

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический
университет»

И.А. ТРЕТЬЯКОВА, С.М. ПОХЛЕБАЕВ

**РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА –
ЭЛЕМЕНТАРНАЯ СОПРЯЖЕННАЯ
ЖИВАЯ СИСТЕМА**

МОНОГРАФИЯ

**Челябинск
2019**

УДК 581.17
ББК 28.55
Т 66

Третьякова, И.А. Растительная клетка – элементарная сопряженная живая система [Текст]: монография / И.А. Третьякова, С.М. Похлебаев. – Челябинск: Изд-во Южно-Урал. гос. гуман.-пед. ун-та, 2019. – 238 с.

ISBN 978–5–907210–82–0

В монографии представлен принципиально новый подход к изучению растительной клетки как целостной системы. В основе этого подхода лежит принцип сопряжения, который обобщен авторами ранее как важная внутренняя сторона взаимодействия, обеспечивающая новое качество у материальных объектов в процессе их эволюции.

Представленные образно-знаковые модели, сконструированные на основе принципа сопряжения, позволяют глубже осмыслить функционирование растительной клетки как *элементарной сопряженной живой системы*, а также усвоить методологический потенциал категории сопряжения, который внесет весомую лепту в формирование профессиональных компетенций будущего учителя.

Адресуется научным работникам, аспирантам, авторам школьных учебников, преподавателям, учителям, обучающимся разных учебных заведений, а также всем тем, кто интересуется методологическими основами биологии и естествознания в целом.

Рецензенты: М.Д. Даммер, д-р пед. наук, профессор
И.А. Гетманец, д-р биол. наук, профессор

ISBN 978–5–907210–82–0

© Третьякова И.А., 2019
© Похлебаев С.М., 2019
© Издательство Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. СОПРЯЖЕНИЕ КАК ПРИНЦИП ЗАИМОДЕЙСТВИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ	9
1.1. Уровни современного научного знания и их взаимосвязь	9
1.2. Сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия и методология естественнонаучного познания	14
1.3. Сопряжение как принцип структурной и функциональной организации биологической формы движения материи	38
1.4. Естественнонаучное мышление студентов как результат сопряжения естественнонаучных и гуманитарных знаний	46
1.5. Моделирование как форма сопряженной познавательной деятельности студентов при изучении биологии	62
1.6. Методологическая роль категории сопряжения в развитии диалектического стиля мышления	72
1.7. Сопряжение философского и биологического знания как основа формирования современного экологического сознания	83
1.8. Методологическая роль категории сопряжения в формировании профессиональных компетенций будущего учителя	95
ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ	105

ГЛАВА 2. РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА КАК СОПРЯЖЕННАЯ ЖИВАЯ СИСТЕМА.	109
2.1. Система сопряженных естественнонаучных понятий как метапредметная основа понимания сущности организации и функционирования биологических объектов. .	109
2.2. Методологическая роль определений жизни в понимании сущности организации и функционирования растительной клетки.	124
2.3. Методологическая роль категории сопряжения в понимании сущности уникальных свойств биологически активных молекул.	135
2.4. Сопряженные окислительно-восстановительные реакции как методологическая основа познания метаболизма растительной клетки	143
2.5. Методологические аспекты формирования понятия «обмен веществ» при изучении растительной клетки. . .	177
2.6. Сопряжение биологически активных молекул – фундаментальная основа проявлений жизни на клеточном уровне.	183
2.7. Методологические и методические аспекты изучения углеводного метаболизма растительной клетки как сопряженной системы.	193
2.8. Сопряжение статических и динамических моделей как методологическая основа для понимания сущности хемиосмотической теории П. Митчелла.	202
2.9. Сопряжение эмпирического и теоретического подходов как методологическая основа изучения оптических свойств хлорофилла.	209
ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ.	218
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.	223
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	225

ВВЕДЕНИЕ

Анализ состояния современного естествознания позволяет утверждать, что в понимании сущности принципов и законов организации и эволюции материи основополагающую роль играет философская категория взаимодействия. Взаимодействие как всеобщая форма связи тел и явлений, также неисчерпаемо, как и движущаяся материя. Отсюда следует, что неисчерпаемость форм движения материи опосредует неисчерпаемость и форм взаимодействий. Кроме того, при анализе категории взаимодействия обнаруживается, что взаимодействие имеет как внешнюю, так и внутреннюю стороны. В наших исследованиях при изучении биологических объектов и явлений приоритет был отдан внутренней стороне взаимодействия, которая отражает их содержательную характеристику. Кроме того, одна из внутренних сторон взаимодействия, которая обуславливает возникновение качественно новых материальных систем, была обозначена нами как *сопряжение* [13; 17]. Как внутренняя сторона взаимодействия сопряжение играет важнейшую роль в организации и эволюции материи, в целом, и биологической формы ее движения, в частности.

Подтверждением этого тезиса служит мнение ученых, которые констатируют, 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» [18, с. 165] (курсив наш – И.Т., С.П.). Остается лишь дополнить, что живые системы всех уровней организации – от клетки до биосферы – являются динамическими неравновесными системами.

Растительная клетка как элементарная биологическая система содержит в себе («в скрытом виде») многие виды сопряжения, которые «унаследовала» от физической и химической форм движения материи: сопряженные электроны, сопряженные связи высоко молекулярных соединений, сопряженные окислительно-восстановительные реакции, энергетическое сопряжение и т. д. В процессе биологической эволюции, возникли качественно новые виды сопряжения – сопряженные мембраны и сопряженные органеллы. В свою очередь, мембранный принцип организации материи обеспечил возникновение такой уникальной сопряженной системы, как клетка, которой присуще явление жизни. Приведенные аргументы позволяют охарактеризовать клетку как *элементарную сопряженную живую систему*, а понятие «сопряжение», по-видимому, можно включить в определение жизни.

Из этого следует, что категория сопряжения может выполнять методологическую роль в понимании сущности метаболизма растительной клетки, который, в свою очередь, определяет стратегию изучения обучающимися всего курса Физиологии растений. Это детерминировано тем, что на клеточном уровне являются те молекулярные механизмы, которые лежат в основе функционирования любого организма. Данную особенность очень тонко подметил Джон Уилсон: «ключ к решению любой

биологической проблемы, в конечном счете, следует искать в клетке» [1, с. 6]. «На клеточном уровне сопрягаются передача информации и превращение вещества и энергии» [11, с. 5]. Поэтому в образовательной области понятия «вещество», «энергия» и «информация», играют важнейшую роль в понимании сущности проявлений жизни на всех уровнях ее организации, и в первую очередь на клеточном уровне. О высоком содержательном уровне этих понятий свидетельствует мнение известного генетика – Н.П. Дубинина, который отмечал, что триадой жизни являются вещество, энергия и информация [30].

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» [2, с. 90]. «Планомерному развитию понятия об обмене веществ мешает отсутствие должного внимания обмену внутриклеточному, внутритканевому и превращениям энергии» [там же, с. 93]. Подтверждением важности клеточного метаболизма является также регулярное переиздание трехтомника под названием «Молекулярная биология клетки», где объединены результаты исследований на клеточном уровне ведущих ученых.

Результаты наших исследований дают основание констатировать, что сопряжение как естественнонаучный принцип организации и функционирования неживой и живой природы проявляется на разных уровнях организации живых систем: от электронного до биосферного. Особую значительность данный принцип приобретает при раскрытии сущности биологической формы движения материи на клеточном уровне ее организации,

который послужил фундаментом для появления более сложных биологических систем и понимания их сущности.

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.

При изучении конкретных явлений живой природы в предметах биологического цикла перед обучаемыми обнажается реальная *диалектика развития материи*. Поэтому, по мнению авторов, 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*.

ГЛАВА 1. СОПРЯЖЕНИЕ КАК ПРИНЦИП ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И МЕТОДОЛОГИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

1.1. УРОВНИ СОВРЕМЕННОГО НАУЧНОГО ЗНАНИЯ И ИХ ВЗАИМОСВЯЗЬ

Образование как проекция науки должно использовать не только понятия, законы и теории, созданные наукой, но и методы изучения объектов и явлений природы, которые позволили создать ученым весь этот арсенал научных знаний. Приоритетность методологических основ в науке должна найти отражение и в образовательной области «Естествознание». Научные изыскания философов, психологов, педагогов, методистов позволяют вычленить основные научные принципы и подходы к организации учебного процесса, которые необходимо использовать как педагогам, так и учащимся на практике. Однако анализ существующих образовательных учебных программ и концепций позволяет констатировать, что все они (за редким исключением) строятся на основе теории познания, находящейся в рамках эмпиризма, а не в рамках декларируемого диалектического материализма (если он вообще обозначается). Для доказательства этого тезиса достаточно рассмотреть уровень того понятийного аппарата, которым пользуются авторы, а также понимание

природы всеобщих понятий, их взаимосвязи, не говоря уже о реализации диалектических законов в построении той или иной педагогической системы.

Приступая к изучению любого предмета, учащиеся и студенты должны, прежде всего четко представлять *образовательную цель*, к достижению которой они должны стремиться и которая должна быть достигнута к концу обучения. *Выбор цели детерминирует выбор методологических подходов, средств и форм обучения тому или иному предмету и одновременно определяет тот образовательный уровень, который обучаемые должны получить в итоге.*

Преподаватели вузов и учителя школ на первом вводном занятии, безусловно, говорят как о содержании предмета, так и о его задачах. Однако в большинстве случаев педагоги не учитывают социальные, методологические, психологические и методические аспекты, которые необходимо отразить при постановке цели и задач. Об актуальности этой проблемы свидетельствует высказывание известного психолога Л.М. Фридмана: «Современные принципы организации и проведения учебного процесса должны соответствовать целям и задачам, поставленным перед школой реформой общеобразовательной и профессиональной школы, а также результатам новейших исследований проблем обучения и воспитания...» [122, с. 10]. Данный автор особо подчеркивает, что вопрос об осознании основной цели каждым учителем – это важнейший вопрос педагогической практики. Большинство ошибок и заблуждений учителей, по его мнению, происходит главным образом в силу именно не осознания, непонимания главной цели работы школы, в подмене ее другой, второстепенной или даже третьестепенной целью. Зачастую основная цель лишь декларируется

учителем, представляется ему как некий идеал, а фактически он строит свою работу, свои действия в соответствии с совсем иной (может быть даже не осознаваемой) целью, или же его действия определяются наличной ситуацией. В этом случае возникает глубокое противоречие между декларируемой целью и средствами ее осуществления [там же, с. 11].

Если говорить об основной образовательной цели при изучении современных естественных дисциплин, то она должна быть направлена на формирование *естественнонаучного мышления*. Такая цель предопределена уровнем развития естественных наук, философии, психологии, педагогики, методики, самого человека, а также запросами практики. Это согласуется с мнением известного методиста в области биологии Л.В. Ребровой, которая пишет: «Главная цель и задачи биологического образования в нынешних радикально изменившихся условиях – развитие у учащихся биологического мышления, навыков самостоятельного освоения и критического анализа новых сведений, умения строить научные гипотезы (пусть и несколько наивные) и планировать поиск доказательств для их проверки» [85, с. 26].

Подобная постановка цели предполагает развитие у учеников творческих способностей, а для этого, по мнению Б.Д. Комисарова с соавторами, необходимо ознакомление с самой *структурой знаний*, построение философско-методологических «стержней», обеспечивающих поиск проблем, «открытия», «озарения», интеллектуальные и практические «изобретения» [41, с. 5].

В школьных и вузовских учебных стандартах зафиксировано, что одной из задач является обучение учащихся и студентов самостоятельно добывать знания. Однако реально, за редким

исключением, учащиеся и большинство студентов этого делать не умеют. Одна из причин – отсутствие у обучаемых, а нередко и педагогов даже *общих представлений о структуре научного знания и общих закономерностях его формирования*. Таким образом, важнейшим как для теории познания, так и практической деятельности педагогов и учащихся является вопрос, что такое знание, каково его строение и как оно возникает?

Для решения данного вопроса школьников и студентов необходимо ознакомить с основными положениями *теории познания*, которые раскрывают его онтогенез. В нашем исследовании этому способствовала разработанная автором настоящей работы теоретическая модель «*Структура и динамика научного знания*», которая отражает в определенной степени структуру и онтогенез научного знания (рис. 1). Данная модель бала постоянно в поле зрения учащихся и педагогов, так как она, выполняя методологическую функцию, позволяла обучаемым самим контролировать процесс формирования собственных знаний при изучении всех предметов естественнонаучного цикла, а педагогам контролировать этот процесс и при необходимости вносить коррективы.

Приведенной модели необходимо дать хотя бы краткую интерпретацию, которая позволит раскрыть содержание обозначенных в ней понятий и их взаимосвязь. В основу создания модели о структуре научного знания положен *эволюционный подход*, который отражает этапы формирования знания у человека в процессе его *исторического развития*.

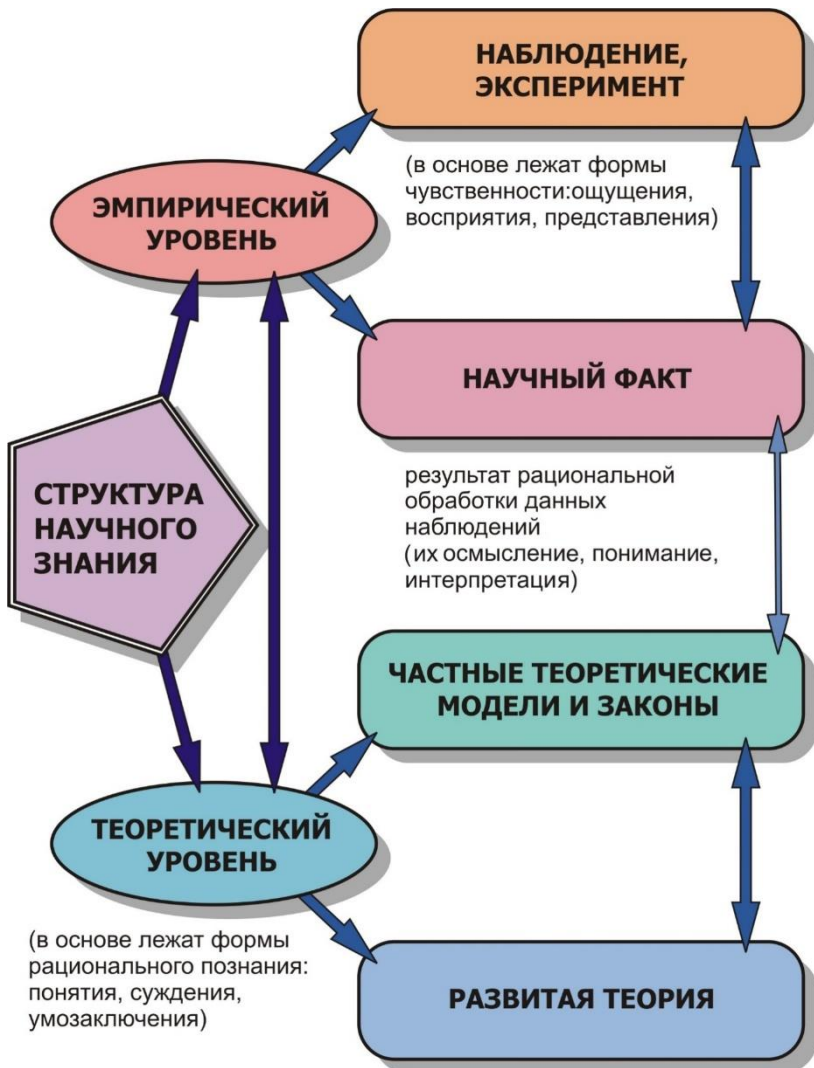


Рис. 1. Структура и динамика научного знания

При индивидуальном развитии человека – *его онтогенезе* – эта закономерность также имеет место. Поэтому можно констатировать, что в онтогенезе человека происходит не только краткое повторение основных этапов его исторического развития как биологического существа, но и повторение этапов развития *мышления* всего человеческого общества (социального существа).

Исходное познание человека окружающего его бытия начинается с эмпирического уровня. Поэтому именно с него следует начать интерпретацию приведенной модели. Эмпиризм (от греч. *empeiria* – опыт) – направление в *теории познания*, признающее чувственный опыт единственным источником знаний, утверждающее, что знание обосновывается в опыте и посредством опыта. Ограниченность эмпиризма состоит в метафизическом преувеличении роли чувственного познания, опыта и в недооценке роли научных абстракций и теорий в познании, в отрицании активной роли и относительной самостоятельности мышления [120, с. 562].

Эмпирический уровень познания окружающей действительности включает в себя два взаимосвязанных подуровня: *наблюдение (эксперимент) и научный факт*.

1.2. СОПРЯЖЕНИЕ КАК ВНУТРЕННЯЯ СТОРОНА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И КАТЕГОРИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ПОЗНАНИЯ

Изучение состояния проблемы качества усвоения студентами вузов фундаментальных естественнонаучных понятий, законов, теорий, естественнонаучной картины мира в целом убеждает нас в том, что традиционное вузовское естественнонаучное образование не обеспечивает должного уровня

формирования у обучаемых целостной системы естественнонаучных знаний, а также умений самостоятельно систематизировать их и обобщать. Категории «естественнонаучная картина мира» и «методология познания» слабо освоены естественнонаучным образованием.

Низкий уровень развития естественнонаучного мышления у студентов объясняется слабым использованием методологических подходов разного уровня общности с целью интеграции и систематизации философских, физических, химических и биологических знаний, способствующих формированию и развитию *рационального познания*, естественнонаучного мышления и научного мировоззрения. Постановка и решение данной проблемы четко обозначены в новой Национальной доктрине образования Российской Федерации, которая предусматривает формирование целостной системы универсальных знаний и умений, навыков и опыта самостоятельной деятельности обучающихся, т. е. ключевых компетенций. Социально значимым фактором в достижении этой цели, согласно этому документу, должно стать естественнонаучное образование из-за своего содержательного, познавательного и мировоззренческого потенциалов.

Существенное повышение роли естественнонаучных знаний продиктовано нарастающими темпами научно-технической революции, результаты которой в настоящее время играют ключевую роль в экономическом развитии любого государства и определяют его место на мировой арене. Социальный запрос Российского правительства предопределил необходимость разработки концепции профильного обучения, где естественнонаучные дисциплины занимают важное место в ряду предметов общекультурной направленности, обязательных для усвоения

на базовом уровне в старшей школе. Для этого в соответствии с Государственным стандартом среднего (полного) общего образования вводится интегрированный курс «Естествознание», который будет изучаться в 10–11 классах [2].

