.А. Твердохлебовым. Анализируя экспериментальные данные, автор обосновывает наличие еще одного вида мышления – *обобщенно-образного, являющегося связующим звеном между наглядно-образным и понятийным мышлением и определяющего стратегию данного перехода.*

6. Формированию обобщенно-образного вида мышления способствует метод *моделирования реальных объектов и процессов, лежащий в основе научного познания.* Метод моделирования обладает огромной *эвристической силой*, так как при конструировании моделей у обучающихся возникает *наглядный обобщенный образ моделируемого объекта.* Кроме того, построение моделей способствует *взаимодействию эмпирического и теоретического уровней познания, мышления с чувственностью, ненаглядных элементов с наглядными, что соответствует требованиям современной науки.* Эта функция облегчает понимание формальных теорий и является особенно важной в процессе обучения. Оперирование идеальными (мысленными) моделями представляет собой *элемент теоретической (умственной) деятельности,* складывающейся как из логического, дискурсивного мышления, так и из процесса творческого воображения. Использование разработанной нами системы образно-знаковых моделей разного уровня интеграции в учебном процессе показало, что они становятся для обучающихся своеобразными *методологиями* изучения конкретного материала и способствуют формированию у них *обобщенно-образного мышления,* которое является важнейшим звеном на пути к понятийному виду мышления.

7. Результаты наших исследований подтверждают эффективность и приоритетность методологических (*метапредметных*) основ содержания обучения. При усвоении этих основ обучающиеся вооружаются рациональными методами самоорганизации своей деятельности по осуществлению принятых целей учебного и общественного характера.

У них инициируется склонность к самообразованию, самосовершенствованию, к *творческой* деятельности; развиваются индивидуальные творческие потенции каждого субъекта обучения. Они знакомятся с *модельным* характером науки и образования; овладевают методом моделирования как важнейшим методом познания и как учебным средством для многих дидактических целей (наглядности, запоминания и т.д.); самостоятельно интегрируют знания и выражают это в виде образно-знаковых моделей разного уровня обобщения. Обогащая методологический аппарат, обучающиеся повышают свой теоретический уровень мышления; формируют естественно-научное мировоззрение. Все это, в конечном итоге, повышает *мотивацию* обучающихся к учебным предметам и к учению, делает их учебную деятельность более осмысленной и продуктивной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современная система подготовки бакалавров должна быть ориентирована на методологизацию и фундаментализацию профессионального образования за счет повышения роли философских, физико-химических, общебиологических основ естественных наук, в том числе биологии, сконцентрированных в *категориях* и понятиях. Данные знания способствуют формированию компетенций студентов, поскольку позволяют унифицировать способы решения профессиональных задач.

Развитие диалектической логики означает дальнейшую разработку *категорий* материалистической диалектики, обогащение их содержания, выдвижение *новых понятий*, выступающих в роли *категорий* диалектики, установление связи между ними, построение системы, позволяющей в наиболее полном виде выражать их содержание и двигать научное знание вперед. Опираясь на это фундаментальное положение, нами дано философское обоснование сущности *сопряжения* как важнейшей стороны *взаимодействия*. Вместе с тем, в работе представлено и естественно-научное обоснование сущности *сопряжения* как фундаментального принципа организации и развития материи.

Проведенный теоретический анализ по данной проблеме позволил выдвинуть положение о необходимости возведения понятия «сопряжение» и в ранг *метапредметной* категории. Осмысление и понимание *сопряжения* как фундаментального принципа организации и развития материи дает возможность, по мнению автора, спроецировать его в образовательную область и рассматривать в качестве важнейшего *метапредметного* средства обучения.

Сопряжение как принцип внутреннего взаимодействия между структурными элементами материи, который приводит к созданию качественно новой системы, спроецирован нами в образовательную область и использован как методологическую основу для конкретизации таких важнейших общенаучных методов познания, как системный и деятельностный подходы, положенные в основу разработки современных школьных и вузовских стандартов.

Методологическая значимость принципа сопряжения в этом аспекте заключается в том, что он одновременно конкретизирует и системный и деятельностный подходы. Первая часть этого принципа предписывает нахождение элементов у зарождающейся системы, вторая, деятельностная сторона, выявляет *сопряженную* (общую) область между структурными элементами, механизм взаимодействия между ними, который обуславливает выявление нового качества у изучаемой системы. В процессе познавательной деятельности школьников и студентов принцип *сопряжения* как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – *методологическом и общедидактическом*.

Категория «сопряжение» не только отражает один из механизмов организации и эволюции материи, но также является фундаментальным образовательным объектом, поскольку благодаря глубинному смыслу принадлежат как реальному, так и идеальному миру. Усвоение методологического потенциала категории *сопряжения* позволяет раскрыть один из внутренних механизмов не только системно-деятельностного подхода, но и механизм становления таких личностных характеристик выпускника школы и вуза, как *самоопределение, самоорганизация и самоутверждение*, которые тесно *сопряжены* между собой. В свою очередь, системно-деятельностный и личностный подходы также тесно *сопряжены* и определяют сущность компетентностного подхода в целом, который является общей стратегией формирования профессиональных качеств будущего учителя.

Осмысление и понимание сущности *сопряжения* как важнейшей стороны *взаимодействия* дает основание для предположения, что данная категория может быть обоснована и как важнейший *дидактический принцип обучения и воспитания*. Дидактические принципы, как правило, являются проекцией общих законов природы и тех философских категорий, через которые они выражаются. Педагогическая действительность свидетельствует, что такие дидактические *принципы*, как преемственность, системность, принцип развивающего обучения и др., выведены из философских законов и категорий, которые вскрывают наиболее общие тенденции развития явлений объективного мира, и одновременно являются правилами и формами человеческого познания, мышления.

Являясь главным компонентом развития, сопряжение и проявляется как развитие, выступает внутренним механизмом, обуславливающим *интегральность, целостность, направленность процессов развития любой системы и по существу регулирует развитие учебного познания*.

Огромная важность принципа сопряжения в познании материального мира инициировала наше исследование методологической значимости категории сопряжения в образовательной области и ее статуса в учебно-воспитательном процессе студентов вуза.