Выбор естественнонаучных знаний, которые интегрально отражают объективные законы природы в качестве методологической основы данной концепции, закономерен в силу того, что эти знания во все времена составляли фундамент научного мировоззрения и общенаучной картины мира в целом. Фундаментальная значимость естествознания детерминирована также и разработанной в его рамках общенаучной методологии, в рамках которой достаточно глубоко исследован и апробирован системно-синергетический подход и метод моделирования. Таким образом, естествознание *сопрягает* в себе онтологические и гносеологические знания о природе, позволяющие совершенствовать человеческую культуру во всех ее областях.

Приоритет в естественнонаучном образовании должны получить методологические основы содержания обучения, овладение студентами основными познавательными средствами, методами и приемами изучаемых наук, которые позволят создать фундамент для непрерывного самообразования и самосовершенствования. И только на базе методологических основ должно изучаться все содержание вузовских естественнонаучных курсов, которое будет конкретизировать методологические подходы и обогащать их.

В качестве всеобщей методологии в настоящее время по-прежнему выступает диалектический материализм, который проявляется как принцип единства диалектики, логики и теории познания. Развитие диалектической логики предусматривает 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.

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» [42 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» [там же, с. 84] (курсив наш – И.Т., 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 – И.Т., 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, предопределит 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 естественнонаучных 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,

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 [69]. Стратегия формирования фундаментальных естественнонаучных понятий и естественнонаучного 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» [55, 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*.

Методологизация современных естественнонаучных знаний предопределяет все большую востребованность философских категорий, среди которых особое значение завоевывает категория взаимодействия. Эта категория диалектики определяет стратегию изучения объектов и явлений природы на всех уровнях их организации и вместе с тем становится эффективным методом рационального мышления, играющим ключевую роль в эволюции научно-технического прогресса. 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.

Взаимодействие как атрибут материи вместе с движением и отражением играют ключевую роль для понимания сущности конкретных форм движения материи и их генетической связи, а как философские категории они являются основой для формирования и развития фундаментальных естественнонаучных понятий, естественнонаучного 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. Новая форма движения материи отличается лишь новыми этапами взаимодействия между носителями предыдущей формы, которые обеспечили ей особенные свойства и вывели на новый уровень развития [125]. 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» [90, 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» [120, 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» [125, с. 199].

Следовательно, 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» [44, с. 160] (курсив наш – И.Т., 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, способности 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» [17, 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 места 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*» [120, с. 8] (курсив наш – И.Т., С.П.).

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

Принцип неисчерпаемости материи предопределяет и принцип неисчерпаемости взаимодействия. Отсюда вытекает задача постоянного расширения и углубления нашего понимания сущности взаимодействия при изучении конкретных материальных объектов и явлений. Взаимодействие как атрибут материи имеет внешние проявления и внутренние причины. Поэтому при анализе категории «взаимодействие» необходимо подчеркивать, с какой стороны мы характеризуем данное явление – с внешней или внутренней. Внешняя сторона

взаимодействия проявляется как «взаимная связь отдельных движений, отдельных тел между собой...» [54, с. 405]. Во внешней стороне взаимодействия внутренняя взаимосвязь явлений лишь «высвечивается», но реально не проявляется. «Они экранированы их относительной самостоятельностью, их относительно «отдельным» существованием. Причины явлений здесь выступают как внешние действия, силы, независимые друг от друга» [27, с. 127]. Характеристику внутренней стороны взаимодействия, которая отражает содержание данного явления, дал Ф. Энгельс: «Взаимодействие – вот первое, что мы наблюдаем, когда начинаем рассматривать движущуюся материю в целом с точки зрения современного естествознания. Мы наблюдаем ряд форм движения: механическое движение, свет, теплоту, электричество, магнетизм, химическое сложение и разложение, переходы агрегатных состояний, органическую жизнь, которые все – если исключить пока органическую жизнь – переходят друг в друга, обуславливают взаимно друг друга, являются здесь – причиной, там – действием, причем совокупная сумма движений, при всех изменениях формы, остается одной и той же (спинозовское: субстанция есть *causasui*, выражает прекрасно взаимодействие)» [54, с. 407]. Следовательно, внутренняя (содержательная) сторона взаимодействия отражает взаимные превращения и переходы, взаимную обусловленность и взаимную связь.

Таким образом, в понимании сущности категории взаимодействия большую роль играет анализ как внешних, так и внутренних сторон этого явления, а также их взаимосвязи. Усвоить содержание данного понятия можно лишь тогда, когда мы постигнем обе стороны этого явления и того понятия, из которого оно вытекает. Подтверждением данного тезиса служит высказывание В.И. Ленина: «Совокупность всех сторон явления,

действительности в их (взаимо) *отношения* – вот из чего складывается истина. Отношения (= переходы = противоречия) понятий = главное содержание логики, причем эти понятия (и их отношения, переходы, противоречия) показаны как отражения объективного мира. Диалектика *вещей* создает диалектику *идей*, а не наоборот» [49, с. 178].

Как уже было отмечено выше, 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 взаимодействия, по-видимому, можно охарактеризовать как *сопряжение* и *рассматривать его как одну из внутренних 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* [115].

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 «человеческие понятия не неподвижны, а вечно движутся, переходят друг в друга, переливают одно в другое,

без этого они не отражают живой жизни. Анализ понятий, изучение их, «искусство оперировать с ними» (Ф. Энгельс) требует всегда изучения *движения* понятий, их связи, их взаимопереходов» [49, 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» [47, 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» [49, с. 161]. Оно является некоторым *итогом*, результатом развития соответствующей области науки. «Понять, – писал В.И. Ленин, – значит выразить в форме понятий» [там же, с. 231].

Теоретико-методологической основой обоснования «сопряжения» как естественнонаучной 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» [42, с. 49];

– «сама философия уже не может служить поставщиком готовых *естественнонаучных 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 [115];

– «категории надо *вывести* (а не произвольно или механически взять) (не «рассказывая», не «уверяя», а *доказывая*)...» [49, 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» [42, 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» [54, с. 528];

– «категории материалистической диалектики не дедуцируются друг из друга, ни из каких-то других более общих понятий и предложений научного знания» [42, с. 52];

– «понятие (наряду с суждением и «научной теорией») представляет собой форму отражения мира на рациональной, логической ступени познания» [44, с. 296];

– «образование (абстрактных) понятий и операции с ними уже включают в себе представление, убеждение, сознание закономерности объективной связи мира» [49, с. 160];

– «понятия отражают обобщенное содержание, относящееся не только к одному предмету, но и ко многим предметам, *к целому классу предметов*» [115, с. 7];

– «категории материалистической диалектики *тесно связаны с понятиями других наук, являются их обобщением*» [42, 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 философом-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...» [125, с. 194]. В свою очередь В.И. Ленин писал: «Что значит дать «определение»? Это значит, прежде всего, подвести данное понятие под другое, более широкое» [50, 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, Н.М. Верзилиным, Е.К. Войшвилло, Л.С. Выготским, П.Я. Гальпериным, В.В. Давыдовым, Е.Н. Кабановой-Меллер, Н.А. Менчинской, А.В. Усовой 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»* [115, 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 (философскую категорию) *«взаимодействие»*, а поэтому, с этой

точки зрения, имеет право на самостоятельное существование и рассматриваться как одна из внутренних сторон категории взаимодействия, обладающая *признаком всеобщности*.

В словаре русского языка С.И. Ожегова понятие «сопряженный» трактуется как «взаимно связанный, непременно сопровождаемый чем-нибудь» [62, 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» [90, 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), гем и его производные,

пуриновые и пиримидиновые основания, входящие в состав нуклеотидов DNK, RNK, АТФ и др. [83]. 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 др., *сопрягали и сопрягают анализ познания, моральной философии, политики* [120, с. 6] (курсив наш – И.Т., 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» [там же, с. 38].

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 – И.Т., 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 может послужить основанием 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*. Этот принцип имеет особое значение при изучении биологической формы движения материи, содержащей «в скрытом виде» внутри себя исходные формы движения – физическую и химическую. Такое положение позволяет выявить методологическую роль принципа сопряжения при изучении биологических систем на уровне физических, химических и биологических явлений, которые находятся между собой в диалектической связи.

Высокий уровень теоретизации современного естествознания привел к еще большей востребованности категориально-аппарата философии как логического средства выявления познавательного (гносеологического) значения научной теории, определения ее предметной области. Кроме того, при выдвигании новых теорий возникает острая необходимость в *выдвижении и обосновании новых категорий*, которые будут выступать в качестве стратегической основы для выдвигания основных теоретических положений и практических способов их проверки.

Анализ теории и практики, представленный в настоящем и ранее проведенных исследованиях [74; 78; 79;102;104; 107; 109; 110], позволяет констатировать, что понятие «сопряжение», которое трактуется как взаимосвязь, 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. Данные факты предопределяют необходимость возведения понятия сопряжения, которое используется для понимания механизмов взаимодействия на разных уровнях организации материи в ранг *естественнонаучной категории*.

Гносеологический потенциал сопряжения наглядно проявляется при изучении биологической формы движения материи, в основе которой лежат физическая и химическая формы ее движения, которые во многом определяют ее свойства. Такой познавательный потенциал естественнонаучной категории сопряжения выявлен нами на разных уровнях организации материи:

- конструировании «Атрибутивной модели понятия «материя», в которой сопряжены самые общие философские категории и принципы с фундаментальными естественнонаучными понятиями [74];

- создании модели «Онтогенез рационального познания как сопряженная система», выполняющей методологическую роль в понимании сущности развития рационального познания на предметном, естественнонаучном и философском уровнях[104];

- конструировании образно-знаковой модели «Эмблемы жизни», в которой тесно сопряжены и нашли отражение фундаментальные основы живой материи, связанные с превращением вещества, энергии, информации и формы [110];

- выявлении физико-химической природы самого уникального и глобального процесса нашей планеты – фотосинтеза.

Сопряжение как принцип организации и функционирования материи «работает» на разных уровнях организации фотосинтетического аппарата, начиная с электронного уровня (сопряженные системы π -электронов), на уровне химических реакций (сопряженные окислительно-восстановительные реакции) и заканчивая уровнем хлоропластов, которые называют сопряженными органоидами [74];

– методологическом анализе становления и развития хемиосмотической теории Митчелла, где понятия «сопряжение – разобщение» были положены Митчеллом в основу основных постулатов его теории, определивших стратегию разработки ее теоретических положений и опытов для их проверки. Данная пара категорий должна определять стратегию познания данной теории студентами при изучении курса биологии [78] и др.

Таким образом, 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 органеллы», «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 естественнонаучной категории познания

неживой и живой природы, оно становится мощным методологическим средством *рациональной* (умственной) деятельности учащихся, студентов и преподавателей.

В процессе обучения студентов в вузе данная категория может выполнять методологическую функцию при формировании и развитии у них *рационального мышления* (познания) на предметном, естественнонаучном и философском уровнях и способствовать формированию естественнонаучной картины мира.

Фундаментальное положение Ф. Энгельса о взаимосвязи законов мышления и законов природы между собой [125, 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 естественнонаучных понятий.

Осмысление и понимание сущности *сопряжения* как важнейшей внутренней 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 естественнонаучного и социального циклов.

Таким образом, в нашем теоретическом исследовании показано, что понятие «*сопряжение*» является отражением такого вида внутреннего 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 рационального познания, способствующим формированию научной картины мира и мировоззрения в целом.

1.3. СОПРЯЖЕНИЕ КАК ПРИНЦИП СТРУКТУРНОЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИИ

Теоретико-методологический анализ современных естественнонаучных знаний позволяет утверждать, что среди основных философских категорий особо востребуемой в настоящее время является «*взаимодействие*». Такая тенденция является вполне закономерной в силу того, что взаимодействие является объективной и универсальной формой движения, развития, определяющей существование и структурную организацию любой материальной системы.

Приоритетное 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 естественнонаучное и философское обоснование сущности понятия «сопряжение» как одной из внутренних сторон взаимодействия, которое послужило основой для рекомендации возведения данного понятия в ранг естественнонаучной категории познания не живой и живой природы [107]. После усвоения данной категории она станет мощным методологическим средством рациональной познавательной деятельности учащихся, студентов и преподавателей.

Методологический потенциал сопряжения как естественнонаучной 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:

– *понимания генетических связей методологических подходов* изучения биологических объектов, отраженных в авторской модели «Общая характеристика живых систем», где логично сопряжены философские, естественнонаучные и общебиологические подходы в единую методологическую систему. 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 [109];

– *создания модели «Онтогенез рационального познания как сопряженная система»*, которая интегрирует предметные, метапредметные и философские понятия, законы, теории в единое целое через *сопряженную* диалектическую пару понятий «*обобщение и развитие*». Данные понятия являются ключевыми в определении естественнонаучного мышления и детерминируют весь онтогенез рационального познания в процессе изучения естественных дисциплин в вузе. Диалектическая взаимосвязь между этими понятиями достаточно убедительно раскрыта через понятие «сопряжение», которое автором возведено в ранг естественнонаучной категории.

Сопряжение между процессами обобщения и развития 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, понятия *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 студентов, учащихся и одновременно критерием уровня сформированности их мышления в процессе обучения [104];

– *раскрытия методологического потенциала сопряженной диалектической пары категорий «форма и содержание»*, которая отражает стратегию развития всех природных объектов и явлений. Особое значение данная стратегия имеет в понимании сущности биологической формы движения материи, которая «в скрытом виде» содержит физическую и химическую

формы движения материи. Фундаментальное положение о том, что познанные законы природы становятся правилами и формами самого мышления, послужило основой для конструирования образно-знаковой модели, отражающей взаимопереходы *формы и содержания* в процессе эволюции природных форм движения материи. Достоинством модели является, тот факт, что она сочетает символы в виде образов и знаков (*форм*) с терминами (*понятиями*), которые в сжатом виде закрепляют сущность (*содержание*) этих форм. Сочетание таких принципов позволит относительно быстро и эффективно осуществить логический переход от *наглядно-образного к обобщенно-образному, а от него к понятийному виду мышления, который является основой рационального познания*. Диалектическая пара сопряженных категорий «*форма и содержание*», отражающая общие закономерности развития природных объектов имеет большое значение и в *образовательной области*, так как «движение мысли состоит в развитии познавательного образа, в движении от незнания к знанию». Данная закономерность, по мнению автора, может служить методологической основой для изучения естествознания в целом, и курса биологии, в частности [111];

– *конструирования образно-знаковой модели «Эмблема 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 (естественнонаучной 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 [102];

– *осмысления* методологической функции категории **«сопряжение»** на примере **окислительно-восстановительных реакций**, сыгравших важнейшую роль в зарождении и в последующей эволюции жизни на Земле. Взятие на вооружение категории сопряжения при формировании и развитии понятия «окислительно-восстановительная реакция» детерминирует жесткую взаимосвязь между понятиями «окисление» и «восстановление». Это не позволит допускать авторам школьных учебников по биологии грубые ошибки, когда разрывается диалектическую связь между этими понятиями, и они применяются в паре с другими понятиями, такими как «синтез» и «распад», что приводит к непониманию учащимися сущности сопряженных окислительно-восстановительных реакций, играющих ключевую роль в клеточном метаболизме. Усвоение категории сопряжения как важнейшей внутренней стороны взаимодействия учащимися и студентами и сознательное ее применение при формировании

и развитии понятия «окислительно-восстановительная реакция» позволит одновременно вооружить их и эффективным методологическим средством познания, способствующим формированию научного мировоззрения. Конкретизация генетической связи понятия «сопряжение» с философской категорией «взаимодействие» продвигает научное (рациональное) знание вперед [99];

– **выявления физико-химической природы самого уникального и глобального процесса нашей планеты – фотосинтеза.** Сопряжение как принцип организации и функционирования материи «работает» на разных уровнях организации фотосинтетического аппарата, начиная с электронного уровня (*сопряженные системы π -электронов*), на уровне химических реакций (*сопряженные окислительно-восстановительные реакции*) и кончая уровнем хлоропластов, которые называют *сопряженными органеллами*. Понятие «сопряжение» определяло в ходе научных исследований стратегию изучения фотофизического, фотохимического и биохимического этапов фотосинтеза и оно же должно определять стратегию их познания учащимися и студентами при изучении курса биологии.

Усвоение категории сопряжения учащимися и студентами и сознательное ее применение при формировании и развитии понятия «фотосинтез», одновременно вооружить их и эффективным методологическим средством познания, способствующим формированию научной картины мира и мировоззрения, в целом [105];

– **раскрытия информационной емкости категории сопряжения на примере разбора сущности сопряженных механизмов превращения вещества и энергии в процессе дыхания,** лежащих в основе жизнедеятельности всех биологических

объектов, обитающих на нашей планете. Такие механизмы выявлены и конкретизированы на организменном, клеточном, мембранном, молекулярном и электронном уровнях организации живых систем [101];

– *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 глубинных 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 дыхания. 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 [106];

– *понимания* внутренних механизмов взаимодействия генов в системе генотипа. Для достижения этой цели

сконструирована обобщенно-образная модель «*Генотип как сопряженная целостная система*», которая позволяет в определенной мере представить работу этих механизмов наглядно. В данной модели логически сопряжены основные принципы реализации генетической информации, имеющие место в интактной клетке, а также генетические законы, через которые реализуются эти принципы. Модель определяет стратегию изучения данного раздела биологии и потому является своеобразной методологией современного научного знания. Логический синтез философских и конкретно-научных знаний поможет учащимся и студентам овладеть категориями диалектики, усвоить их как метод познания и преобразования материального мира [100];

– *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* [103].

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. Проведенные нами исследования свидетельствуют, что принцип

сопряжения позволяет понять сущность объектов и явлений на разных уровнях организации материальных объектов, начиная с электронного уровня 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* определит 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*.

1.4. ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЕ МЫШЛЕНИЕ СТУДЕНТОВ КАК РЕЗУЛЬТАТ СОПРЯЖЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ И ГУМАНИТАРНЫХ ЗНАНИЙ

Невысокий уровень развития естественнонаучного 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 естественнонаучного 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 естественнонаучное 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 естественнонаучного 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...» [125, с. 191]. Вместе с тем низшие формы мышления присуще 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» [120, 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» [81, 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» [88, 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 гуманитарий мышление исследуют и представители естественных наук. Так, С.А. Суровикина, дает следующее определение данному явлению: «Мышление естественнонаучное – 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.)» [93, с. 169]. В данном определении упор делается на содержательные компоненты мышления и диалектическую преемственность между ними.