Принцип сопряжения способствует снятию существующего в предметной системе обучения *противоречия между разрозненным по предметам усвоением знаний студентов и необходимостью их синтеза, комплексным применением интегрированных знаний не только учителями в педагогической практике, но и любыми специалистами в их профессиональной деятельности*. Вооружение выпускников вузов знаниями и умениями такого рода есть актуальная социальная задача, обусловленная тенденциями интеграции в науке и практике и востребованностью **творческого подхода** к решению проблем в условиях научно-технического прогресса.

Использование в нашем исследовании *тандема* двух метапредметов «Знака» (моделирования) и «Категории» (сопряжения) можно обозначить как эффективную *метапредметную технологию обучения биологии*. Результативность методологического потенциала обоих метапредметов конкретизирована (доказана) при конструировании моделей, отражающих организацию биологической формы движения материи на разных уровнях.

Усвоение понятия «*сопряжение*» как важнейшей категории познания, отражающей одну из внутренних сторон взаимодействия в тандеме с методом *моделирования* позволяет понять конкретные механизмы организации, функционирования и эволюции биологической формы движения материи. Такое осмысление внесет определенный вклад в *формирование нового экологического мышления, сознания учащихся и студентов, которое станет в их профессиональной деятельности основой для реализации стратегии коэволюции – взаимообусловленного, сопряженного, гармоничного развития системы «природа – жизнь – общество»*.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексашина, И.Ю. Учитель и новые ориентиры образования (Гуманизация образования как предмет теоретической рефлексии и практического освоения учителем): моногр. / И.Ю. Алексашина. – Санкт-Петербург, 1997. – 153 с.
2. Алексашина, И.Ю. Программа по курсу «Естествознание» для 10–11 классов общеобразовательных учреждений / И.Ю. Алексашина, К.В. Галлактионов, И.С. Дмитриев, А.В. Ляпцев, И.И. Соколова. – URL: http://www.prosv.ru/ebooks/Aleksashina_Estestvozn_5-10-11_Progr/2.html
3. Аристотель. Сочинения: в 4 т. / Аристотель. – Москва, 1978–1984. – ISBN 978-5-403-03411-1.
4. Арламов, А.А. Целостность методологических подходов в педагогическом исследовании: подход как компонент системного познания / А.А. Арламов // Известия ВГПУ. Сер.: Пед. науки. – 2009. – № 6 (40). – С. 23–28. – ISBN 5-7822-0032-4.
5. Арсеньев, А.С. Анализ развивающегося понятия / А.С. Арсеньев, В.С. Библер, Б.М. Кедров. – Москва: Наука, 1967. – 439 с.
6. Астауров, Б.Л. Проблемы общей биологии и генетики / Б.Л. Астауров. – Москва: Наука, 1979. – 294 с.
7. Афанасьев, В.Г. Системность и общество / В.Г. Афанасьев. – Москва: Политиздат, 1980. – 368 с. – ISBN 978-5-9710-5306-4.
8. Ахметова, М.Н. Метапредметный подход в интерпретации текста / М.Н. Ахметова // Учёные записки ЗабГГПУ. – 2011. – № 2(37). – С. 24–26.
9. Барашенков, В.С. Вселенная в электроне. – Москва, 1988. – 287 с.
10. Бах, А.Н. Собрание трудов по химии и биохимии / А.Н. Бах. – Москва: Изд-во АН СССР, 1950. – 648 с.
11. Бахор, Т.А. Метапредметность как условие профессиональной подготовки бакалавров педагогического образования / Т.А. Бахор, Н.А. Мазурова, О.Н. Зырянова и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 6. – С. 408.
12. Березин, Б.Д. Курс современной органической химии: учебное пособие для вузов / Б.Д. Березин, Д.Б. Березин. – Москва: Высш. шк., 1999. – 768 с. – ISBN 5-06-003630-8.

13. Берулава, Г.А. Развитие естественно-научного мышления учащихся: методич. рекомендации. – Челябинск: Изд-во ЧГПИ «Факел», 1991. – 25 с.
14. Биологический энциклопедический словарь / гл. ред. М.С. Гиляров. – Москва: Сов. энцикл., 1986. – 831 с. – ISBN 5-85270-002-9.
15. Блинова, Т.Л. Метапредметность в подготовке учителя / Т.Л. Блинова // Педагогика. – 2018. – № 3. – С. 92–96.
16. Богданов, А.А. Тектология: Всеобщая организационная наука / А.А. Богданов. – Москва: Экономика, 2003. – 496 с. – ISBN 978-5-9710-6412-1.
17. Богоявленский, Д.Н. Психология усвоения знаний в школе / Д.Н. Богоявленский, Н.А. Менчинская. – Москва: Изд-во АПН СССР, 1959. – 347 с.
18. Болотов, В.А. Компетентностная модель: от идеи к образовательной программе / В.А. Болотов, В.В. Сериков // Педагогика. – 2003. – № 3. – С. 8–15.
19. Борзенков, В.Г. Теоретическая биология: размышление о предмете / В.Г. Борзенков, А.С. Северцев. – Москва: Знание, 1980. – 64 с.
20. Боришполец, К.П. Методы политических исследований / К.П. Боришполец. – Москва: Аспект-Прогресс, 2005. – 221 с. – ISBN 5-7567-0370-5.
21. Бурмакина, В.Ф. Метапредметность как способ формирования у школьников умения учиться / В.Ф. Бурмакина // Новая наука: современное состояние и пути развития. – 2015. – № 6 – 2. – С. 11–14.
22. Бэкон, Ф. Сочинения: в 2 т. / Ф. Бэкон. – Москва: Мысль, 1977, 1978. – ISBN 978-5-458-29133-0.
23. Введение в философию: учеб. для вузов: в 2 ч. / И.Т. Фролов, Э.А. Араб-Оглы, Г.С. Арефьева и др. – Москва: Политиздат, 1989. – Ч. 2. – 639 с.
24. Введение в философию: учеб. для вузов: в 2 ч. / И.Т. Фролов, Э.А. Араб-Оглы, Г.С. Арефьева и др. – Москва: Политиздат, 1989. – Ч. 1. – 367 с. – ISBN 5-250-01065-2.
25. Верзилин, Н.М. Проблема развития понятий в процессе обучения / Н.М. Верзилин // Советская педагогика. – 1966. – № 12.
26. Верзилин, Н.М. Общая методика преподавания биологии: учеб. для студ. биол. фак. пед. ин-тов / Н.М. Верзилин, В.М. Корсунская. – Москва: Просвещение, 1972. – 368 с.
27. Вернадский, В.И. Живое вещество / В.И. Вернадский. – Москва: Наука, 1978. – 350 с.
28. Вернадский, В.И. Биогеохимические очерки (1922–1932) / В.И. Вернадский. – Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1940. – 249 с.
29. Вилли, К. Биология (биологические процессы и законы): пер с англ. / К. Вилли, В. Датъе. – Москва: Мир, 1974. – 824 с.

30. Винер, Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине / Н. Винер. – 2-е изд. – Москва: Наука, 1983. – 343 с.
31. Виноградова, А.Д. Понимание и усвоение школьниками IV–V классов функциональной математической зависимости / А.Д. Виноградова // Ученые записки ЛГПИ им. Герцена. – Т. 96. – 1954.
32. Войшивилло, Е.К. Понятие как форма мышления: Логико-гносеологический анализ / Е.К. Войшивилло. – Москва: Изд-во МГУ, 1989. – 239 с.
33. Воробьева, И. И. Связь референтности и уровня развития диалектического мышления у студентов (на примере студентов психологических специальностей): дис ... канд. психол. наук / И.И. Воробьева. – Москва, 2010. – 154 с.
34. Выготский, Л.С. Игра и ее роль в психическом развитии ребенка / Л.С. Выготский // Вопр. психол. – 1966. – № 6. – С. 62–76.
35. Выготский, Л.С. Педагогическая психология / Л.С. Выготский; под ред. В.В. Давыдова. – Москва: Педагогика, 1991. – 480 с.
36. Выготский, Л.С. Проблема культурного развития ребенка / Л.С. Выготский // Педология. – 1928. – № 1. – С. 58–77.
37. Выготский, Л.С. Собр. соч.: в 6 т. / Л.С. Выготский. – Москва: Педагогика, 1984. – Т. 4. Детская психология. – 432 с.
38. Выготский, Л.С. Собр. соч.: в 6 т. / Л.С. Выготский. – Москва: Педагогика, 1983. – Т. 3. Проблемы развития психики. – 367 с.
39. Выготский, Л.С. Собр. соч.: в 6 т. / Л.С. Выготский. – Москва: Педагогика, 1982. – Т. 2. Проблемы общей психологии. – С. 252.
40. Вязовкин, В.С. Материалистическая философия и химия (химическая картина природы и ее эволюция) / В.С. Вязовкин. – Москва: Мысль, 1980. – 180 с.
41. Габриелян, О.С. Химия, 10 класс. Базовый уровень: учеб. для общеобразоват. учреждений. – 8-е изд., стереотип. / О.С. Габриелян. – Москва: Дрофа, 2012. – 191 с. – ISBN978-5-358-12176-8.
42. Габриелян, О.С. Химия 10. Учебник для общеобразовательных учреждений / Х – 46 / О.С. Габриелян, Ф.Н. Маскаев, С.Ю. Пономарев, В.И. Теренин; под. ред. В.И. Теренина. – 3-е издание, стереотип. – Москва: Дрофа, 2002. – 304 с. – ISBN 978-5-358-02123-5.
43. Габриелян, О.С. Химия. 8 класс: учебник для общеобразовательных заведений. – 4-е издание, стереотип. / О.С. Габриелян. – Москва: Дрофа, 2000. – 208 с. – ISBN 978-5-09-051289-3.

44. Гавриленко, В.Ф. Избранные главы физиологии растений: учеб. пособие / В.Ф. Гавриленко, М.В. Гусев, К.А. Никитин, П. Хофманн. – Москва: Изд-во МГУ, 1986. – 440 с.
45. Гальперин, П.Я. Введение в психологию: учебное пособие для вузов / П.Я. Гальперин. – Москва: Книжный дом «Университет», 1999. – 332 с.
46. Гальперин, П.Я. Зависимость двигательного навыка от типа ориентировки в задании / П.Я. Гальперин, Н.С. Пантина // Ориентировочный рефлекс и ориентировочно-исследовательская деятельность. – Москва: АПН РСФСР, 1958. – С. 322–328.
47. Гальперин, П.Я. К вопросу об инстинктах у человека / П.Я. Гальперин // Вопр. психол. – 1976. – № 1. – С. 28–37.
48. Гальперин, П.Я. К учению об интериоризации / П.Я. Гальперин // Вопр. психол. – 1966. – № 6. – С. 25–32.
49. Гальперин, П.Я. Методы обучения и умственное развитие ребенка / П.Я. Гальперин. – Москва: МГУ, 1985.
50. Гальперин, П.Я. Основные результаты исследований по проблеме «Формирование умственных действий и понятий» / П.Я. Гальперин. – Москва: Изд-во МГУ, 1965.
51. Гальперин, П.Я. Психология как объективная наука / П.Я. Гальперин. – Москва: МОДЭК, 1998. – 480 с.
52. Гальперин, П.Я. Введение в психологию: учеб. пособие для вузов / П.Я. Гальперин. – Москва: Университет, 1999. – 332 с. – ISBN 5-98227-105-5.
53. Гамезо, М.В. Психологические аспекты методологии и общей теории знаков и знаковых систем / М.В. Гамезо, Б.Ф. Ломов, В.Ф. Рубахин // Психологические проблемы переработки знаковой информации. – Москва, 1977. – С. 5–48.
54. Гегель, Г.В.Ф. Сочинения / Г.В.Ф. Гегель // Собр. соч.: в 13 т. – Москва–Ленинград: Соцэкгиз, 1934. – Т. 2. Философия природы. – 634 с.
55. Гегель, Г.В.Ф. Сочинения / Г.В.Ф. Гегель // Собр. соч.: в 13 т. – Москва–Ленинград: Соцэкгиз, 1937. – Т. 5. Наука логики. – 715 с.
56. Гильманшина, С.И. Формирование профессионального мышления будущих учителей на основе компетентностного подхода: дис. ... д-ра пед. наук / С.И. Гильманшина. – Казань, 2008. – 559 с.
57. Горелов, А.А. Концепции современного естествознания: учеб. пособие, практикум, хрестоматия / А.А. Горелов. – Москва: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1998. – 512 с.