Опираясь на выше изложенные определения, мышлению с позиции естествознания, а также философии и психологии, можно дать следующее определение: Естественнонаучное 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. Естественнонаучное мышление оперирует содержательными понятиями, однако их определения не отражают всех свойств изучаемого объекта [11].

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 естественнонаучного мышления обучаемых необходимо понимать, какие учебные предметы (дисциплины) играют ключевую роль в формировании структурного компонента естественнонаучного мышления (онтологического), а какие – в формировании универсальных способов и методов познания бытия, как гносеологического компонента данного типа мышления. Поэтому содержательная и методологическая (методическая) преемственности естественнонаучных дисциплин являются ведущими при формировании у обучаемых естественнонаучного 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 естественнонаучного 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 естественнонаучного мышления» (рис. 2).

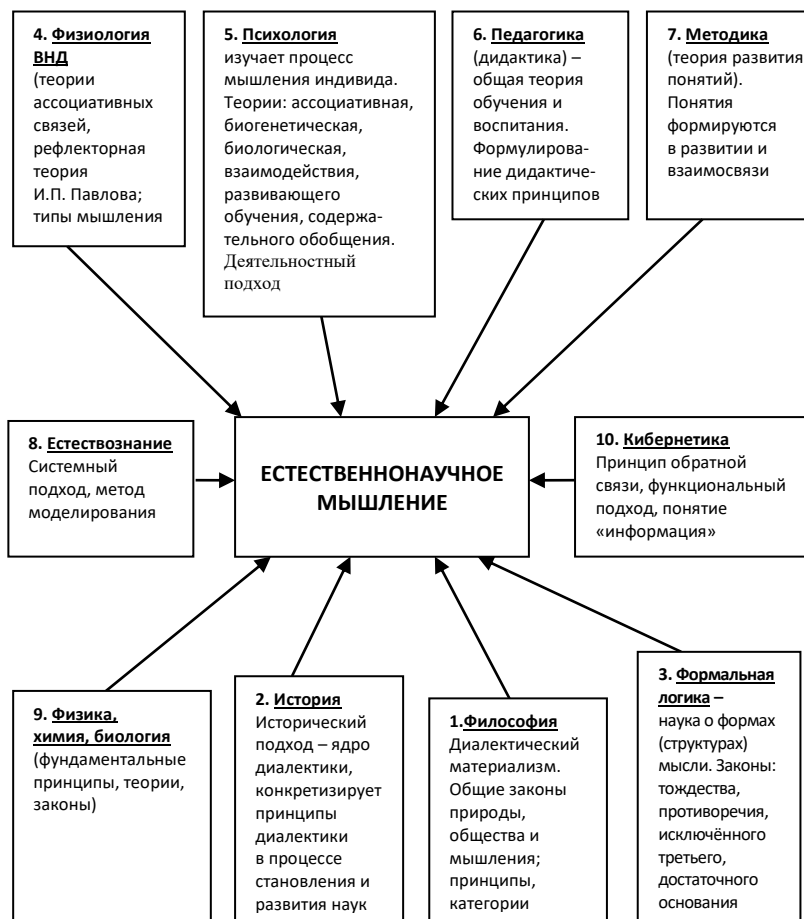


Рис. 2. Роль отдельных наук (дисциплин) в формировании естественнонаучного мышления

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 функция отдельных наук. Вместе с тем, в процессе предварительной интерпретации данной схемы на занятиях, подробно разбирается роль отдельных дисциплин в формировании естественнонаучного мышления, а также их взаимосвязь. Такая интерпретация значимости философских естественнонаучных 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 конкретное, 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» [125, 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.

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 ей 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, который раскрывает *содержание объектов и явлений бытия*, в то время как законы формальной логики являются лишь *формой выражения этого содержания*. При формировании естественнонаучного мышления нужны обе логики, которые вооружают 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 естественнонаучного 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 в 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 [65]. Современной психофизиологией установлено, что мышление современного человека базируется не на одном, а 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 естественнонаучного 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) [94].

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» [88, с. 8]. Рефлекторное понимание психической деятельности данным исследователем 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. Давыдова) и др., которые являются важнейшей стратегией формирования естественнонаучного 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 законы 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 естественнонаучные 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 естественнонаучные 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 детерминруется 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 познания их сущности. Реализации данной методологии на практике способствовала идея 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 принципа 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» [123].

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 естественнонаучного мышления студентов является исключительно важным и вместе с тем сложным процессом, требующим интеграции философских, естественнонаучных и гуманитарных знаний, которые должны применяться будущими педагогами при изучении всех естественных дисциплин. Знания такого рода служат методологической основой профессиональных компетенций будущих учителей.

1.5. МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ФОРМА СОПРЯЖЕННОЙ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ 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 удастся 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» [121, 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 этому, 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 обучающимися 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

методам познания, что существенно сужает возможности формирования научного мировоззрения и теоретического мышления. Повышение эффективности обучения естественнонаучным 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 [43].

При изучении биологии в школе и в 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 определяют успех в усвоении отдельных тем изучаемого курса. Однако выход биологии на молекулярный и субмолекулярный уровни, а также прогрессирующая тенденция к интеграции естественнонаучных знаний определяют 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 естественнонаучному (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 не живой и живой природе», «Энергетическое состояние электрона в метаболитах фотосинтеза и дыхания» и др. [102; 106; 111].

Естественнонаучное (философское) направление предопределяет создание моделей самого высокого уровня интеграции на основе общебиологических, фундаментальных естественнонаучных 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» [74; 104; 109].

Усвоение содержание любого методологического подхода во многом детерминировано 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, естественнонаучных, 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 естественнонаучных (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. Второй аспект, предопределен большой значимостью образно-знаковых моделей высокого уровня интеграции в формировании обобщенно-образного мышления у обучаемых, наличие которого обосновал Г.А. Твердохлебов. На основании экспериментальных исследований данный автор приходит к выводу о том, что обобщенно-образное мышление является связующим звеном между наглядно-образным и понятийным мышлением [94]. 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 [70].

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, таки 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 [107]. 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...» [42, 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» [49, 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 запрограммировано 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 подход. 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 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.

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 моделирование 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 [77].

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; инициирует их внутреннюю необходимость к диалогу с преподавателем и с сокурсниками; активизируют положительные чувственные и интеллектуальные эмоции, которые, являясь ядром мотивации, вызывают внутренний интерес к изучению физиологических процессов и биологии в целом.

1.6. 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 высокого 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» [117, 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» [38].

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 [20; 26].

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 всеобщи 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 вооружат 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» [42, 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» [42, с. 84]. Такой социальный запрос можно удовлетворить двумя путями: углублением уже существующих категорий или выдвиганием новых категорий на основе синтеза современных научных знаний и, прежде всего, – естественнонаучных.

Фундаментальные естественнонаучные 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 естественнонаучные 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 не соответствие темпов развития философских категорий с темпами развития общенаучных понятий и прежде всего естественнонаучных, которые, в свою очередь, служат основным фундаментом для выдвигания 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 естественнонаучных 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 [73]. Развивая это положение, Б.И. Пружинин отмечает, что «...стиль может претендовать на роль основного методологического фактора, ориентирующего познавательную деятельность ученого» [80, с. 68]. Согласно его точке зрения, в ходе познавательной деятельности ученого, на основе его интуиции, возникают новые идеи, которые становятся организующим началом. Они приобретает 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 [28; 29; 32].

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 естественнонаучных и философских понятий, установления более тесных связей между ними и существующими категориями. В настоящее 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 естественнонаучным. 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 [78; 107; 108].

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 механизм 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 обучаемыми 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, естественнонаучных)

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 естественнонаучного 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 естественнонаучной категории познания, которая отражает сущность одной из внутренних сторон взаимодействия, позволяет констатировать, что усвоение обучаемыми 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.

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

Одной из важнейших задач в области экологического образования в настоящее время является его перевод на качественно новый уровень. Результатом экологического образования должны стать развитое системное мышление, осмысление роли и места человека в природе, осознание необходимости

коэволюции человека и биосферы, сохранения биосферы как неперемного условия развития человечества и современной цивилизации.

По мнению Н.М. Мамедова и И.Т. Суrowегинной, «одной из основных причин экологической безответственности является неразработанность содержания базовых знаний по экологии» [53. с. 17].

На наш взгляд, негативные явления в области экологического образования обусловлены, во-первых, игнорированием фундаментальных естественнонаучных и биологические основ современной экологии и акцентированием внимания не на причинах экологических проблем, а на их следствиях – экологических катастрофах; во-вторых, резким сокращением часов на изучение фундаментальных естественных дисциплин: физики, химии, биологии, закладывающих основу для изучения экологии в школе; в-третьих, несоответствием современного уровня развития естествознания состоянию школьного экологического образования.

Экология является междисциплинарной наукой, поэтому глубокое, осознанное усвоение ее содержания возможно только на межпредметной основе. К сожалению, приходится констатировать, что в настоящее время межпредметные связи между курсами биологии (экологии) и другими предметами естественнонаучного цикла чаще всего устанавливаются на эмпирическом уровне, в то время как решение экологических проблем требует теоретического уровня исследования. А для этого необходима кардинальная модернизация учебного плана по естественным наукам, в результате которой школьному курсу биологии будет предшествовать изучение базовых дисциплин – физики и химии, так как биологическая форма движения материи

сформировалась на основе физической и химической форм движения. Скоординированная работа физико-химических механизмов определяет сущность всех явлений и процессов, протекающих в живых системах разного уровня организации, в том числе и надорганизменных, которые являются предметом изучения экологии.

Наряду со знаниями об объектах наука формирует знания и о методах научной деятельности. Потребность в развертывании и систематизации знаний второго типа приводит на высших стадиях развития науки к формированию методологии как собой отрасли научного исследования, призванной направлять научный поиск. Наличие специфических для науки форм и целей познавательной деятельности требует и специфических средств и методов, обеспечивающих постижение все новых объектов и все более быстрыми темпами. Эта потребность должна привести к появлению новых методов и приемов (методологий), которые станут эффективным инструментом познания окружающего мира и формой мышления не только ученых, но и учащихся.

Большое значение в усвоении методологических подходов при изучении биологических (экологических) систем различного уровня организации может играть постоянное использование такой эмблемы (символа, модели) жизни, которая будет являться символическим отображением основополагающих естественнонаучных и общебиологических понятий и идей. Попытки создания таких символов и размещение их обложки или форзацы школьных учебников (в том числе и по общей биологии) предпринимаются большинством авторов и художественных редакторов. Анализируя символы, изображенные на форзацах ряда учебников по общей биологии отечественных и

зарубежных изданий (48; 58; 59; 60; 61 и др.), можно констатировать, что они отображают лишь отдельные понятия (свойства, признаки) и не представляют собой целостной системы.

Отметим, что теоретическим обоснованием создания таких символов (эмблем), безусловно, являются всеобщие, общие и частные методологии, принципы и понятия, отражающие как общие принципы организации и функционирования материи вообще, так и специфические признаки той или иной формы движения материи, в том числе и биологической.

Как известно, основополагающими естественнонаучными понятиями являются 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. В цикле лекций «Исторический метод в биологии» К.А. Тимирязев писал: «Все объективные проявления жизни сводятся к трем категориям явлений: это или превращение вещества, или превращение энергии, или, наконец, превращение формы» [97, с. 389]. Современная наука добавляет и четвертую категорию: эволюционное накопление, хранение, передачу и преобразование наследственной информации. Так, опираясь на учение великого русского физиолога растений, нами была разработана «Эмблема жизни», ядром которой стали символы, отражающие молекулярные основы организации живого. Такой подход к изучению жизни вытекает из самой природы биологической формы движения материи, которая является результатом эволюции физической и химической форм движения материи, и, следовательно, может быть понята только на их основе. Изучение живого на молекулярном уровне позволило

понять сущность многих биологических явлений, что послужило теоретической основой для создания методов и приемов управления ими. Особенно большие успехи достигнуты в области молекулярной генетики, занимающейся изучением механизмов наследственности и изменчивости.

Считается общепризнанным, что ключевыми органическими соединениями, которые лежат в основе живого, являются биополимеры – белки и нуклеиновые кислоты. Признание биополимеров – белков и нуклеиновых кислот – в качестве материальных носителей жизни позволило включить их в самое фундаментальное и общепризнанное определение живого в формулировке В.М. Волькенштейна (1980): «Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров белков и нуклеиновых кислот» [59, с. 318].

Появлению живых систем на Земле предшествовала длительная химическая эволюция. Переход от химической формы движения материи (ХФДМ) к биологической форме движения материи (БФДМ) стал возможен благодаря синтезу уникальных органических соединений – биополимеров (белков и нуклеиновых кислот), которые следует рассматривать как новый уровень организации вещества, имеющего качественно новые свойства. Уникальные биологические свойства биополимеров во многом определяются их существованием в растворах в упорядоченной конформации, для которой характерны слабые внутримолекулярные взаимодействия и, прежде всего, водородные связи и гидрофобные взаимодействия. Уникальная структура биополимеров обуславливает их уникальные химические свойства – способность к реакциям матричного синтеза, лежащие в основе процессов репликации (самоудвоения) ДНК, синтеза РНК и белка.

Современная наука достаточно хорошо изучила вещественный состав материальных систем (в том числе и биологических), поэтому предметом ее исследования являются принципы их организации, саморегуляции и самовоспроизведения. Существенный вклад в изучение этих принципов внесла кибернетика, которая предложила для их изучения функциональный подход как один из вариантов системного подхода. Использование данного подхода к изучению сложных неживых и живых систем позволило установить важнейший принцип их организации – принцип обратной связи, сыгравший исключительно важную роль при переходе от неживого к живому и лежащий в основе саморегуляции и самовоспроизведения живых систем разного уровня организации. Работа этого принципа находит отражение в «Эмблеме жизни».

В процессе химической эволюции биополимеры взаимодействовали друг с другом. Например, наличие DNK (RNK), кодирующих белки, и белков-ферментов, катализирующих процессы репликации нуклеиновых кислот, способствует образованию систем с обратной связью. В таких системах нуклеиновые кислоты несут информацию и тем самым программируют увеличенные количества тех белков-ферментов, которые способствуют увеличению количества кодирующих их нуклеиновых кислот. Механизмы обратной связи играют исключительно важную роль и обеспечивают как относительное постоянство живых систем, так и их развитие. Механизмы отрицательной обратной связи обеспечивают гомеостаз биологических систем различного уровня организации, в то время как механизмы положительной обратной связи – их онтогенез и эволюцию, то есть осуществляют перевод в качественно новое состояние. Исходя из того, что принцип обратной связи является универсальным для

всех уровней организации живых систем, можно заключить, что он является, своего рода, методологией изучения явлений самоорганизации, саморегуляции и самовоспроизведения биологических систем, и, следовательно, должен найти свое отражение в «Эмблеме жизни».

Следует отметить, что образование систем с обратной связью возможно при условии сближения и расположения определенным образом биополимеров в пространстве. Это становится возможным благодаря формированию биологических мембран, которые не только «захватывают» и сохраняют случайно возникшие ассоциаты белков и нуклеиновых кислот, но и обеспечивают образовавшиеся системы с обратной связью (пробионты) веществом и энергией из окружающей среды. Таким образом, реализация принципа обратной связи в системе $DNK \leftrightarrow$ белок стала возможной только при включении ее в мембранные пузырьки. Данная совокупность элементов способствовала запуску механизма обратной связи, в результате которого система перешла на качественно новый уровень организации и функционирования, который именуется жизнью. Отсюда следует, что в структуре эмблемы должен присутствовать символ клетки, как элементарной единицы жизни. Именно ее возникновение ознаменовало собой факт перехода ХФДМ на качественно новый уровень ее развития – уровень БФДМ.

Неотъемлемым свойством БФДМ, как и материи в целом, является движение. Общей количественной мерой всех форм движения материи является энергия. Понятия «движение» и «энергия» тесно взаимосвязаны. Огромная важность энергетической составляющей в функционировании биологических систем предопределила появление широко известного определения жизни с точки зрения термодинамики: «Живыми называют

такие системы, которые способны самостоятельно поддерживать и увеличивать свою очень высокую степень упорядоченности в среде с меньшей степенью упорядоченности» [63, с. 12].

Химическая эволюция на поверхности планет происходит тогда, когда энергия звездного излучения может превратиться в энергию возбужденных молекулярных структур. При изучении вещественного состава метеоритов и лунных пород, доставленных космическим аппаратом, в них обнаружены: аминокислоты – предшественники белков, нуклеотиды – предшественники нуклеиновых кислот и порфирины – предшественники хлорофилла и цитохромов [91].

В растительных и животных клетках порфирины взаимодействуют с металлами, образуя комплексы железо – и магний-порфиринов, которые выполняют важнейшие функции в физиолого-биохимических процессах поглощения, запасаения и трансформации разных форм энергии в интактных клетках. С эволюционной точки зрения возникновение этих уникальных соединений необходимо рассматривать как важнейший ароморфоз (арохимоз), который во многом детерминировал возникновение качественно нового, более эффективного энергетического обмена растительных и животных клеток. Магний-порфирины играют ключевую роль в процессе фотосинтеза, поглощая внешнюю не устойчивую энергию квантов света и преобразуя ее во внутреннюю более устойчивую энергию электронного возбуждения. В свою очередь, железо-порфирины осуществляют реакции переноса электронов в электронтранспортных цепях хлоропластов и митохондрий, где их энергия используется на синтез АТФ, которая используется всеми организмами на нашей планете как универсальная энергетическая «валюта». По уровню уникальности и значимости для

живых систем металлопорфирины можно сравнить с такими биополимерами, как белки и нуклеиновые кислоты.

Среди металлопорфиринов главная роль отводится зеленому пигменту хлорофиллу, названному К.А. Тимирязевым самым удивительным веществом на Земле [96, с. 81]. Поэтому молекула хлорофилла (хотя бы в упрощенном виде) должна занять соответствующее место в школьных учебниках по общей биологии.

Солнечный свет, которому мы обязаны самим существованием жизни, служит первоначальным источником энергии для растений и фотосинтезирующих бактерий, преобразуется в световой фазе фотосинтеза и запасается в химической форме в виде молекул АТФ. Поглощение квантов света происходит, прежде всего, подвижными электронами π -связей молекулы хлорофилла, после чего они переходят в возбужденное состояние. Время жизни возбужденного \bar{e} крайне мало и составляет 10^{-9} сек. (на первом синглетном уровне). После истечения этого времени энергия электронного возбуждения может: трансформироваться в тепло, выделиться в виде света флуоресценции, передаться путём электромагнитного резонанса другим молекулам хлорофилла или быть использована на фотохимическую работу – для синтеза АТФ (NADPH) из ADP и P_i .