58. Готт, В.С. Философские проблемы современного естествознания: учеб. пособие / В.С. Готт, В.С. Тюхтин, Э.М. Чудинов. – Москва: Высшая школа, 1974. – 264 с.
59. Грин, Н. Биология: в 3 т. / Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор; под ред. Р. Сопера. – Москва: Мир, 1990. – Т. 1. – 368 с. – ISBN 978-5-00101-297-9.
60. Громыко, Н.В. Метапредметный подход в образовании: как сценарировать и проводить учебное «метапредметное» занятие, реализуя новые образовательные стандарты / Н.В. Громыко // НИИ Инновационных стратегий развития общего образования: Вестник 2010–2011. – Москва: НИИ ИСРОО, Пушкинский институт, 2010–2011. – С. 114–119.
61. Громыко, Ю.В. Метапредмет Знак. Схематизация и построение знаков. Понимание символов: учебное пособие для учащихся старших классов / Ю.В. Громыко. – Москва: Пушкинский институт, 2001. – 288 с.
62. Давыдов, В.В. Основные проблемы развития мышления в процессе обучения / В.В. Давыдов // Хрестоматия по возрастной и педагогической психологии. – Москва, 1981. – Ч. II. – С. 204.
63. Давыдов, В.В. Теория развивающего обучения / В.В. Давыдов. – Москва: Интор, 1996. – 542 с.
64. Давыдов, В.П. Методология и методика психолого-педагогического исследования: учеб. пособие / В.П. Давыдов, П.И. Образцов, А.И. Уман. – Москва: Логос, 2006. – 128 с.
65. Даммер, М.Д. Методические основы построения опережающего курса физики основной школы / М.Д. Даммер. – Челябинск: ЧГПУ, 1996. – 241 с.
66. Дронова, Т.А. Креативный стиль мышления педагога как потенциал эффективности образовательного процесса в воспитательных учреждениях закрытого типа / Т.А. Дронова, Л.В. Ковтуненко // Культура физическая и здоровье. Науч.-мет. журнал. – 2010. – № 2(27). – С. 31–34.
67. Дронова, Т.А. Формирование интегрально-креативного стиля мышления у будущих педагогов / Т.А. Дронова, В.Г. Михайловский // Инновационные подходы к моделированию социальных систем и управлению ими: научно-методический сборник под общей редакцией О.Г. Федорова. – Москва: ООО «ЛАРК ЛТД», 2008. – 200 с. – С. 125–132.
68. Дубинин, Н.П. Общая генетика / Н.П. Дубинин. – 2-е изд. – Москва: Наука, 1976. – 572 с.

69. Дьюи, Д. Психология и педагогика мышления / Д. Дьюи; пер. с англ. Н.М. Никольской. – Москва: Совершенство, 1997. – 208 с. – ISBN 978-5-534-14265-5.
70. Дьюсбери, Д.А. Поведение животных: Сравнит. аспекты / Д. Дьюсбери; пер. с англ. И.И. Полетаевой. – Москва: Мир, 1981. – 479 с.
71. Елагина, В.С. Компетентностный подход к организации обучения студентов в педагогическом вузе / В.С. Елагина, С.М. Похлебаев // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 3 (часть 3). – С. 571–575.
72. Жулий, Ю.В. О реактуализации исследований природы и структуры диалектического противоречия / Ю.В. Жулий // Дискуссия: политематический журнал научных публикаций. – 2012. – № 2 (20). – С. 14–19.
73. Занков, Л.В. Обучение и развитие (экспериментально-педагогическое исследование): избр. пед. тр. / Л.В. Занков. – Москва: Педагогика, 1990. – С. 83–318.
74. Захаров, В.Б. Общая биология: учеб. для 10–11 кл. общеобразовательных учеб. заведений. – 3-е изд., стереотип. / В.Б. Захаров, С.Г. Мамонтов, Н.И. Сонин. – Москва: Дрофа, 2000. – 624 с. – ISBN 978-5-7107-8584-3.
75. Зверев, И.Д. Общая методика преподавания биологии: пособие для учителя / И.Д. Зверев, А.Н. Мягкова. – Москва: Просвещение, 1985. – 191 с.
76. Иост, Х. Физиология клетки / Х. Иост. – Москва: Мир, 1975. – 864 с.
77. Кабанова-Меллер, Е.Н. Формирование приемов умственной деятельности и умственное развитие учащихся / Е.Н. Кабанова-Миллер. – Москва: Просвещение, 1968. – 288 с.
78. Кант, И. Критика практического разума: соч. в 6 т. / И. Кант. – Москва: Мысль, 1980. – Т. 1. – 543 с.
79. Кедров, Б.М. Предмет и взаимосвязь естественных наук / Б.М. Кедров. – Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1962. – 412 с.
80. Клементьев, В.Е. Образование как предмет познания / В.Е. Клементьев. – URL: http://nature.web.ru/db/msg.html7micNI_184924&uri=page7.html, 07. 12. 2005.
81. Колесникова, И.А. Педагогическая реальность в зеркале межпарадигмальной рефлексии / И.А. Колесникова. – Санкт-Петербург: СПбГУПМ, 1999. – 242 с. – ISBN 5-7434-0014-8.
82. Комиссаров, Б.Д. Методологические проблемы школьного биологического образования / Б.Д. Комиссаров. – Москва: Просвещение, 1991. – 160 с.