АТФ сравнительно простое (по биологическим масштабам) химическое соединение служит универсальной энергетической «валютой» живой клетки. Время жизни АТФ составляет 2–3 минуты, процесс же фотосинтеза прерывистый (не идет в отсутствие света, при низкой температуре и т. д.). Данное противоречие снимается наличием в хлоропластах механизмов дальнейшей стабилизации лабильной энергии макроэргических связей АТФ в устойчивую энергию химических связей органических веществ (углеводов и др.), которые могут долго храниться и постепенно использоваться как пластический и энергетический материал.

Чтобы использовать энергию, заключенную в углеводах и других органических субстратах, клетки должны перевести эту устойчивую форму энергии химических связей вновь в лабильную энергию макроэргических связей АТФ. Это происходит в процессе дыхания где энергия, выделяющаяся при окислении органических веществ, используется на синтез АТФ из ADP и P_i. Таким образом, исходной формой энергии, которая используется всеми живыми организмами на Земле (за исключением хемосинтетиков), является энергия квантов света (энергия Солнца), которая в конечном итоге запасается и используется в форме АТФ. Поэтому эти четыре компонента: изображение Солнца, кванта света ($h\nu$), электрона (e^-) и аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) должны найти свое место в «Эмблеме жизни».

С момента своего зарождения БФДМ, подчиняясь общим законам развития, прошла очень длительный эволюционный путь своего преобразования. Взаимосвязь всех организмов в рамках разных сообществ, обмен между ними веществом, энергией и информацией позволяет рассматривать все живые организмы на Земле и среду их обитания как единую, очень протяженную и разнообразную экосистему – биосферу. Возможно, что наиболее удачным символом биосферы может стать облик самой планеты Земля.

Анализируя взаимоотношения природы и общества, В.И. Вернадский (2002) развил представления о переходе биосферы в ноосферу, то есть в такое состояние, когда развитие биосферы будет управляться разумом человека. Глубокое понимание механизмов организации и функционирования биосферы и их учет при составлении глобальных и региональных социальных программ позволит строить не противоречивые

отношения человека с природой, что, в конечном итоге, обеспечит сохранение и эволюцию как природы, так и общества.

Вполне очевидно, что природоохранная идея обязательно должна быть отражена в эмблеме жизни. Таким символом могут стать руки человека, которые создали для него искусственную среду обитания, используя компоненты природы, и которые должны сохранить ее для последующих поколений.

Учитывая все выше изложенные фундаментальные принципы организации и функционирования живого (понятия, идеи), авторами данной работы предпринята попытка объединить их в целостную систему и выразить в форме символического изображения «Эмблемы жизни» – идеализированной теоретической модели живой системы (рис. 3).

Разработанную эмблему, по-видимому, можно считать достаточно цельным символом жизни, так как в ней нашли отображение фундаментальные основы живой материи, связанные с превращением вещества, энергии, информации и формы; основной принцип самоорганизации – принцип 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.

Предложенную эмблему можно рассматривать как символ, сочетающий 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 мышление до теоретического уровня и на этой базе сформировать экологическое мышление и сознание.

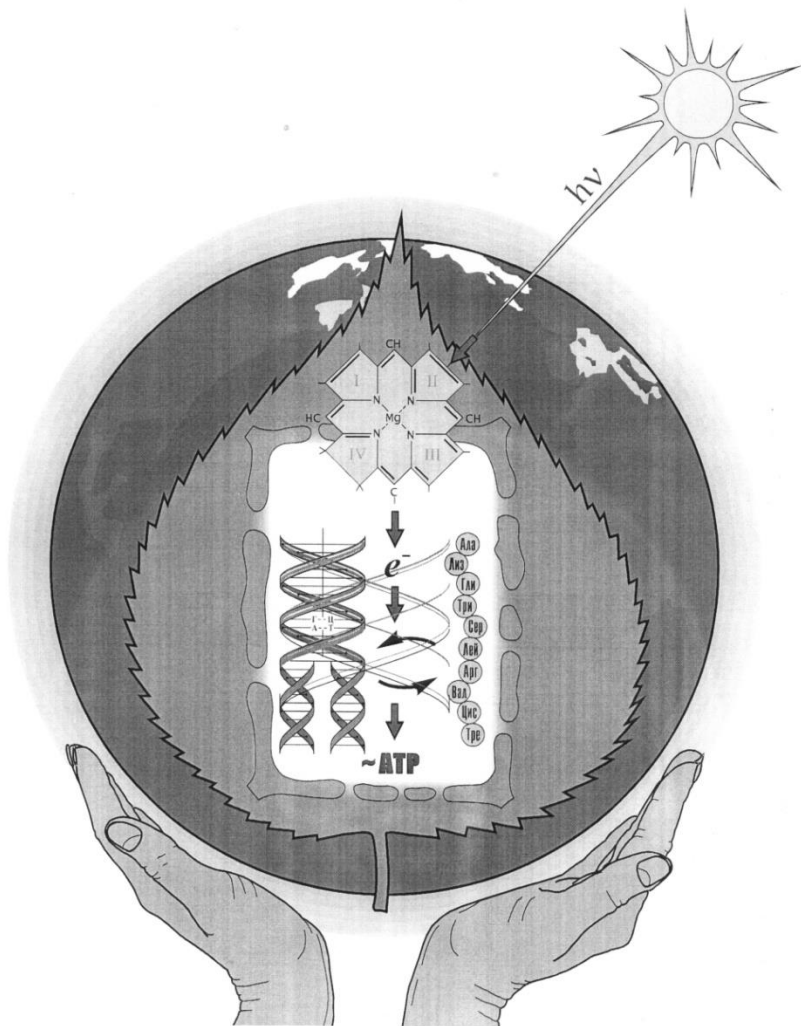


Рис. 3. Эмблема жизни (идеализированная теоретическая модель живых систем)

1.8. 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...» [40, 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 выше приведенное высказывание А.А. Арламова [4, с. 24].

Философские и фундаментальные естественнонаучные 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) вещей [125, 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» [44, 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 ...» [127, с. 30–39].

Анализ современных естественнонаучных 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 взаимную связь *при изучении конкретных материальных и идеальных объектов и явлений*. На основании содержательного рассмотрения естественнонаучных 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 (авторы выявили такую связь с категорией взаимодействия) данное понятие будет выполнять функцию *естественнонаучной 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 авторов, перенести этот принцип в образовательную область и использовать его как методологическую основу (дидактический принцип) для выявления взаимосвязи между фундаментальными естественнонаучными понятиями, которые будут способствовать формированию научной картины мира [107].

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 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*.

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 методоло-

логию 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» [116, с. 5].

По мнению В.А. Болотова и В.В. Серикова, компетентный 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» [15, 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 [31].

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» [123] (курсив наш – И.Т., 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...» [125, с. 194] (курсив наш – И.Т., 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» [68, 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 общем.

Таким образом, проекция естественнонаучной 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 ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

1. В процессе обучения предметам естественнонаучного цикла педагогам необходимо раскрыть сущность основных положений теории познания (*структуры научного знания*), а также основных постулатов теории образования понятий, показать взаимосвязь этих теорий и постоянно использовать их основные принципы на практике при формировании системы научных понятий. Это позволит *правильно организовать мыслительную деятельность обучающихся*, что явится решающим условием высокого качества их знаний. Кроме того, усвоение сущности этих теорий обучаемыми внесет весомый вклад *в создание методологической базы, необходимой для их непрерывного самообразования и самосовершенствования*.

Разработанная авторами модель «Структура и динамика научного знания» направлена на ознакомление обучающихся с основными положениями теории познания, раскрывающими структуру научного знания, его онтогенез, формы и методы познания сущности явлений, процессов и объектов природы.

2. Разбор теории и практики позволил авторам выдвинуть идею 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. Данные факты послужили основанием для авторов о необходимости возведения понятия сопряжения, которое используется при выяснении механизмов взаимодействия на разных уровнях организации материи, в ранг *естественнонаучной категории познания*.

3. Внутреннюю целостность и общую направленность всему комплексу знаний придает учение о материи и *принципах* ее структурной организации. Одним из таких важнейших принципов является *сопряжение*, которое обосновано нами как одна из внутренних сторон взаимодействия, обуславливающая у вновь возникших природных систем новое качество. Результаты многолетних исследований подтверждают универсальность и методологический потенциал принципа сопряжения, который обеспечил не только эволюцию биологической формы движения материи, но и ее генетическую связь с физической и химической формами ее движения. Овладение категорией *сопряжения* позволяет конкретизировать идеи диалектического материализма, *усвоить их как метод познания и преобразования материального мира*.

4. Проблема формирования естественнонаучного мышления у обучаемых соответственно современному уровню развития наук является весьма актуальной. Вместе с тем практика свидетельствует о недостаточном уровне подготовки студентов педагогического вуза в этом направлении. В результате анализа онтологических и гносеологических аспектов, раскрывающих фундаментальные основы формирования естественнонаучного мышления, авторы пришли к выводу о необходимости конструирования интегративной модели, фиксирующей методологическую значимость естественных и гуманитарных дисциплин при

формировании этого типа мышления. Данная модель должна быть постоянно в поле зрения обучаемых и применяться как методологическая основа при изучении конкретного материала. Усвоение этих основ будущими педагогами положительно скажется на уровне их естественнонаучного мышления.

5. Современное моделирование процессов и явлений природы должно применяться *в единстве с вновь открытыми принципами, отражающими внутренние стороны взаимодействия*, через которые только и можно выявить сущность изучаемых объектов. Это предопределено основным критерием, согласно которому модель должна отражать, прежде всего, сущностные связи изучаемого объекта или явления соответственно уровню развития современной науки. Одним из таких современных принципов, по мнению авторов настоящей работы, и может являться обоснованный нами ранее принцип сопряжения.

6. При изучении конкретных явлений природы в предметах естественнонаучного цикла перед обучаемыми обнажается реальная *диалектика развития материи*. Важно обобщить конкретно-научные и философские представления о мире. Фундаментальное значение в этом обобщении отводится категории взаимодействия, особенно одной из ее внутренних сторон, которая авторами обозначена как сопряжение. Методологическая функция принципа сопряжения 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, в том числе и диалектического стиля мышления*.

7. Понимание сопряжения как важнейшей внутренней стороны взаимодействия, а следовательно, и как одного из важнейших принципов организации и эволюции материи позволяет вскрыть глубинные механизмы (на философском уровне) коэволюции организмов нашей планеты и среды их обитания. Усвоение методологического потенциала обучающимися и сознательное его применение при изучении объектов и явлений природы на разных уровнях организации биологической формы движения материи (начиная с электронного и заканчивая биосферным) будет способствовать формированию у них экологического мышления и сознания.

8. Опираясь на ранее обоснованное положение о сущности сопряжения как внутренней стороны взаимодействия и фундаментального принципа организации и развития материи, авторы предлагают спроецировать его в образовательную область и рассматривать в качестве важнейшего *дидактического принципа реализации* системно-деятельностного подхода к формированию профессиональных компетенций будущих учителей. В процессе познавательной деятельности школьников и студентов принцип *сопряжения* как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – *методологическом и общедидактическом*. Овладение студентами сопряжением как естественнонаучной категорией познания бытия будет способствовать развитию у будущих педагогов диалектического, творческого мышления, которое в настоящее время все больше осознается как общечеловеческая *ценность*. При компетентностно-ориентированном обучении студент всегда получает творческий продукт своей деятельности, при этом усваивает *способ, прием, метод, подход, стиль* эффективной работы.

ГЛАВА 2. РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА КАК СОПРЯЖЕННАЯ ЖИВАЯ СИСТЕМА

2.1. СИСТЕМА СОПРЯЖЕННЫХ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ПОНЯТИЙ КАК МЕТАПРЕДМЕТНАЯ ОСНОВА ПОНИМАНИЯ СУЩНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Стратегия развития современного естественнонаучного образования определяется процессами интеграции фундаментальных понятий, законов, теорий общих для дисциплин естественнонаучного цикла (физики, химии, биологии, географии и др.). В качестве фундаментальных естественнонаучных понятий, выполняющих интегрирующую функцию при изучении биологических дисциплин, нами обозначены такие как: «вещество», «энергия», «диффузия», «информация» и «форма».

Другим не менее важным моментом нашего исследования явилось теоретическое положение о целесообразности формирования общих биологических понятий на основе принципа восхождения от абстрактного к конкретному. От таких атрибутов материи, как «движение», «взаимодействие», «отражение», к блоку таких фундаментальных естественнонаучных понятий, как «вещество», «энергия», «информация», «форма» и «диффузия». В свою очередь, последний блок понятий позволяет раскрыть сущность таких общебиологических понятий, как

«открытость», «саморегуляция», «самовоспроизведение», которые фиксируют общие функциональные признаки всех живых систем и входят в современное определение жизни.

В качестве всеобщей методологии, позволяющей раскрыть сущность любого объекта или явления, в том числе и *процесса познания*, избрана такая универсальная категория материалистической диалектики, как «взаимодействие». Основанием для такого выбора послужила идея Ф. Энгельса, согласно которой взаимодействие определяет конечную причину наличия фундаментальных свойств у всех объектов и явлений природы [125].

Взаимодействие имеет как внешние, так и внутренние стороны. Одну из *внешних сторон взаимодействия* отражает принцип суперпозиции. Вместе с тем, *новое качество* у развивающихся систем возникает лишь при внутреннем взаимодействии исходных элементов. Уникальность данного типа взаимодействия Ф. Энгельс отмечает в своем учении о генетической связи форм движения материи: «... 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» [125, с. 210–222] (курсив наш – И.Т., С.П.).

Взаимодействие как универсальный принцип организации и развития материи обладает огромным методологическим потенциалом исследования, однако, как любая абстракция высокого уровня при изучении объектов действительности, требует

своей конкретизации. Кроме того, при взаимодействии исходных элементов может происходить не только возникновение более сложной системы с новым качеством, но и исчезновение ее отдельных элементов, связей и, как следствие, деградация системы. Данные положения послужили основанием для конкретизации той стороны внутреннего взаимодействия, которая детерминирует возникновение систем с *новым качеством*.

Проведенный нами теоретический анализ в области естественнонаучных знаний позволил выявить многочисленные примеры, в которых в качестве конкретного взаимодействия, обеспечивающее *уникальное качество* объекта или явления, использовалось понятие «сопряжение». В *математике* – сопряженная матрица, сопряженные числа, сопряженные отрезки; *физике* – сопряженные электроны, сопряженные точки; *химии* – сопряженные связи, сопряженные реакции; *биологии* – сопряженные связи высокомолекулярных соединений, сопрягающие белки, сопряженные мембраны, сопряженные органеллы, сопряженная коэволюция типов обмена веществ и среды обитания, сопряженный полиморфизм, сопряженная устойчивость.

Понятие «сопряжение» использовал известный философ – В.А. Лекторский 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 ...» [117, с. 38].

В рамках становления современного научного направления – биофилософии, понятие *сопряжение* также играет важную методологическую роль. Теоретико-методологическую основу

биофилософии составляют три биологических концепции: организменная, эволюционная и коэволюционная, которые претендуют на роль современных моделей развития культуры. Из них наиболее перспективной считается позиция теории коэволюции – «... взаимообусловленного, сопряженного, гармоничного развития системы природа – жизнь – общество» [123].

Следует заметить, что во всех приведенных выше примерах, понятие сопряжения хотя и играло важную роль в понимании нового качества у вновь возникших объектов, однако оно не содержало в себе статуса всеобщности – как одного из универсальных внутренних принципов взаимодействия, обеспечивающих организацию и эволюцию материи в целом. Такой статус оно может получить лишь после того, как оно будет подведено под одну из философских категорий. Такая работа нами была ранее проделана, в которой было доказано, что понятие «сопряжение» может отражать сущность одной из внутренних сторон взаимодействия, которая детерминирует новое качество. Это позволило придать понятию сопряжения статус естественнонаучной категории, отражающей один из принципов организации и эволюции природных систем, в целом [78; 107]. Данная категория выступают орудием проникновения в объективную природу вещей, орудием нашего знания о них, и поэтому ее применение в учебном процессе будет способствовать формированию *категориального (диалектического) стиля мышления у обучаемых.*

Приведенные теоретические положения позволили выявить обозначенный выше блок фундаментальных естественнонаучных понятий, которые тесно сопряжены между собой и играют

систематизирующую, интегративную и методологическую роль при изучении всех уровней организации живого.

Главным среди фундаментальных естественнонаучных понятий, по мнению академика РАО А.В. Усовой, является понятие «вещество» [114, с. 47]. Данное понятие является ключевым, поскольку конкретизирует категорию «материя», в силу того, что является видом материи. Во всех предметах естественнонаучного цикла формирование и развитие понятия «вещество» должно осуществляться во взаимосвязи с понятием «энергия», так как при превращении вещества, происходит либо выделение, либо поглощение энергии, представляющей собой количественную меру и качественную характеристику всех форм движения материи, в том числе и биологической.

Ключевую роль в превращениях энергии и вещества играет явление диффузии (термодиффузия, электронная диффузия, атомная диффузия, молекулярная диффузия). Данный процесс конкретизирует проявление самой фундаментальной формы движения материи – физической, которая в скрытом виде сохраняется и развивается в последующих формах движения и во многом обуславливает их свойства. В биологической форме движения материи диффузия осуществляется на всех уровнях ее организации, начиная с клеточного уровня и заканчивая биосферным уровнем.

В процессе эволюции материи происходило параллельное и взаимосвязанное преобразование не только вещества и энергии, но и информации. Вместе с тем, на каждом этапе ее развития приоритетными, по-видимому, были те или иные ее характеристики. Вещественно-энергетические преобразования преобладали в физической и химической форме движения материи.

Эти преобразования обеспечили должное разнообразие сопряженных элементов, ставшими основой для возникновения биологической формы движения, в которой на первый план выходят информационные преобразования. Качественно новые свойства биологической (генетической) информации у биологической формы движения материи – способность хранения, преобразования и передачи ее последующим живым системам, послужили фундаментом для возникновения такого нового явления, как *самовоспроизведение*, которое считается основным отличительным признаком живых объектов, от неживых.

Формирование и развитие понятия информации у обучающихся является исключительно важным, так как оно раскрывает новый аспект единства материального мира и характеризует *меры организации любых систем*, в том числе и биологических. Как отраженное разнообразие, информация фиксируется и закрепляется в виде «*формы*», которая позволяет обнаружить качественные особенности у вновь возникшего объекта по сравнению с предшествующими.