83. Комиссаров, Г.Г. Химия и физика фотосинтеза / Г.Г. Комиссаров. – Москва: Знание, 1980. – 64 с.
84. Копнин, П.В. Диалектика, логика, наука / П.В. Копнин. – Москва: Наука, 1973. – 464 с.
85. Королев, М.Ю. Методическая система обучения методу моделирования студентов естественно-научных и математических направлений подготовки в педвузах: дис. ... д-ра педагогических наук: 13.00.02 / М.Ю. Королев. – Москва, 2012. – 501 с.
86. Корчагина, В. А. Биология: Растения, бактерии, грибы, лишайники: учеб. для 5–6 кл. сред. шк. – 20-е изд., перераб. / В.А. Корчагина. – Москва: Просвещение, 1988. – 256 с.
87. Коршунова, О.В. Метапредметность в современном обучении: сущность, признаки, проблемы и варианты реализации / О.В. Коршунова // Образование личности. – № 4. – 2016. – С. 171–180.
88. Краткий философский словарь / А.П. Алексеев, Г.Г. Васильев и др.; под ред. А.П. Алексеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Велби: Проспект, 2004. – 496 с.
89. Кретович, В.Л. Биохимия растений: учеб. для биол. фак. ун-тов / В.Л. Кретович. – Москва: Высш. шк., 1980. – 445 с.
90. Курсанов, Г.А. Диалектический материализм о понятии / Г.А. Курсанов. – Москва: ВПШ АОН при ЦК КПСС, 1963. – С. 250.
91. Кэмп, П. Введение в биологию: пер. с англ. / П. Кэмп, К. Армс. – Москва: Мир, 1988. – 671 с.
92. Ленин, В.И. Материализм и эмпириокритицизм / В.И. Ленин // Полн. собр. соч. – 5-е изд. – Москва: Гос. изд-во полит. лит., 1961. – Т. 18. – 525 с.
93. Ленин, В.И. Философские тетради / В.И. Ленин // Полн. собр. соч. – 5-е изд. – Москва: Политиздат, 1963. – Т. 29. – 782 с.
94. Ленин, В.И. Материализм и эмпириокритицизм / В.И. Ленин // Полн. собр. соч. – 5-е изд. – Москва: Политиздат, 1980. – Т. 18. – 525 с.
95. Ленин, В.И. Полн. собр. соч. / В.И. Ленин. – 5-е изд. – Москва: Политиздат, 1981. – Т. 41. – 695 с.
96. Ленин, В.И. Полн. собр. соч. / В.И. Ленин. – 5-е изд. – Москва: Политиздат, 1981. – Т. 42. – 606 с.
97. Ленинджер, А. Биохимия / А. Ленинджер; пер. с англ.; под ред. А.А Баева и Я.М. Варшавского. – Москва: Мир, 1974. – 959 с.
98. Леонтьев, А. Н. Избранные психологические произведения: в 2 т. / А.Н. Леонтьев. – Москва, 1983. – Т. 1.

99. Леонтьев, А.Н. Деятельность. Сознание. Личность / А.Н. Леонтьев. – Москва: Изд-во полит. лит., 1975. – 304 с.
100. Леонтьев, А.Н. К теории развития психики ребенка / А.Н. Леонтьев // Проблемы развития психики. – Москва, 1981. – С. 509–537.
101. Леонтьев, А.Н. Психологические вопросы сознательности учащихся / А.Н. Леонтьев. – Москва: Известия АПН РСФСР, 1947. – Вып. 7. – С. 301.
102. Леонтьев, А.Н. Избранные психологические произведения: в 2 т. / А.Н. Леонтьев. – Москва: Педагогика, 1983. – Т. 2. – 320 с.
103. Леонтьев, А.Н. Философия психологии: из научного наследия / А.Н. Леонтьев; под ред. А.А. Леонтьева, Д.А. Леонтьева. – Москва: МГУ, 1994. – 288 с.
104. Локк, Дж. Сочинения: в 3 т. / Дж. Локк. – Москва: Мысль, 1985 – Т. 1. – ISBN 5-244-00084-5.
105. Ляпунов, А.А. Об управляющих системах живой природы и общем понимании жизненных процессов / А.А. Ляпунов. – Москва: Изд-во АН СССР, 1962. – 345 с.
106. Максимова, В.Н. Междпредметные связи в процессе обучения / В.Н. Максимова. – Москва: Просвещение, 1988. – 192 с. – ISBN 5-09-000389-0.
107. Маркс, К. Сочинения: в 30 т. / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд. – Москва: Госполитиздат, 1961. – Т. 20. – 827 с.
108. Маркс, К. Сочинения: в 30 т. / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд. – Москва: Госполитиздат, 1961. – Т. 23. – С. 188.
109. Материалистическая диалектика как общая теория развития / под руководством и общей редакцией Л.Ф. Ильичева. – Москва: Наука, 1982. – 464 с.
110. Матюхина, М.В. Мотивация учения младших школьников / М.В. Матюхина. – Москва: Педагогика, 1984. – 144 с.
111. Матюшкин, А.М. Теоретические вопросы проблемного обучения / А.М. Матюшкин // Хрестоматия педагогической и возрастной психологии. – Москва, 1981. – Ч. II. – С. 274.
112. Международное мониторинговое исследование качества школьного математического и естественно-научного образования TIMSS <https://ru.wikipedia.org/wiki/TIMSS>
113. Менчинская, Н.А. Мышление в процессе обучения / Н.А. Менчинская // Исследование мышления в советской психологии. – Москва: Изд-во Наука, 1966. – С. 354.

114. Менчинская, Н.А. Проблема обучения и развития на XVIII Международном психологическом конгрессе / Н.А. Менчинская, Г.Г. Сабуров // Советская педагогика. – 1967. – № 1. – С. 20.
115. Менчинская, Н.А. Психология усвоения понятий (основные проблемы и методы исследования) / Н.А. Менчинская // Известия АПН РСФСР. – Вып. 28. – 1950. – С. 6.
116. Немов, Р.С. Психология образования / Р.С. Немов. – Москва: Просвещение: Владос, 1994. – 496 с.
117. Николс, Д. Биоэнергетика. Введение в хемиосмотическую теорию: пер. с англ. / Д. Николс. – Москва: Мир, 1985. – 190 с.
118. Новик, И.Б. Философские идеи Ленина и кибернетика / И.Б. Новик. – Москва, 1969. – С. 22.
119. Новиков, И. Черные дыры и вселенная / И. Новиков. – Москва: Мол. гвардия, 1985.
120. Общая биология: Учеб. для 10–11 кл. общеобр. учеб. заведений / В.Б. Захаров, С.Г. Мамонов, Н.И. Сонин. – 3-е изд., стереотип. – Москва: Дрофа, 2000. – 624 с.
121. Общая биология: учеб. для 9–10 кл. сред. шк. / Ю.И. Полянский, Д.А. Браун, Н.М. Верзилин и др.; под ред. Ю.И. Полянского. – 18-е изд., перераб. – Москва: Просвещение, 1988. – 287 с.
122. Общая биология: учеб. для 9–10 классов школ с углубленным изучением биологии / А.О. Рувинский, Л.В. Высоцкая, С.М. Глаголев и др.; под ред. А.О. Рувинского. – Москва: Просвещение, 1993. – 544 с. – ISBN 5-09-004184-9.
123. Ожегов, С.И. Словарь русского языка / С.И. Ожегов; под ред. Н.Ю. Шведовой. – 18-е изд. – Москва: Рус. яз., 1986. – 797 с. – ISBN 5-200-01088-8.
124. Органикум: в 2 т. Т. 2 / Х. Беккер, Г. Домшке, Э. Фангхенель и др. пер. с нем. Х.Б. Заборенко и др. – Москва: Мир, 1992. – 474 с. – ISBN 5-03-001966-9.
125. Павлов, И.П. Избранные произведения / И.П. Павлов; под общей ред. Х.С. Хоштоянца. – Москва: Наука, 1951. – 582 с.
126. Пармон, Н.В. Новое в теории появления жизни / Н.В. Пармон // Химия и жизнь. – 2005. – № 5. – С. 11–15.
127. Певин, Н.М. Управление чувственным познанием школьников на основе знаковой учебной модели / Н.М. Певин, Р.Д. Певина. – URL: <http://go.mail/ru/cached?α=cfche:7amKV45EICOJ:hittp%3A%2F%2Fwww/infor-mika....> 21.11. 2005.

128. Педагогический энциклопедический словарь / гл. ред. Б.М. Бим-Бад. – Москва: Большая Российская энциклопедия, 2003. – 528 с. – ISBN 5-09-004184-9.
129. Петров, А.В. Дидактические основы реализации принципов преемственности и развивающего обучения при формировании фундаментальных понятий в преподавании физики в педвузе: дис. ... д-ра пед. наук / А.В. Петров. – Горно-Алтайск, 1996. – 203 с.
130. Пиаже, Ж. Избранные психологические труды / Ж. Пиаже. – Москва: Международ. пед. акад., 1994. – 678 с.
131. Полевой, В.В. Физиология растений: учеб. для биол. спец. вузов / В.В. Полевой. – Москва: Высш. шк., 1989. – 464 с. – ISBN 5-06-001604-8.
132. Полн. собр. соч. / В.И. Ленин. – 5-е изд. – Москва: Политиздат, 1980. – Т. 26. – 590 с.
133. Полн. собр. соч. / В.И. Ленин. – 5-е изд. – Москва: Политиздат, 1980. – Т. 20. – 583 с.
134. Порус, В.Н. Стиль научного мышления в когнитивно-методологическом, социологическом и психологическом аспектах / В.Н. Порус // Познание в социальном контексте. – Москва: РАН, 1994. – С. 63–80. – ISBN 978-985-530-374-0.
135. Похлебаев, С.М. «Эмблема жизни» выражение целостной системы живого / С.М. Похлебаев // Биология в школе. – 2004. – № 4. – С. 16–20.
136. Похлебаев, С.М. Атрибутивная модель понятия «Материя» как методологическая основа построения и развития современной общенаучной картины мира / С.М. Похлебаев, И.А. Третьякова // Наука и школа. – 2011. – № 5 – С. 65–68.
137. Похлебаев, С.М. Методологическая роль категории сопряжения в понимании сущности уникальных свойств биологически активных молекул / С.М. Похлебаев // Наука и школа. – 2017. – № 6. – С. 195–199.
138. Похлебаев, С.М. Методологическая роль категории сопряжения в развитии диалектического стиля мышления / С.М. Похлебаев, И.А. Третьякова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – №1 – С. 215–219.
139. Похлебаев, С.М. О методологических основах построения образовательной области «Биология» в учебных стандартах школ России / С.М. Похлебаев // Вестник Челяб. гос. пед. ун-та. Серия 2, Педагогика. Психология. Методика преподавания. – 2004. – № 8. – С. 218–229.

140. Похлебаев, С.М. Образно-знаковые модели к курсу «Физиология растений»: учеб.-методическое пособие / С.М. Похлебаев, И.А. Третьякова. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2006. – 147 с.
141. Похлебаев, С.М. Сопряжение и разобщение как диалектическая пара, и ее роль в создании и понимании хемиосмотической теории Митчелла / С.М. Похлебаев, И.А. Третьякова // Наука и школа. – 2011. – № 4. – С. 65–67.
142. Похлебаев, С.М. Сопряжение как механизм реализации межпредметных связей физики, химии и биологии / С.М. Похлебаев, И.А. Третьякова, М.Д. Даммер, А.А. Кохан // Перспективы развития науки и образования: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Тамбов, 28 февраля 2015. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 28 февраля 2015 г.: в 13 частях. Часть 13. – Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015.
143. Похлебаев, С.М. Сопряжение как фундаментальный принцип организации и развития материи / С.М. Похлебаев, О.С. Похлебаева // Наука и школа. – 2009. – № 6. – С. 30–32.
144. Похлебаев, С.М. Теоретико-методологический анализ содержания образовательной области «Биология» в учебных стандартах школ России / С.М. Похлебаев, В.С. Похлебаев // Вестник Челяб. гос. пед. ун-та. Серия 10. Экология. Валеология. Педагогическая психология. – 2003. – № 4. – С. 167–180.
145. Прангишвили, И.В. Системный подход и общесистемные закономерности / И.В. Прангишвили. – Москва: Синтег, 2000. – 528 с. – ISBN 5-89638-042-9.
146. Пружинин, Б.И. Стиль научного мышления в отечественной философии науки / Б.И. Пружинин // Вопросы философии. – 2011. – № 6. – С. 64–75.
147. Пурышева, Н.С. О метапредметности, методологии и других универсалиях / Н.С. Пурышева, Н.В. Ромашкина, О.А. Крысанова // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2012. – № 1 (1). – С. 11–17. – ISBN 5-85746-659-8.
148. Пюльман, Б. Квантовая биохимия / Б. Пюльман, А. Пюльман. – Москва: Мир, 1965. – 654 с.
149. Рубин, Б.А. Биохимия и физиология фотосинтеза: учеб. пособие / Б.А. Рубин, В.Ф. Гавриленко. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1977. – 328 с.