Информация является количественной и качественной характеристикой отражения. Поэтому информационный критерий развития природных систем характеризует *уровень развития* в них способности отражения. Особо значимым этот критерий является при рассмотрении вопроса об эволюции способов отражения действительности биологическими объектами, начиная с процесса раздражимости и заканчивая мышлением как высшей формы отражения бытия.

Таким образом, понятия «информация» и «форма» являются естественнонаучными категориями, которые содержат в себе большой познавательный потенциал. Эти понятия

необходимо постоянно держать педагогам в поле их методического зрения и конкретизировать при изучении всех предметов естественнонаучного цикла.

Таким образом, фундаментальные естественнонаучные понятия «*вещество*», «*энергия*», «*информация*», «*диффузия*» и «*форма*» тесно сопряжены не только между собой, но и с такими важнейшими атрибутами материи, как *движение, взаимодействие, отражение*. Вместе с тем, они выступают в качестве категорий, которые являются базой для формулирования фундаментальных законов (*термодинамики, сохранения энергии, массы и электрического заряда*) и теорий (*квантовая теория света, электронная теория вещества и др.*), которые, в свою очередь, являются содержательной и методологической основой для изучения всех объектов и явлений неживой и живой природы.

Приведенные аргументы позволяют выделить эти естественнонаучные понятия в особую группу, которая может эффективно выполнять метапредметную и мировоззренческую функции при изучении всех естественных дисциплин в целом и биологических, в частности. Реализация нами этой концептуальной идеи на практике способствовала эффективному формированию у обучаемых знаний на теоретическом уровне и естественнонаучного мышления, которое является основой для построения научной картины мира.

Анализ литературных источников и многолетний опыт авторов со студентами и школьниками позволяет утверждать, что хотя проблема формирования естественнонаучных понятий теоретически исследована довольно глубоко, однако на практике существуют значительные трудности в их формировании и

использовании их методологического потенциала при выявлении сущности изучаемых объектов и явлений.

В качестве методологической основы формирования и развития естественнонаучных понятий в курсах физики, химии и биологии целесообразно использовать деятельностный подход, эффективность которого в научном познании доказана многочисленными исследованиями психологов и педагогов. Поэтому не случайно методология деятельностного подхода, наряду с системным и компетентностным подходами, декларируется в школьных и вузовских Государственных стандартах как эффективная стратегия изучения школьных учебных предметов и вузовских дисциплин.

Одной из актуальных проблем современной психологии, по мнению С.Л. Рубинштейна, является «преодоление абстрактного функционализма и переход к изучению психики, *сознания в конкретной деятельности*, в которой они не только *проявляются, но и формируются*» [88, с. 8]. Деятельностный подход позволяет определить стратегию деятельности педагога и обучаемых, формы и методы их эффективного взаимодействия в процессе формирования и развития выделенных нами понятий.

Одним из средств реализации деятельностного подхода при формировании обозначенных нами понятий являлся метод моделирования по конструированию образно-знаковых моделей. Высокий уровень интеграции данных моделей и их эстетическое оформление способствовали сопряжению чувственных и интеллектуальных эмоций, которые послужили основой для инициации сопряжения чувственных и рациональных способов познания. В конечном итоге это предопределяло глубокую и

устойчивую мотивацию у обучаемых к усвоению как конкретного материала, так и биологической дисциплины в целом.

Сконструированные нами модели отражали в той или иной степени сущность обозначенных понятий. Так, в «Атрибутивной модели понятия «материя» (рис. 4) отражена генетическая связь форм движения материи, показана взаимосвязь вещества и поля. Обозначена связь понятий *энергии, информации (и энтропии)* с такими философскими категориями (атрибутами материи), как «движение», «взаимодействие» и «отражение» и т. д.

«Эмблема жизни» – идеализированная теоретическая модель живой системы – отражает в определенной степени сущность живого, начиная с молекулярного уровня и заканчивая биосферным (рис. 3). В данной модели отображены фундаментальные основы биологической формы движения материи, обусловленные сопряженными превращениями вещества, энергии, информации и формы. Зафиксированы механизм репликации DNK, один из механизмов обратной связи между белком и DNK, которые обеспечивают самое уникальное явление живых систем – их самовоспроизведение, а также их эволюционные преобразования от клетки и до биосферы (преобразование формы). Отражена взаимосвязь живого со средой обитания и природоохранные аспекты.

Образно-знаковая модель под названием «Растительный организм как целостная сопряженная система» сконструирована на основе принципов сопряжения и системности (рис. 5). При этом принцип сопряжения следует рассматривать как один из механизмов реализации системного подхода.

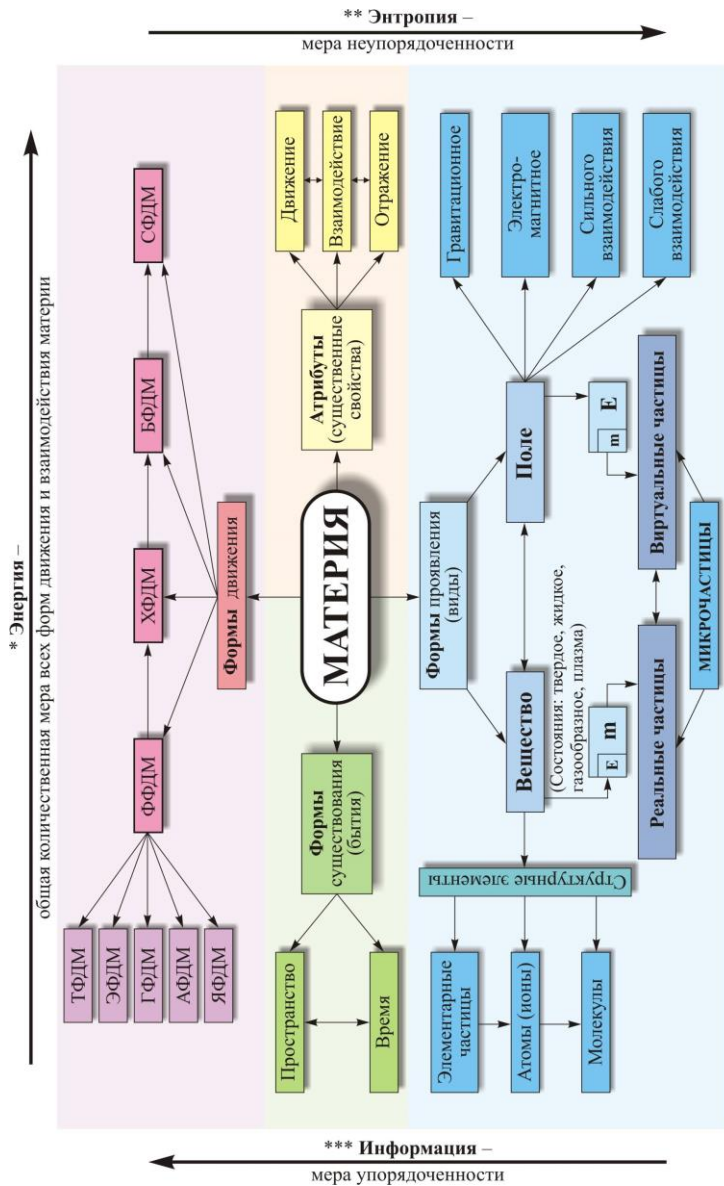


Рис. 4. Атрибутивная модель понятия «материя»

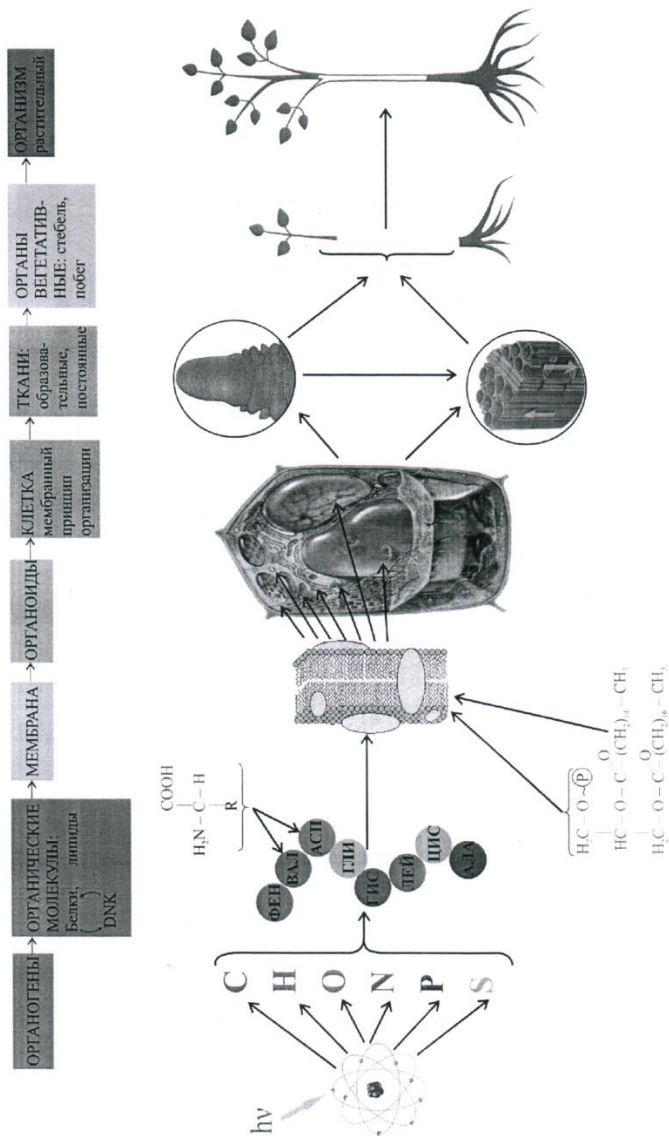


Рис. 5. Растительный организм как целостная сопряжённая система

В модели в общих чертах отражена генетическая связь между неживой и живой материей в процессе их эволюции. Более подробно зафиксирована иерархия основных форм (структур) от растительной клетки до целостного растения. Инновационный момент данной модели заключается и в том, что в ней сочетаются символы в виде образов и знаков (форм) с теми понятиями, которые закрепляют сущность этих форм. Такое сочетание информации (наглядной и терминологической) позволяет обучающимся достаточно быстро переходить от *наглядно-образного к обобщенно-образному, и от него к понятийному типу мышления.*

Гипотетическую модель «Генотип как целостная сопряженная система» обучаемые создавали сами под руководством педагога и использовали ее как методологическую основу для изучения законов хранения, преобразования и передачи наследственной, изучаемых в курсе биологии (рис. 6). Обозначенные в модели основные принципы реализации наследственной информации после их усвоения обучающимися становились стратегией для выявления сущности того или иного генетического закона (их взаимосвязи) в передаче наследственной информации от одного поколения биологических объектов к другому. В свою очередь конкретизация этих принципов с помощью законов генетики способствовала более глубокому пониманию субъектами обучения сущности самих принципов. В итоге, обучающиеся осознавали, что генотип функционирует как целостная сопряженная система. Это способствовало развитию их системного мышления и усилению методологической подготовки, которая является важнейшим блоком профессиональных компетенций будущих педагогов.

ГЕН → ПОЛИПЕПТИД → БЕЛОК → ПРИЗНАКИ

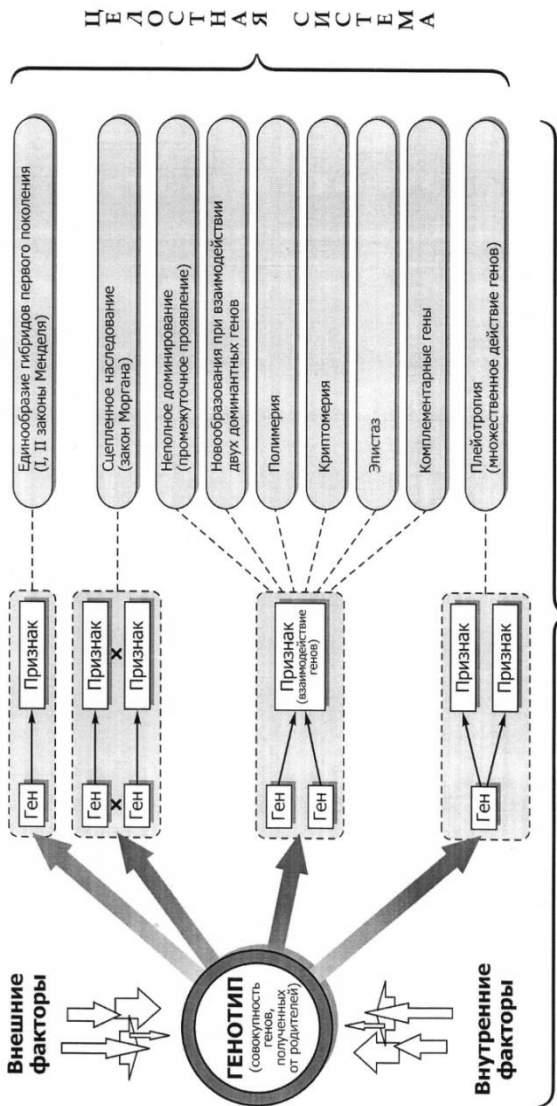


Рис. 6. Генотип как целостная система

В модели «Энергетическое состояние электронов в метаболитах фотосинтеза и дыхания», которая выполнена в статическом и динамическом вариантах, отражена роль электронной и протонной диффузии в механизмах фотосинтетического и окислительного фосфорилирования (рис. 7). Эти диффузионные процессы играют важнейшую роль в создании электрохимического градиента портонов, который, как форма энергии, используется для синтеза АТФ в процессах окислительного и фотосинтетического фосфорилирования.

Практика свидетельствует, что для понимания сущности сопряженных процессов фотосинтеза и дыхания, которые лежат в основе углеводного метаболизма растительных и животных клеток, необходимо проследить энергетическое состояние электронов во всех метаболитах этих уникальных явлений. В качестве фундаментальной методологии, позволяющей осмыслить физико-химическую сущность этих физиологических процессов на элементарном уровне, следует использовать принципы и категории электронной теории строения вещества. При таком подходе обучающиеся прослеживают взаимосвязь между различными формами движения материи (преемственность), что в конечном итоге положительно сказывается на формировании их научного мировоззрения.

Проведенные нами исследования позволяют заключить, что сопряженные естественнонаучные понятия – *«вещество»*, *«энергия»*, *«информация»*, *«диффузия»* и *«форма»* в силу наличия в них огромной содержательной значимости обладают высоким методологическим и мировоззренческим потенциалом познания объективной окружающей действительности. Использование этого потенциала на практике в связке с методологическим потенциалом категории сопряжения, методом моделирования, а также с системным, деятельностным и личностным подходами позволяет формировать метапредметные знания у обучаемых при изучении дисциплин биологического цикла, которые вносят должный вклад в формирование профессиональных компетенций будущих учителей.

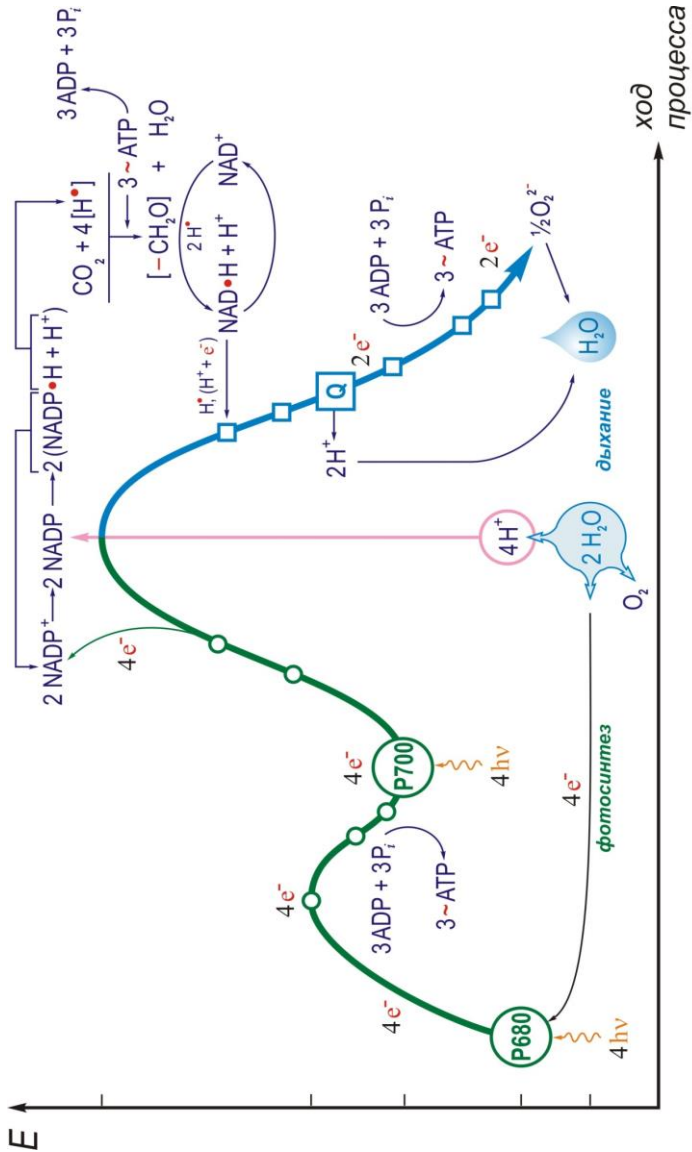


Рис. 7. Энергетическое состояние электрона в метаболитах фотосинтеза и дыхания

• – компоненты ЭТЦ хлоропластов, ■ – компоненты ЭТЦ митохондрий

2.2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЙ ЖИЗНИ В ПОНИМАНИИ СУЩНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

Тенденция приоритетности методологических знаний у обучающихся в настоящее время является одной из стратегических линий изучения естественнонаучных 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 естественнонаучных 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 естественнонаучного 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 естественнонаучной категории познания неживой и живой природы [52; 54]. 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 [56].

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» [125, 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 *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 [42, 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 [129]. Данное направление концентрирует в себе итоги исследований философских проблем биологии «...и ставит задачу

их обогащения проблематикой онтологической, социальной и аксиологической значимости жизни» [123]. 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 [118; 348]. 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 наличность 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, сформулированным русским ученым М.В. Волькенштейном, «Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров – белков и нуклеиновых кислот» [67, с. 16]. 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» [67]. 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» [6, 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» [52, 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, естественнонаучные 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 естественнонаучная 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: «Жизнь должна была возникнуть химическим путем» [54, с. 73]. Подтверждением этого тезиса являются высказывание К.А. Тимирязева, который сводил все жизненные проявления к трем фундаментальным превращениям: вещества, энергии и формы [96]. Позднее не менее известный ученый-генетик Н.П. Дубинин, в качестве фундамента жизни определил вещество, энергию и информацию [30]. 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 по тому, 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 отражена логическая взаимосвязь между философскими, естественнонаучными 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.