150. Рубинштейн, С.Л. Основы общей психологии (Серия «Мастера психологии») / С.Л. Рубинштейн. – Санкт-Петербург, 1999. – 720 с.
151. Рубинштейн, С.Л. Принципы и пути развития психологии / С.Л. Рубинштейн. – Москва, 1959. – С. 61.
152. Свирский, М.С. Электронная теория вещества: учеб. пособие для студ. Физ.-мат. фак. пед. ин-тов / М.С. Свирский. – Москва: Просвещение, 1980. – 288 с.
153. Скрипкина, Ю.В. Метапредметный подход в новых образовательных стандартах: вопросы реализации / Ю.В. Скрипкина // Интернет-журнал «Эйдос». – 2011. – № 4. – URL: <http://www.eidos.ru/journal/2012/0229-10.htm>.
154. Советский энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. – 3-е изд. – Москва: Сов.энцикл., 1985. – 1600 с. – ISBN 5-8527-001-0.
155. Соколовский, Ю.И. Понятие работа и закон сохранения и превращения энергии (научно-методический анализ) / Ю.И. Соколовский // Институт методов обучения АПН РСФСР. – 1950.
156. Солопов, В.П. Концепции современного естествознания: учеб. пособие для вузов / В.П. Солопов. – Москва: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1998. – 232 с.
157. Спиркин, А.Г. Методология / А.Г. Спиркин, Э.Г. Юдин. – URL: <http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/076/034.htm> 07. 12. 2005.
158. Степанова, М.А. Предпосылки теории планомерно-поэтапного формирования умственных действий и понятий: Л.С. Выготский и П.Я. Гальперин / М.А. Степанова // Вопросы психологии. – № 6. – 2000. – С. 91.
159. Судьина, Е.Г. Хлорофиллаза и биосинтез хлорофилла: автореферат дис. на соискание ученой степени доктора биологических наук (03.00.04) / АН УССР. Ин-т ботаники им. Н.Г. Холодного / Е.Г. Судьина. – Киев: [б. и.], 1974. – 43 с.
160. Суровикина, С.А. Развитие естественно-научного мышления учащихся в процессе обучения физике: Теоретический аспект: монография / С.А. Суровикина. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. – 260 с.
161. Талызина, Н.Ф. Развитие П.Я. Гальпериным деятельностного подхода в психологии / Н.Ф. Талызина // Вопросы психологии. – 2002. – № 4 – С. 47–49.
162. Талызина, Н.Ф. Теоретические основы разработки модели специалиста / Н.Ф. Талызина. – Москва: Знание, 1986. – 108 с.

163. Талызина, Н.Ф. Управление процессом усвоения знаний / Н.Ф. Талызина. – Москва: Изд-во МГУ, 1975. – 343 с.
164. Тимирязев, К.А. Избранные сочинения: в 4 т. / К.А. Тимирязев. – Москва: Огиз-сельхозгиз, 1948. – Т. 1. Солнце, жизнь и хлорофилл. – 695 с.
165. Тимирязев, К.А. Исторический метод в биологии: Избр. соч.: в 4 т. – Москва: Сельхозгиз, 1948. – Т. 3. – 644 с.
166. Тимирязев, К.А. Жизнь растения. Десять общедоступных лекций / К.А. Тимирязев. – Москва: Гос. изд-во с/х лит., 1949. – 334 с.
167. Тимофеев-Ресовский, Н.В. Уровни организации жизни на земле и среда протекания эволюционных процессов / А.Н. Тюрюканов, В.М. Федоров, Н.В. Тимофеев-Ресовский // Биосферные раздумья. – Москва, 1996. – 368 с. – ISBN 5-7944-0429-9.
168. Тодд, А.Я. Я химик-биоорганик / А.Я. Тодд // Химия и жизнь. – 1979. – № 4. – С. 30–32.
169. Третьякова, И.А. Методологическая роль понятия «Сопряжение» в понимании коэволюции типов обмена веществ и среды обитания организмов / И.А. Третьякова, С.М. Похлебаев // Наука и школа. – 2011. – № 6. – С. 85–88.
170. Третьякова, И.А. Методологическая роль сопряженной системы «эмблема жизни» в формировании биологической картины мира / И.А. Третьякова // Фундаментальные исследования. – 2015. – 2 (22). – С. 5008–5014.
171. Третьякова, И.А. Обобщение и развитие как сопряженная диалектическая пара рационального познания / И.А. Третьякова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6 (2). – С. 458–463.
172. Третьякова, И.А. Сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия и методология познания / И.А. Третьякова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11 (9). – С. 1929–1933.
173. Третьякова, И.А. Сопряжение как один из принципов интеграции естественно-научных знаний / И.А. Третьякова // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. – 2016. – № 2. – С. 86–93.
174. Третьякова, И.А. Сопряжение методологий как общая стратегия изучения биологических систем / И.А. Третьякова // Наука и школа. – 2012. – № 5. – С. 83–86.

175. Третьякова, И.А. Форма и содержание как сопряженная диалектическая пара рационального познания при изучении биологических объектов / И.А. Третьякова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4. – URL: <http://www.science-education.ru/118-14081> (дата обращения: 25.07.2014).
176. Третьякова, И.А. Теоретико-методологические создания «Эмблемы жизни» и ее роль в формировании экологического мышления и сознания / И.А. Третьякова, В.С. Елагина, С.М. Похлебаев // Успехи современного естествознания. – 2011. – №. 9 – С. 14–18.
177. Третьякова, И.А. Теория и практика формирования и развития сопряженных физиологических понятий «фотосинтез» и «дыхание» в курсе биологии: монограф. / И.А. Третьякова, С.М. Похлебаев. – Челябинск: Изд-во Южно-Урал. гос. гуман.-пед. ун-та, 2018. – 245 с. – ISBN 978-5-6042129-2-9.
178. Уемов, А.И. Логические основы метода моделирования / А.И. Уемов. – Москва: Мысль, 1971. – 272 с.
179. Урсул, А.Д. Отражение и информация / А.Д. Урсул. – Москва: Мысль, 1973. – 231 с.
180. Усова, А.В. Об усвоении учащимися понятий «вещество» / А.В. Усова, М.Ж. Симонова, О.А. Яворук // Научные понятия в учебно-воспитательном процессе школы и вуза: тез. докл. – Челябинск: Изд-во ЧГПИ «Факел», 1995. – Ч. 1. – С. 116–122.
181. Усова, А.В. Проблемы теории и практики обучения в современной школе / А.В. Усова. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2002. – 221 с.
182. Усова, А.В. Влияние системы самостоятельных работ на формирование у учащихся научных понятий (на материале физики первой ступени): дис. ... д-ра пед. наук / А.В. Усова. – Ленинград, 1970. – Ч. 1. – 481 с.; Ч. 2. – 523 с.
183. Усова, А.В. Межпредметные связи в условиях стандартизации образования / А.В. Усова // Физика в школе. – 2000. – № 3. – С. 46–48.
184. Усова, А.В. Межпредметные связи как необходимое дидактическое условие повышения научного уровня преподавания основ наук в школе / А.В. Усова // Межпредметные связи в преподавании основ наук в школе: вып. 1. – Челябинск, 1973. – С. 23–28.
185. Усова, А.В. Новая концепция естественнонаучного образования / А.В. Усова. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2005. – 45 с. – ISBN 5-85716-032-4.
186. Усова, А.В. Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения / А.В. Усова. – Москва: Педагогика, 1986. – 176 с.