2.3. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ КАТЕГОРИИ СОПРЯЖЕНИЯ В ПОНИМАНИИ СУЩНОСТИ УНИКАЛЬНЫХ СВОЙСТВ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ МОЛЕКУЛ

Невысокий уровень развития естественнонаучного мышления у школьников и студентов объясняется слабым использованием методологических подходов разного уровня общности с целью интеграции и систематизации философских, физических, химических и биологических знаний, способствующих формированию и развитию естественнонаучного мышления и научно-мировоззрения на теоретическом уровне. Поэтому неслучайно основным условием эффективной реализации новых школьных и вузовских стандартов становится последовательная *методологизация*, 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 [116].

Постановка и решение данной проблемы четко обозначены и в новой Национальной доктрине образования Российской Федерации, которая предусматривает формирование обобщенных знаний о глубинных сущностях окружающего мира, развитие научных форм мышления. Социально значимым фактором в достижении этой цели, согласно этому документу, должно стать естественнонаучное образование из-за своего содержательного, познавательного и мировоззренческого потенциала.

Таким образом, приоритет в естественнонаучном образовании должны получить методологические основы содержания обучения, овладение учащимися и студентами основными познавательными средствами, методами и приемами изучаемых

наук, которые позволят создать фундамент для непрерывного самообразования и самосовершенствования. И только на базе методологических основ должно изучаться все содержание вузовских естественнонаучных курсов, которое будет конкретизировать методологические подходы и обогащать их.

В качестве всеобщей методологии в настоящее время по-прежнему выступает диалектический материализм, который проявляется как принцип единства диалектики, логики и теории познания. Развитие диалектической логики предусматривает дальнейшую *разработку существующих категорий материалистической диалектики как путем обогащения их содержания, так и выдвигания 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.

Анализ современного естественнонаучного знания свидетельствует, 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. Наука подошла к той области глубинных и во многом опосредованных знаний, которые нельзя понять без диалектики.

«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» [120, 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» [125, с. 199].

Взаимодействие как атрибут материи (наряду с движением и отражением) играет ключевую роль для понимания сущности конкретных форм движения материи и их генетической связи, а как философская категория – является мощным общенаучным методом исследования, однако не дает всеобъемлющего представления об объекте и неизбежно, как всякая *абстракция*, обедняет исследуемую реальность.

Принцип неисчерпаемости материи предопределяет и принцип неисчерпаемости взаимодействия. Отсюда вытекает задача постоянного расширения и углубления нашего понимания *сущности взаимодействия* при изучении конкретных материальных объектов и явлений. Взаимодействие как атрибут материи имеет внешние проявления и внутренние причины.

Разбор теории и практики позволил авторам выдвинуть идею 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 в физической, химической и биологической формах движения материи. Однако, по мнению авторов, во всех частных случаях использования понятия сопряжения оно не несет методологической нагрузки. И только после подведения данного понятия под философскую категорию взаимодействия оно может претендовать на статус естественнонаучной категории и методологии познания [79; 107].

В настоящем исследовании методологический потенциал сопряжения был применен к выявлению общих принципов организации биологически активных органических молекул, которые обладают уникальными свойствами и играют важную роль в обеспечении разнообразия и эволюции организмов на Земле.

Анализ научных данных свидетельствует, что сопряжение как принцип организации материи лежит в основе строения биологически активных органических молекул, которые обладают уникальными свойствами и играют важную роль в обеспечении жизнедеятельности и эволюции всех организмов на Земле. Природа широко использует *сопряжение* как принцип 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*. Действие сопряжения как внутренней стороны взаимодействия, а, следовательно, и как одного из общих принципов материи проявляется на разных уровнях ее организации. Фундаментом такой организации является электронный уровень. Роль сопряжения как одного из фундаментальных принципов организации и функционирования биологической формы движения материи на электронном уровне целесообразно рассмотреть на примере таких важных соединений, как хлорофиллы, фикобилины, каротиноиды, цитохромы и гемоглобины.

Из перечисленных выше соединений хлорофилл назван первым неслучайно. Основоположник учения о фотосинтезе К.А. Тимирязев назвал хлорофилл самым удивительным веществом на Земле [96]. Данный пигмент играет ключевую роль в *трансформации энергии солнечного излучения в энергию*

химических связей органических веществ. Эта космическая энергия запасается зелеными растениями и составляет основу жизнедеятельности всех форм гетеротрофных организмов на Земле – от бактерий до человека.

Это уникальное свойство хлорофилла обусловлено строением его молекул. В основе строения молекулы хлорофилла лежит порфириновое кольцо, которое представляет систему их девяти пар сопряженных (конъюгированных) чередующихся двойных и одинарных связей с 18 делокализованными π -электронами [72, с. 67]. Формирование такой системы происходит в процессе биосинтеза хлорофилла, который начинается с образования σ -аминолевулиновой кислоты. Циклизация этих молекул приводит к образованию четырех пирольных колец, которые, конденсируясь, образуют протопорфирин с 18-членной системой сопряженных σ - и π -связей. Дальнейшие превращения протопорфирина определяются наличием металлов. Если в протопорфириновое кольцо включается железо, формируется гем, входящий в состав цитохромов, каталазы, пероксидазы и гемоглобина. При включении в кольцо магния и дальнейших превращений образуется хлорофилл [там же, с. 68]. Этот факт указывает на принципиальное структурное сходство важнейших органических соединений у растений и животных.

Уникальная сопряженная структура молекулы хлорофилла, отобранная в процессе химической эволюции, определяет и уникальные физико-химические свойства этой молекулы как *оптического* и *химического сенситизатора*. Сопряжение этих физико-химических свойств позволяет данной молекуле выполнять три важнейшие функции: 1) избирательно поглощать энергию красных и сине-фиолетовых лучей, 2) запастись ее в виде

энергии электронного возбуждения, 3) преобразовывать энергию электронного возбуждения в более устойчивую энергию химических связей ATP и NADPH [там же, с. 72].

Система сопряженных двойных и одинарных связей лежит в основе и другой важнейшей группы пигментов – фикобилинов. Ядром фикобилинов, как и хлорофиллов, является тетрапиррольная структура, имеющая *сопряженную систему двойных и одинарных связей*. Однако в отличие от хлорофилла тетрапиррольная система этих пигментов открыта и не содержит атомов магния или других металлов. Уникальную структуру этих соединений «используют» как растительные организмы, так и животные. Так, в красных водорослях (помимо хлорофилла), содержатся фикоэритробилины, в сине-зеленых – фикоцианобилины. У животных представителем фикобилинов являются билирубин и биливердин, которые относятся к группе желчных пигментов и образуются в результате распада протопорфирина IX.

Появление фикобилинов в процессе эволюции можно рассматривать как *архимоз*, который обеспечил максимальное улавливание света растениями, обитающими в водной среде. Вода в значительной степени поглощает длинноволновые (красные) лучи, которые (как и сине-фиолетовые) используются в процессе фотосинтеза. Этот недостаток получения солнечной энергии хлорофиллом у водорослей компенсируется энергией, поглощающей фикобилинами в оранжевой, желтой и зеленой частях спектра, который не поглощается молекулами хлорофилла. Это явление В.Т. Энгельман назвал *хроматической комплементарной адаптацией водорослей*. Энергия света, поглощенная фикобилинами, передается на хлорофиллы. Следовательно, фикобилины в процессе фотосинтеза у водорослей выполняют функцию дополнительных пигментов вместо хлорофилла.

Важнейшим представителем фикоболинов является фитохром, который имеется у всех растений. Этот пигмент является фоторецептором для восприятия красного и дальнего красного света и выполняет регуляторные функции (контролирует синтез некоторых фотосинтетических пигментов, фоторегуляцию цветения, прорастания семян и др.).

Сопряженная система σ - и π -связей лежит в основе строения желтых, оранжевых и красных пигментов, которые объединены в группу *каротиноидов*. Данные пигменты синтезируются *высшими растениями, бактериями, грибами* и некоторыми *животными*. Растительные каротиноиды – каротины и их окисленная форма ксантофиллы – синтезируются в зеленых листьях, корнях моркови, плодах шиповника, томатах и др. По химической природе каротины – изопреноидные углеводороды, обладающие *системой сопряженных двойных связей*; на каждом из концов этих молекул находятся ненасыщенные замещенные циклогексановые кольца. В листьях растений каротиноиды выполняют ряд важных функций: 1) поглощают кванты света в сине-фиолетовой части спектра и передают их энергию молекулам хлорофилла, 2) защищают молекулы хлорофилла от необратимого фотоокисления. Некоторые исследователи считают, что эти пигменты принимают участие в кислородном обмене при фотосинтезе.

Как уже было отмечено выше, протопорфирин, в основе строения которого лежит уникальная 18-членная *сопряженная система* σ - и π -связей, может образовывать комплексные соединения не только с ионами такого металла как магний, но и с ионами *железа*. Хелатный комплекс протопорфирина с Fe (II) называется протогемом или просто **гемом** [51, с. 437]. В живых

организмах гем, как простетическая группа, входит в состав сложных белков гемопротеидов. В зависимости от заместителей в порфириновом ядре различают геммы а, b, с и т. д. Наиболее распространенным и значимым является гемм b, который входит в состав гемоглобинов, миоглобина, большинства цитохромов, а также каталазы и пероксидазы.

Представленный анализ литературных данных и ранее проведенные исследования [78; 79] позволяют констатировать, что сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия является одним из важнейших механизмов повышения (усложнения) уровня организации как неживой, так и живой материи и возникновения у нее новых качеств. В процессе химической эволюции механизм сопряжения обеспечил возникновение уникальных соединений, в основе строения которых лежит сопряженная система σ - и π -связей. Электроны этих связей легко возбудимы, они участвуют в преобразовании энергии квантов света в энергию электронного возбуждения, сопряженных биохимических реакциях: окислительного фосфорилирования, фотофосфорилирования и т. д., которые обеспечивают интактные клетки энергетическими эквивалентами (АТФ и NADPH). Такие сопряженные системы, по-видимому, можно рассматривать как **ароморфозы** (по А.Н. Северцеву) или, скорее, **арохимозы** (по А.В. Благовещенскому), которые позволили организмам осваивать новые экологические ниши, появившиеся в ходе глобальных климатических преобразований. Универсальность и значимость таких систем доказана выше приведенными фактами. Они присущи всем живым существам на нашей планете и обеспечивают новые возможности для освоения ресурсов внешней среды.

2.4. СОПРЯЖЕННЫЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕАКЦИИ КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПОЗНАНИЯ МЕТАБОЛИЗМА РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

Современный этап развития биологии во многом определяет темпы научно-технической революции. Это обусловлено, в первую очередь, тем, что исследования живой материи в настоящее время проводят на качественно новых уровнях (молекулярном и субмолекулярном), которые способствуют выявлению самых фундаментальных свойств и закономерностей живого, позволяющих решать многие проблемы практики.

Результаты исследований биологической формы движения материи на уровне молекулярного «микромира» будут играть важную роль и в создании общей теории биологии, о необходимости которой так остро стоит вопрос в биологической науке. Подтверждением этому является мнение Б.М. Астаурова. Рассматривая методологические подходы к созданию общей теории биологии, он подчеркивает, что к ее фундаментальным блокам «следует отнести, прежде всего, *молекулярную биологию*, цитологию, генетику, биологию индивидуального развития (онтогенез) и область органической эволюции (филогенез)... молекулярную биологию, по мнению данного автора, следует ставить не вровень с остальными областями, а еще ниже, ибо относящиеся сюда явления находятся на самом «дне жизни» и позволяют связать остальные четыре раздела воедино» [6, с. 229].

В раскрытии молекулярных механизмов жизнедеятельности клеток и организмов в целом исключительную роль играют идеи и методы физики, химии и математики. Об этом свидетельствуют высказывания ряда видных ученых. Так, известный

биофизик С.Э. Шноль отмечает, что характерная черта развития биологии последних десятилетий – выяснение физико-химической природы многих «сугубо биологических» явлений и процессов (таких как ферментативный катализ, сокращение мышц, нервное возбуждение, отчасти память, эмоции и др.). Вместе с тем он не считает все это доказательством отсутствия биологической специфичности, а как раз подчеркивает ее в дальнейшем высказывании: «Являясь «концентратами прошедшего времени», биологические объекты функционируют посредством физико-химических механизмов, отобранных в результате естественного отбора. Таким образом, только теория эволюции является собственно биологической теорией» [124, с. 16]. Другой не менее известный биофизик Л.А. Блюменфельд также подчеркивает важность методов физики в биологических исследованиях. Он, в частности, отмечает: «...наиболее правильным было бы определить биологическую физику как ту часть биологической науки, в которой можно сегодня работать, основываясь на принципах и методологии физики, т. е. другими словами, которой могут заниматься исследователи, имеющие фундаментальное физическое образование» [14].

Физика XX в. первой из отраслей естественнонаучного знания родила, по образному выражению В.И. Ленина, диалектический материализм. Являясь лидером естествознания, физика в значительной мере определила основные направления развития родственных наук, и в частности, химии и биологии. Ее фундаментальное учение об атомно-молекулярном строении вещества и электронная теория вещества, по мнению М.С. Свирского, имеют первостепенное значение для научно-технического прогресса [89, с. 3]. Раскрывая электронную природу химического процесса, физика вносила в химию диалектические идеи, «выстраданные» ею [3, с. 224]. В биологических

системах множество физиолого-биохимических процессов осуществляется также за счет реакций переноса электронов.

Важнейшими философскими категориями, характеризующими строение материи и процесс ее развития является диалектическая пара: «прерывность» и «непрерывность». Прерывность (дискретность) характеризует пространственно-временную отграниченность элементов, состояний объекта, в то время как непрерывность – взаимосвязь (взаимообусловленность) элементов и состояний объекта [90, с. 1052]. Диалектическая взаимосвязь дискретности и непрерывности в различных формах организации вещества детально рассмотрены в ряде работ Б.В. Кедрова [37] и В.И. Кузнецова [46]. Единство дискретности и непрерывности, по мнению данных авторов, в химическом познании проявляется на двух уровнях: на уровне познания материальных носителей химического движения и на уровне реального химического процесса. Объективной основой диалектического единства противоречивых моментов на обоих уровнях служит корпускулярно-волновой дуализм электронов – частиц, в конечном итоге «ответственных» за специфику химического движения. Осознание этого факта подчеркивает В.С. Вязовкин, «привело к «электронизации» химического мышления: там, где химик XIX в. мысленно представлял лишь движение дискретных атомов, современный ученый обнаруживает противоречие, прерывно-непрерывное движение электронов, что в свою очередь ведет к диалектическому способу мышления» [22, с. 157].

Следовательно, наиболее яркое подтверждение своего бытия диалектическая пара «прерывность» и «непрерывность» нашла в открытии явления корпускулярно-волнового дуализма электронов. Отсюда следует, что использование постулатов данной теории при изучении химической и биологической форм

движение материи позволит выявить их генетическую связь с физической формой движения материи, а также специфику, которая обеспечила им переход на качественно новый уровень организации и функционирования. Подобная стратегия обеспечит формирование как естественнонаучного, так и философского стилей мышления у школьников и студентов. Это является исключительно важной методологической составляющей современного биологического образования, так как биологическое мышление предполагает оперирование всеми видами научных абстракций, используемых в естественнонаучной картине мира, – философскими категориями, общенаучными и естественнонаучными понятиями. Единство таких понятий, по мнению И.В. Мартынычева, в процессе творческого познания создает «дополнительную степень свободы мышления» [56, с. 61] и позволяет выявить в исследуемых объектах сущности различных порядков.

Абстрактность современного биологического мышления выражается в растущем умении ученых (и учащихся) мыслить не только понятиями, но и условными знаками, символами, формулами, идеализированными образами (моделями). Учитывая тенденцию формализации современного научного мышления авторами разработан ряд идеализированных теоретических моделей, которые призваны выполнять методологическую функцию при изучении предметов естественнонаучного цикла в целом и курса биологии в частности [74].

Не менее важными в области молекулярной биологии являются идеи и методы современной химической науки. Свидетельством тому являются мнения двух Нобелевских лауреатов. Один из них, английский химик А. Тодд, пишет: «Мы еще слишком мало знаем, чтобы понять самые глубокие биологические

явления, но в конце концов это же явления химические...» [98]. Другой, американский биохимик Дж. Уотсон, соавтор модели пространственной структуры ДНК, делает еще более оптимистические прогнозы в этом отношении: «Мы видим теперь, – пишет он, – что на основе законов химии можно понять не только структуру белка; все известные нам явления из области наследственности также подчиняются этим законам. В настоящее время почти все биохимики убеждены в том, что и остальные свойства живых организмов... могут быть поняты на молекулярном уровне, на основе координированных взаимодействий больших и малых молекул» [112, с. 72].

Анализируя методологические подходы к созданию общей теории биологии, видные ученые современности В.Г. Борзенков и А.С. Северцев приходят к выводу, о том что функцию метатеоретического фундамента всех других специальных биологических теорий должна играть теория естественного отбора, находящаяся в органической связи с основными положениями философии диалектического материализма. Вместе с тем они отмечают, что «сама теория эволюции сегодня обосновывается и обогащается, конкретизируется 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 многих др.) и 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». Любые другие попытки создания «теоретической биологии»,

по мнению данных авторов, неизбежно приведет к той или иной форме современного механицизма или витализма [16, с. 61].

Таким образом, приведенные выше аргументы вполне обоснованы и являются подтверждением основного постулата диалектического материализма в отношении живого, который рассматривает биологическую форму материи как вполне закономерный результат развития физической и химической форм ее движения, что во многом обуславливает методологию изучения живого.

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 будущим специалистам для выдвижения 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»* [23, с. 173]. В процессе изучения этого курса в 9 классе понятия «окисление» и «восстановление» используется при рассмотрении свойств металлов, галогенов и кислорода, это 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 [25]. Вместе с тем при изучении биохимических реакций в курсе общей биологии понятие «окислительно-восстановительная реакция» вновь начинает работать в той или иной степени. Такой парадокс в «логике развития»

(а точнее не развития) 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 низко лежащих 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 (кислотно-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, свободно-радикальные 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.)...» [9, с. 183,184].

Подобную точку зрения высказывает Х. Беккер, который в разделе «Окисление и дегидрирование» приводит следующую трактовку понятию 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»* [8, 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»* [там же].