187. Усова, А.В. Методологические аспекты профессиональной подготовки студентов вузов / А.В. Усова // Наука. Культура. Образование. – № 10. – 2002. – С. 68–71.
188. Усова, А.В. Новая концепция естественно-научного образования и педагогические условия ее реализации / А.В. Усова. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000. – 48 с. – ISBN 5-85-716-032-4.
189. Усова, А.В. Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения / А.В. Усова. – Москва: Изд-во Ун-та РАО, 2007. – 309 с. – ISBN 5-204-00491-2.
190. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. № 1897.
191. Федоров, В.Д. Экология / В.Д. Федоров, Т.Г. Гильманов. – Москва: Изд-во МГУ, 1980. – 464 с.
192. Философия в современной культуре: новые перспективы (материалы «круглого стола») // Вопросы философии. – № 4. – 2004. – С. 3–53.
193. Философские основания естествознания / под ред. С.Т. Мелюхина, Г.Л. Фурмонова, Ю.А. Петрова и др. – Москва: изд-во Моск. ун-та, 1977. – 343 с.
194. Философский словарь / под ред. И.Т. Фролова. – Москва: Политиздат, 1986. – 590 с. – ISBN 5-250-02742-3.
195. Фихте, И.Г. Сочинения: в 2 т. / И.Г. Фихте. – Т. 1. Основы общего наукоучения. – Москва; Санкт-Петербург: Мифрил, 1993. – С. 65–337. – ISBN 5-86457-003-6.
196. Формирование естественно-научного мышления учащихся при изучении школьного курса биологии: учеб-метод. комплекс / сост. С.М. Похлебаев. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 1999. – 143 с.
197. Фридман, Л.М. Использование моделирования в обучении / Л.М. Фридман // Вестник ЧГПИ. Сер. 2. Педагогика. Психология. Методика преподавания. – 1995. – № 1. – С. 88–93. – ISBN 5-85716-034-0.
198. Фридман, Л.М. Психолого-педагогическая модель высшего образования / Л.М. Фридман // Вестник ЧГПИ. Сер. 2. Педагогика. Психология. Методика преподавания. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 1995. – № 1. – С. 120–125. – ISBN 5-85716-034-0.
199. Хайнд, Р. Поведение животных / Р. Хайнд. – Москва: Мир, 1975. – 856 с.
200. Хинчин, А.Л. Основные понятия математики и математические определения в средней школе / А.Л. Хинчин. – Москва: Учпедгиз, 1940.

201. Хрипкова, А.Г. Создание интегративного курса – объективная необходимость / А.Г. Хрипкова, А.Н. Мягкова, Г.С. Калинова // Биология в школе. – 1990. – № 1. – С. 48–50.
202. Хуторской, А.В. Дидактическая эвристика. Теория и технология креативного обучения / А.В. Хуторский. – Москва: изд-во МГУ, 2003. – 416 с. – ISBN 5-211-04710-9.
203. Шарыпова, Н.В. Метапредметность в современном биологическом образовании на разных ступенях образовательного процесса / Н.В. Шарыпова, С.И. Коурова, Н.В. Павлова // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 6. – URL: <http://science-education.ru/article/view?id=27236> (дата обращения: 20.09.2019).
204. Шаталов, А.Т. К проблеме становления биофилософии / А.Т. Шаталов, Ю.И. Оленников. – Минск: Белорусская цифровая библиотека LIBRARY.BY, 06 января 2007. – URL: <http://www.philosophy.ru/>. – ISBN 5-201-01930-7.
205. Швейцер, А. Благоговение перед жизнью / А. Швейцер; пер. с нем. А.А. Гусейнова. – Москва: Прогресс. – 1992. – 576 с. – ISBN-5-01-002083-1.
206. Шевцова, З.И. Психология формирования абстрактных понятий у учащихся средней школы: автореф. дис. ... канд. пед. наук / З.И. Шевцова. – Москва, 1962. – 19 с.
207. Штофф, В.А. Моделирование и философия / В.А. Штофф. – Москва–Ленинград: Наука, 1966. – 302 с.
208. Эмануэль, Н.М. Курс химической кинетики / Н.М. Эмануэль, Д.Г. Кнорре. – Москва: Высшая школа, 1984. – 463 с.
209. Энгельс, Ф. Диалектика природы / Ф. Энгельс. – Москва: Политиздат, 1987. – 349 с.
210. Юдин, Э.Г. Системный подход и принципы деятельности / Э.Г. Юдин. – Москва: Наука, 1978. – 391 с.
211. Якушкина, Н.И. Физиология растений: учеб. пособие для студентов биол. спец. высш. пед. учеб. заведений / Н.И. Якушкина. – Москва: Просвещение, 1993. – 335 с. – ISBN 5-09-004106-7.
212. Carpinskya, R.S. Biophilosophy — new investigation trend / R.S. Carpinskya // XIX World Congress of Philosophy. – Moscow, 22–28 Aug. – 1993. – Vol. 1. – Sec. – № 14.

Научное издание

Похлебаев Сергей Михайлович

**РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТАПРЕДМЕТНОГО ПОТЕНЦИАЛА
КАТЕГОРИИ СОПРЯЖЕНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ. ИЗБРАННОЕ**

Монография

ISBN 978–5–907790–75–9

Работа рекомендована РИС ЮУрГГПУ
Протокол № 2/24 от 2024 г.

Издательство ЮУрГГПУ
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69

Редактор Е.М. Сапегина
Технический редактор В.В. Мусатов

Подписано в печать 12.12.2024 г. Тираж 500 экз.
Объем 19,43 уч.-изд. л. (31,02 усл. п. л.)
Формат 60x84/16. Заказ №

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ЮУрГГПУ
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69