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 естественнонаучного 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» [22, 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].

Пропедевтическая функции курсов физики и химии для биологии научно обоснована А.В Усовой. В разработанной данным исследователем новой концепции естественнонаучного образования указывается: «повышение уровня естественнонаучного образования современных школьников, приведение его соответствия с требованиями современного общества возможно при условии существенной перестройки содержания предметов естественного цикла в школе, опережающего изучения курсов физики и химии, обеспечивающего современное создание у учащихся понятийной базы, необходимой для успешного изучения современного курса биологии [114, с. 6].

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* [30, 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. Научному формированию и планомерному развитию понятия об обмене веществ мешает отсутствие должного внимания обмену внутриклеточному, внутриклеточному и превращениям энергии» [18, 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 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*» [90, с. 905]. 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, с химическими реакциями. Эти моменты зафиксированы в энциклопедических словарях, интерпретирующих понятия анаболизма и катаболизма [12; 90]. Наиболее важный процесс анаболизма, имеющий планетарное значение, – *фотосинтез*, то время как 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» [19, 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» [36, с. 120]. *«Основным источником полезной энергии в биологических процессах являются реакции окисления-восстановления»* [там же, с. 139].

В живой природе различают три основных вида превращения энергии: 1. Энергия квантов света (крайне неустойчивая форма энергии) улавливается хлорофиллом и 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 различные формы работ: 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 «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 самый сложный физический, химический и биологический процесс *окислительно-восстановительного превращения* H_2O и CO_2 в углеводы и другие органические соединения, инициируемый хлорофиллом в фотосинтетическом аппарате» [9, 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*» [45, с. 275]. Анализируя физико-химические основы фотосинтеза, Г.Г. Комиссаров отмечает: «Фотосинтез – сложный биологический процесс, состоящий из большого числа сопряженных окислительно-восстановительных реакций» [41, 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* [87, с. 43].

Согласно современным представлениям процесс фотосинтеза условно можно разделить на три этапа: фотофизический, фотохимический и биохимический. Фотофизический этап включает реакции поглощения электромагнитной энергии, запасаения ее в виде электронного возбуждения и миграции в липопротеидном комплексе. В ходе фотохимического этапа энергия электронного возбуждения тухится 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 выше изложенного 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 [7]. Второй исследователь доказал, что кислород необходим для отнятия электронов и протонов от субстрата, в результате чего образуется вода [66]. Следовательно, данные 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» [51, с. 362]. Другие, не менее известные ученые в области биологии К. Вили, 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*» [19, 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): $DH_2 + A \rightarrow D + AH_2$ » [128, 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, выше упомянутые биологи К. Вили и В. Датье подмечают, что «*все реакции дегидрирования – это, по определению, окислительные*

реакции, сопровождающиеся отнятием электронов» [19, 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 [51, 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 – никитинамидадениндинуклеотид (NAD^+) и никитинамидадениндинуклеотидфосфат ($NADP^+$), которые являются коферментами анаэробных дегидрогеназ. Функциональной концевой группой этих пиридиннуклеотидов служит витамин никитинамид (амид никитиновой кислоты, ниацин). Эти два пиридиннуклеотида отличаются друг от друга по числу фосфатных групп: содержит две NAD^+ , а $NADP^+$ – три фосфатные группы в концевой части молекулы, присоединенной к кольцу никитинамида.

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 АТФ из АДФ 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, т. е. водородов. 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, лежащих в основе биологических процессов, играющих 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 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.

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 это вполне оправдано.

При изучении органической химии обучающиеся сталкиваются с другим типом окислительно-восстановительных реакций – отдачей и принятием атомов водорода, которые в этом курсе называются реакциями дегидрирования – гидрирования. Авторы учебника органической химии О.С. Габриелян и др. [25] учебника органической химии, по-видимому, допускают методическую (методологическую) ошибку, так как не поясняют, что реакции дегидрирования – гидрирования так же относятся к типу окислительно-восстановительных реакций, тем самым не развивая данное понятие. Мнение ведущих специалистов о том, что понятия дегидрирования и окисления представляют собой по существу два эквивалентных процесса, было приведено выше.

Этот недостаток 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, который доминирует в школе [60, 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: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6H_2O + 6CO_2 + 2800 \text{ кДж}$ ».

Учитывая выше сказанное, 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, высвобождаемая в этих реакциях, используется на синтез АТФ из АДФ и P_i .

Следует особо отметить, что на понимание сущности окислительно-восстановительных реакций при формировании понятия дыхания (а также фотосинтеза) негативно сказывается исключение из содержания материала понятий « NAD^+ » и « $NADP^+$ », поэтому авторы школьных учебников по общей биологии, рассматривая анаэробный тип дыхания – гликолиз, вынуждены прибегать к менее научным терминам: «... в мышцах в результате анаэробного дыхания молекула глюкозы распадается (следовало сказать окисляется, прим. авторов) на две молекулы пировиноградной кислоты ($C_3H_4O_3$), которые затем восстанавливаются в молочную кислоту ($C_3H_6O_3$)».

По-видимому, данной фразой авторы учебника запутывают не только обучающихся, но и себя. В научном стиле и смысле она 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 $NADH_2$. 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_2 и окисляя последнюю до NAD^+ .

Выше сказанное 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 и развиваются во взаимосвязи [18, с. 86; 113, 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 то время как 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, которая 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 – DNK 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, 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 [9, 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 органоенов, особенно углеводородными фрагментами. Как отмечают выше указанные 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.)» [там же].

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 с молекулярного 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 перед изучением явления наследственности на уровне организмов, создается необходимая 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 и к изучению явлений, связанных с превращением вещества и энергии, прежде всего таких, как фотосинтез и дыхание, раскрытие сущности которых возможно только на должной химической основе. Однако приходится констатировать, что ни в одном отечественном школьном учебнике по общей биологии не рассматриваются строение и функции, необходимые для понимания фотосинтеза и дыхания ключевых органических молекул, которые играют ключевую роль, выполняя функцию либо посредников между метаболитами углеводного обмена, либо сами являются метаболитами клетки. 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 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» [96, 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 и, как следствие, не рассматриваются и химические свойства этих молекул [59; 60].

Существенным недостатком школьных учебников является отсутствие в них материала о химической структуре и свойствах таких важнейших органических соединений, как пиридиннуклеотиды – NAD^+ и NADP^+ , и флавиннуклеотиды – 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.

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 окислительного 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 [57]. 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. 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 убухинонов, 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 [59, с. 70, 81–83]. Итог такого подхода малоэффективен: при объяснении фосфорилирования, имеющего место в световой фазе фотосинтеза, основные идеи выше упомянутой 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, пиридиновые 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 пропедевтические 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 ознакомить 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 упредить 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 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 «окислительно-восстановительная реакция» в школьном курсе общей биологии.

2.5. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ПОНЯТИЯ «ОБМЕН ВЕЩЕСТВ» ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ

Исследование содержания понятий принципиально не отличается от исследования тех объектов или явлений, сущность которых они отражают. В том и другом случае исследователь должен опираться на такие блоки теоретического фундамента, как понятия, законы, принципы, подходы, теории, которые становятся методологиями их познания. Таким образом, выделенные блоки теоретического фундамента выполняют двоякую функцию – онтологическую и гносеологическую.

Биологическое образование во многом является проекцией науки, и поэтому понимание сущности объектов и явлений живой природы обучающимися во многом осуществляется через усвоение содержания системы биологических понятий, которые отражают эти сущности. Субъекты обучения должны как бы повторить научно-исследовательскую деятельность ученых в познании живой природы. Начать с усвоения соответствующих методологий (философских категорий, законов, теорий) и прийти к той современной биологической теории, которая на данный период развития науки отражает наиболее полно сущность биологической формы движения материи. Этот путь обучаемые реализуют через систему философских, естественнонаучных и биологических понятий, вооружаясь при этом как содержательными, так и методологическими знаниями о биологических системах разного уровня организации.

Важнейшую роль в постижении функциональной сущности живого играет понятие «обмен веществ». В истории биологической науки содержание данного понятия (как и других

биологических понятий) претерпевало существенные изменения. Понимание природы данного понятия невозможно без философских знаний, а стратегия его развития – без знаний законов диалектической логики. Процесс образования понятий отражает основной закон природы – «единства и борьбы противоположностей» и также носит диалектически противоречивый характер. Чтобы наиболее точно отражать действительность, понятия должны быть «обтесаны, обломаны, гибки, подвижны, релятивны, взаимосвязаны, едины в противоположностях, дабы обнять мир» [49, с. 131]. О противоречивой природе понятий свидетельствует и высказывание А.В. Усовой: «Понятие ... раскрывает сущность вещей, внутренние, коренные, определяющие свойства вещей, их внутреннюю противоречивую природу» [115, с. 12].

Второе положение, определяющее стратегию формирования понятий, также вытекает из диалектики как науки о развитии и взаимосвязи. Так в своем фундаментальном труде В.И. Ленин отмечает: «Анализ понятий, изучение их, «искусство оперировать с ними» (Ф. Энгельс) требует всегда изучения движения понятий, их связи, их взаимопереходов» [49, с. 227]. Поэтому стратегия развития знаний проявляется в основном в переходах от одних исходных понятий к другим, отражающим более глубокую сущность предметов и явлений действительности. Данную стратегию подтверждает и мнение отечественного психолога Л.С. Выготского: «Мышление всегда движется в пирамиде понятий» [21, с. 20].

В качестве методологической основы формирования понятия об обмене веществ должны быть использованы не только философские знания (категории, законы, теории) о развитии природы, но также естественнонаучные и общебиологические

понятия. Среди естественнонаучных понятий, позволяющих раскрыть сущность обмена веществ на молекулярном и даже на электронном уровне, являются такие как «вещество» и «энергия». Это указывает и на то, что в основе биологической формы движения материи «в скрытом виде» лежат физическая и химическая формы ее движения. Из биологических понятий, которые позволяют конкретизировать понятие обмена веществ, следует выделить, прежде всего, такие как «метаболизм», «ассимиляция», «диссимиляция», «анаболизм», «катаболизм». При этом необходимо также определить четкую иерархию между этими понятиями и биологические объекты для их применения.

Обозначенные выше методологические положения (основы) зачастую не соблюдаются в образовательной практике школ и вузов. Это высвечивается при анализе школьных и вузовских учебников по биологии (как отечественных, так и зарубежных авторов), а также справочной литературы, которая используется преподавателями и обучающимися. Анализ этой литературы позволяет заострить внимание как минимум о двух негативных моментах, имеющих место при интерпретации как общего понятия «обмен веществ», так и более частных понятий – «анаболизм», «катаболизм» и др., которые конкретизируют противоречивую природу этого понятия. Кроме того, разночтения в толковании сущности обозначенных выше биологических понятий в учебной и справочной литературе не позволяет установить логическую связь (иерархию) между этими общебиологическими понятиями и сформировать должным образом ключевое понятие обмена веществ, которое отражает функциональную сущность всех живых объектов нашей планеты.

Все литературные источники, авторы которых приводят определения вышеуказанным понятиям могут быть разбиты на несколько групп:

1. Источники, в которых используется только одна триада понятий: «обмен веществ», «ассимиляция», «диссимиляция». Такой вариант встречается как в более поздних изданиях, так и в современных источниках [33; 59].

2. Литература (в том числе и энциклопедическая), в которой понятия «обмен веществ» – «метаболизм», «ассимиляция» – «анаболизм», «диссимиляция» – «катаболизм» используются как синонимы [12; 61; 90].

3. Справочная литература и учебные пособия, в которых часть терминов используется как синонимы («метаболизм» – «обмен веществ»), а другие выведены из обращения – «ассимиляция», «диссимиляция», и они соответственно заменены понятиями «анаболизм» и «катаболизм» [13; 19; 126].

4. Учебные пособия, где понятия «обмен веществ» и «метаболизм» приводятся как синонимы, а для их интерпретации используются только понятия «ассимиляция» и «диссимиляция» [64].

5. Учебники и пособия, авторы которых отказались от начальной триады понятий – «обмен веществ», «ассимиляция», «диссимиляция», заменив их другой триадой – «метаболизм», «анаболизм», «катаболизм» [53; 71].

Приведенные факты явно свидетельствуют о том, что при изучении курса биологии обучаемые, а также учителя и преподаватели имеют все основания для затруднений в толковании как содержания, так и соподчинения важнейших биологических понятий, от уровня сформированности которых, в конечном итоге, зависит понимание сущности живого в целом.

Разрешению данной проблемы может помочь использование двух методологических подходов – исторического и системного. Применение первого подхода позволяет установить, что понятия «обмен веществ», «ассимиляция» и «диссимиляция» являются отражением изучения физиологических процессов на уровне целого организма в общем виде, которое имело место в самом начале изучения функций живых организмов. В то время как понятия «метаболизм», «анаболизм», «катаболизм» возникли как отражение познанных физиолого-биохимических процессов на клеточном и субклеточном уровне. При этом важно отметить, что объектами для изучения физиолого-биохимических процессов на клеточном уровне, как правило, являлись одноклеточные организмы: водоросли, бактерии и т. п. Специфика данных организмов заключается в том, что их можно одновременно определить и как клетки, и как организмы. Поэтому, к ним в одинаковой степени можно применить триаду понятий, которая использовалась первоначально для целостного многоклеточного организма, так и триаду понятий, возникшую при изучении физико-химических процессов на клеточном уровне. Это обстоятельство, по видимому, и послужило одной из основных причин того, что большинство авторов считают эти две триады понятий синонимами и употребляют их совместно, другие предпочитают использовать одну из триад, а некоторые – предпочитают использовать их в смешенном варианте.

Таким образом, исторический подход позволяет выявить соподчинение двух триад понятий, одна из которых является более общей («обмен веществ», «ассимиляция», «диссимиляция»), характеризующая физиолого-биохимические процессы на уровне целого организма (многоклеточного), вторая – более

частной («метаболизм», «анаболизм», «катаболизм») – для изучения жизненных процессов у многоклеточных организмов на клеточном уровне. Только в случае изучения одноклеточных организмов эти две группы понятий можно использовать как синонимы. Однако в целях исключения путаницы в головах обучающихся при изучении физиолого-биохимических процессов у одноклеточных микроорганизмов лучше использовать понятия второй группы, которые отражают их суть на клеточном и субклеточном уровнях организации любых типов клеток.

Подтверждением данного вывода является мнение известного биолога Н.Ф. Реймерса, который пишет: «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» [86, с. 211]. По мнению данного автора, ассимиляция включает процесс анаболизма, а диссимиляция – процесс катаболизма [там же, с. 33 и 106].

К заключению, сделанному выше, можно прийти и путем анализа фактических данных на основе одной из современных общенаучных методологий естествознания – системного подхода, который конкретизирует принципы диалектического материализма. Основные принципы системного подхода позволяют установить не только взаимосвязь и иерархичность структурных элементов в такой целостной системе как организм, но и иерархичность его *функций*, имеющих место на разных структурных уровнях его организации. Иначе говоря, каждому структурному уровню организации организма как целостной системы соответствуют определенные физиолого-биохимические процессы, которые тесно связаны, соподчинены и, в своей совокупности, обуславливают такое уникальное явление, как жизнь. Отсюда

следует, что и понятия, отражающие общие закономерности организации и функционирования любой живой системы, имеют соответствующую иерархию, то есть соподчинение. В нашем случае понятия «обмен веществ», «ассимиляция» и «диссимиляция» являются наиболее общими понятиями, характеризующими жизненные процессы на уровне целого организма, в то время как вторая группа понятий – «метаболизм», «анаболизм» и «катаболизм» характеризует их более детально и основательно на клеточном уровне.

Таким образом, методологии исторического и системного подходов позволяют разобраться в содержании, а также в иерархических связях таких важнейших биологических понятий, как «обмен веществ», «метаболизм», «ассимиляция», «диссимиляция», «анаболизм» и «катаболизм». Эти знания в конечном итоге позволяют снять противоречия в толковании этих понятий в школьной и вузовской литературе и научно обоснованно использовать их в учебном процессе при изучении живых систем разного уровня организации.

2.6. 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 [78; 107]. 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» [118, 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 (C, H, O, 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, содержащие 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, обеспечивающим 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» [96, 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, соединенными 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 тендем, 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» [59, 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...» [12, 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 позволит 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 предоставляет 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 [96]. Позднее не менее известный ученый-генетик Н.П. Дубинин определил в качестве фундамента жизни вещество,

энергию и информацию [12]. 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» [54, 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).

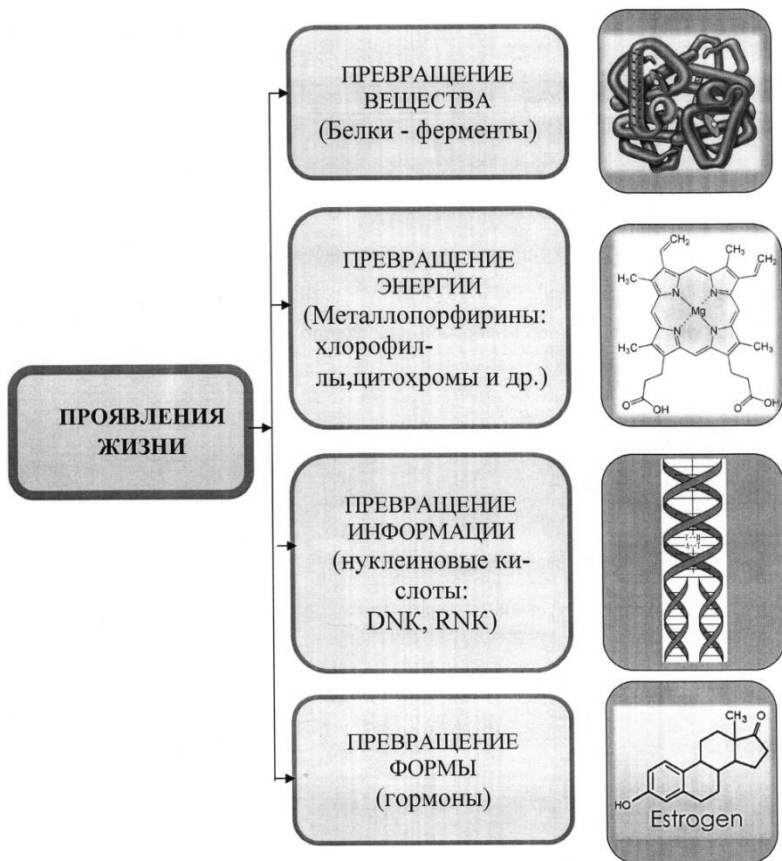


Рис. 8. Молекулярные основы проявлений жизни

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 естественнонаучным дисциплинам. Его результативность становится очевидной, если этот метод используется во всех видах учебных занятий [43].

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.

2.7. 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 содержания естественнонаучных 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, обуславливающие ее качественные особенности.

При изучении углеводного метаболизма приоритет был отдан одной из внутренних сторон взаимодействия, которая нами была обозначена как естественнонаучная 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 [51].

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.

В представленной модели (рис. 9) 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.

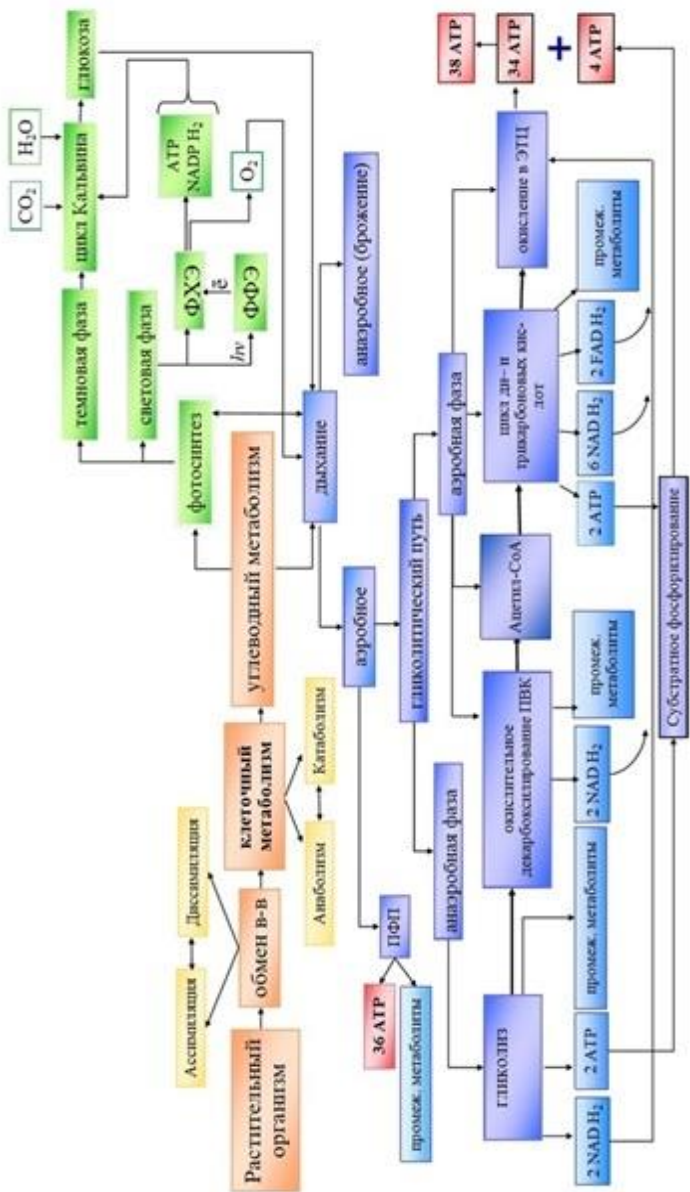


Рис. 9. Фотосинтез и дыхание – сопряжённые звенья углеводного обмена

Второй вид сопряжения проявляется в том, что фотосинтез и дыхания могут в определенных условиях обмениваться как важнейшими энергетическими эквивалентами – АТФ, 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 – АТФ, 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 основной анаболизмом 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 в плане его сложности. В основе этого уникального биологического процесса лежат физические и химические превращения, обеспечивающие трансформация 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 водорода 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 пентозофосфатноз-офосфатному, тесно связанными 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-ти 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.

2.8. 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» [121, 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 естественнонаучных направлений подготовки в педвузах методу моделирования также не являются достаточными для обеспечения должного уровня профессиональной компетентности будущих педагогов [43].

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 является положение, согласно которому энергетическое сопряжение тока электронов с синтезом АТФ осуществляется через электрохимический градиент протонов на сопрягающих мембранах [57, 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 статическими моделями, которые в целом отражают его сущность [72, 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. 10) позволяют обучающимся конкретизировать основные моменты механизма образования АТФ на мембранах митохондрий в рамках хемиосмотической теории П. Митчелла и глубже понять ее сущность.

На рис.10А 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 .

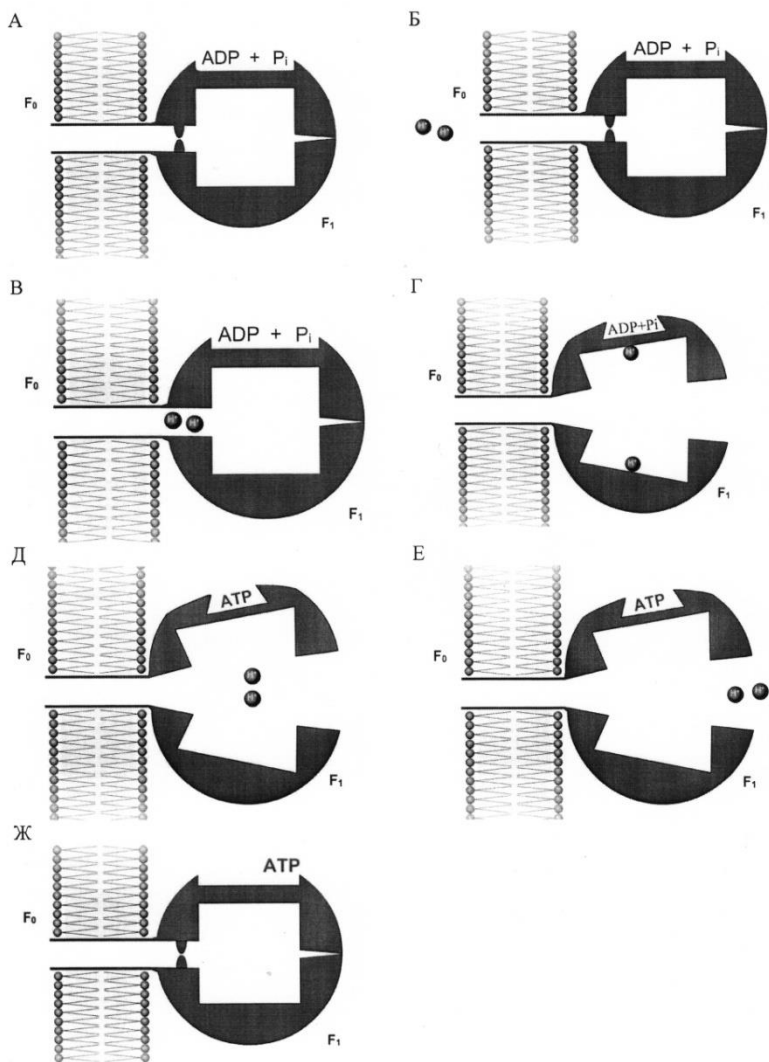


Рис. 10. Косвенный механизм образования АТФ

Следует отметить, что данный канал открывается лишь при создании определенного градиента протонов на разных сторонах внутренней мембраны митохондрий.

На рис. 10 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. 10 В), и протоны проникают в «головку» АТР-азного комплекса (F_1). Присутствие протонов в АТР-азе изменяет ее конформацию, то есть форму фермента (рис. 10 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. 10 Д зафиксирован результат взаимодействия АТР и P_i – образование АТР. После образования АТР протоны удаляются из «головки» фермента в межмембранное пространство митохондрии (рис. 10 Е). На следующем этапе конформация фермента возвращается в исходное состояние, а АТР покидает его активный центр (рис. 9 Ж), который вновь готов «принимать» исходные продукты – ADP и P_i , необходимые для синтеза АТР. Необходимо отметить, что F_1 функционирует как АТР-синтетаза лишь в энергизованном виде. При отсутствии сопряжения между электрохимическим потенциалом ионов H^+ и синтезом АТР 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, статических и динамических изображений» [34, 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, запрограммировано вызывает чувственные и интеллектуальные эмоции, которые инициируют внутреннюю мотивацию к изучению биологических объектов.

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 .

2.9. СОПРЯЖЕНИЕ ЭМПИРИЧЕСКОГО И ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДОВ КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ИЗУЧЕНИЯ ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ХЛОРОФИЛЛА

Анализ содержания школьных учебников по общей биологии позволил обнаружить противоречие, которое заключается в том, что при изучении белков, играющих ключевую роль в превращениях вещества, и нуклеиновых кислот, обеспечивающих хранение, преобразование и накопления наследственной информации достаточно детально изучается их строение и свойства (функции); в тоже время строение и свойства молекул хлорофилла, обеспечивающих все живые организмы солнечной энергией, не приводятся ни в одном школьном учебнике по общей биологии. Это негативно сказывается на понимании сущности энергетических преобразований в растительных клетках и их метаболизма, в целом.

Особое место в этом метаболизме занимает процесс фотосинтеза, который уникален не только в аспекте его значимости для всех организмов на планете Земля, но и в аспекте его сложности. О значимости данного процесса свидетельствует тот факт, что в рабочей программе по биологии (10–11 классы) фотосинтез относят к общим биологическим закономерностям наряду с такими явлениями, как обмен веществ и превращение энергии, эволюция, закономерности наследования и изменчивости [84].

Если рассматривать космическую роль фотосинтеза для нашей планеты с точки зрения законов термодинамики, то это единственный процесс снижения энтропии и увеличения свободной энергии на земле за счет энергии солнца. Именно благодаря этой энергии произошло зарождение жизни и дальнейшая

ее эволюция, вплоть до появления человека. Эволюция человека как биологического вида, происходила не столько по пути совершенствования его анатомо-морфологических и физиологических характеристик, сколько по пути изменения условий окружающей среды. Создав искусственную среду обитания и постоянно совершенствуя ее, человек приобрел неоспоримые преимущества перед всеми организмами на Земле. Вместе с тем для поддержания такой среды обитания и ее дальнейшего совершенствования постоянно требуются колоссальные энергетические ресурсы, которые он извлекает из природного газа, нефти, каменного угля и т. п. В свою очередь, эти природные ископаемые являются модификацией органических существ, на образование которых была затрачена солнечная энергия. Ограниченный запас энергетических ресурсов на нашей планете ставит перед человечеством насущную глобальную проблему поиска технических и биологических технологий более эффективного использования солнечной энергии для поддержания и совершенствования искусственной среды обитания, которая обеспечит ему дальнейшую эволюцию. Решение этой глобальной проблемы возможно по двум направлениям.

Первое направление предполагает создание промышленных технологий, которые будут функционировать подобно механизму фотоокисления воды в фотосинтезе, в результате которого вода расщепляется на водород и кислород. Такая идея имеет место в высказываниях зарубежных ученых, которые считают, что энергетический потенциал фотосинтеза вполне может заменить истощающиеся запасы нефти и газа. В настоящее время предпринимаются попытки смоделировать фотохимический процесс у растений, в котором происходит разложение воды на водород и кислород за счет солнечной энергии.

Водород является экологически чистым источником энергии, так как при его сжигании образуется только вода. Такой источник энергии может заменить все существующие виды энергии, используемые человечеством, в том числе и ядерную энергию, которая является не безопасной [95].

Второе направление предполагает селекцию быстрорастущих растений, которые будут поставлять в больших объемах органические вещества для производства таких экологически чистых источников энергии, как этиловый спирт и природный газ, которые также являются экологически чистыми источниками энергии.

В клеточном метаболизме растений 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, содержащие 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 определяющую роль в процессе фотосинтеза, обеспечивающим всю биосферу энергией, излучаемой солнцем. Поэтому неслучайно выдающийся физиолог растений К.А. Тимирязев, являющийся основоположником учения о фотосинтезе, назвал хлорофилл самым уникальным веществом на Земле. Он обосновал положение, что молекулы хлорофилла являются посредниками между всеми живыми организмами на земле и солнцем. Это послужило ему

аргументом для высказывания, что «...функция хлорофилла может быть по праву названа *космической функцией* растения» [96, с. 364]. Отсюда следует, что по своей уникальности и значимости для функционирования клеток, хлорофилл можно сравнить с белками и нуклеиновыми кислотами, на биосинтез которых также тратится солнечная энергия, первоначально поглощенная и преобразованная при участии хлорофилла. Правомочность такого сравнения была нами обоснована ранее [75].

Химическая эволюция на поверхности планет происходит тогда, когда *энергия звездного излучения* может превратиться в *энергию возбужденных молекулярных структур*. При изучении вещественного состава метеоритов и лунных пород, доставленных космическим аппаратом, в них обнаружены: аминокислоты – предшественники белков, нуклеотиды – предшественники нуклеиновых кислот и порфирины – предшественники хлорофилла и цитохромов.

Среди известных металло-порфириновособо значимым является зеленый пигмент растений – хлорофилл. Уникальная структура молекулы хлорофилла предопределяет ее уникальные свойства – *оптического и химического сенситизатора*. Хлорофилл избирательно *поглощает энергию красных (часть) и сине-фиолетовых лучей* и *преобразует ее в энергию электронного возбуждения*. Это свойство не является специфичным только для магний-порфиринов, оно присуще и другим соединениям, не имеющим тетрапиррольную структуру, например, каротиноидам. Однако функцию преобразования электромагнитной энергии в химический потенциал осуществляют только магний-порфирины, то есть хлорофиллы. Приведенные факты и теоретические выкладки дают основание считать, что молекула хлорофилла (хотя бы в упрощенном виде)

должна занять соответствующее место в школьных учебниках по общей биологии. А сущность уникальных свойств хлорофилла, как оптического и химического сенсibilизатора, должна быть усвоена учащимися при изучении фотосинтеза. Однако анализ современных учебников по общей биологии разных авторов свидетельствует, что информация о строении и свойствах молекулы хлорофилла отсутствует, поэтому и процесс фотосинтеза преподносится на эмпирическом уровне [10; 58; 61].

Об уникальных свойствах хлорофилла свидетельствуют высказывания ученых разных областей естествознания. Еще Ч. Дарвин писал, что «хлорофилл – это, быть может, самое интересное из органических веществ» [цит. по 96, с. 364]. Видный специалист в области органической химии Б.Д. Березин отмечает: «По современным представлениям, фотосинтез в зеленом листе – это самый сложный физический, химический и биологический процесс *окислительно-восстановительного превращения* H_2O и CO_2 в углеводы и другие органические соединения, инициируемый *хлорофиллом а* в фотосинтетическом аппарате» [9, с. 735].

За счет энергии поглощенного кванта хлорофиллы реакционного центра осуществляют межмолекулярный перенос электрона, так называемый элементарный окислительно-восстановительный акт. В результате первичных процессов фотосинтеза образуются восстановленные продукты (NADH и NADPH), а также АТФ. Энергия, запасенная в этих соединениях, используется затем для биохимических превращений углерода в темновой фазе фотосинтеза. Таким образом, свет, поглощенный хлорофиллами, преобразуется в потенциальную химическую энергию органических продуктов фотосинтеза.

В пусковом механизме фотосинтеза ключевую роль играет свойство хлорофилла как оптического сенсбилизатора. Это было выявлено еще К.А. Тимирязевым, который, в свое время, констатировал: «...все, что нам известно о функции хлорофилла, может быть выведено из его оптических свойств, и этот вывод вполне понятен, так как процесс усвоения углерода – в то же время процесс *усвоения солнечного света*» [96, с. 363–364].

Изучая спектры поглощения спиртового раствора хлорофилла, К.А. Тимирязев установил, что хлорофилл поглощает все сине-фиолетовые солнечного спектра и часть красных лучей (более коротковолновых). Крайне красные лучи проходили через раствор хлорофилла, а следовательно, не поглощались. Из этого он сделал вывод, что получаемый от растения зеленый цвет не чисто зеленый, а смесь зеленого и красного. Доказательством этого вывода послужили опыты с синим стеклом (светофильтром), которое поглощает зеленые лучи и пропускает ту часть красных лучей, которая не поглощается зеленым пигментом. Если смотреть через такое стекло на зеленую растительность, то оно, поглощая зеленые лучи, допускает в наш глаз только красные.

История свидетельствует, что немецкие ученые, предложили оптикам использовать это открытие в коммерческих целях и сконструировать синие очки, через которые человеку весь мир представится «в розовом цвете». При ясной погоде раскрывается фантастический ландшафт с кораллово-красными лесами и лугами.

При изучении оптических свойств хлорофилла с обучающимися были применены два методических подхода. Суть первого подхода заключалась в создании проблемной ситуации,

которая предопределяла выполнение небольшого *эксперимента*. Обучающимся предлагалось рассмотреть разные по форме листья растений через синий светофильтр. При этом они обнаруживали, что листья имеют красный, а точнее малиновый цвет. Для объяснения этого эффекта экспериментаторы выдвигали разные гипотезы, которые, как правило, не объясняли его сущности. После этого им предлагалось в качестве отправной точки для новой гипотезы рассмотреть через синий светофильтр спиртовую вытяжку хлорофилла, которая также имела малиновый цвет. В это же время на экраны компьютеров выводился рисунок спектрального состава света. Кроме того, сообщалась дополнительная информация о том, что синий светофильтр поглощает зеленые лучи. В результате всей этой деятельности обучающиеся правильно решали обозначенную проблему, выявляя, что молекулы хлорофилла поглощают все сине-фиолетовые лучи и часть красного спектра. Зеленые же лучи и часть красных отражаются молекулами хлорофилла. При этом зеленые лучи маскируют отраженные красные лучи, и человек видит выделенный спиртом хлорофилл и листья растений зелеными. В качестве дополнительного подтверждения верности вывода обучающихся приводились графики спектров поглощения хлорофилла, полученные с помощью соответствующих оптических проборов.

Значимость второго методического подхода заключалась в необходимости смоделировать проделанный эксперимент, то есть сконструировать *теоретическую* модель, которая сделает его сущность наглядной. Организация такой деятельности была направлена на решение следующих задач: создать условия для формирования творческой личности; включить обучающихся

в процесс творческого мышления; сформировать системные знания, вооружить обучающихся естественнонаучной грамотностью, что, по мнению С.В. Суматохина, является важнейшим показателем качества школьного биологического образования [92].

В процессе подготовки такой модели обучающиеся имели возможность консультироваться с учителем и при необходимости вносили коррективы в свои модели. В конце занятия демонстрировалась модель преподавателя (рис. 11), которую обучающиеся могут сравнить со своими моделями и при необходимости внести в них коррективы.

Таким образом, сопряжение эмпирического и теоретического подходов в сочетании с моделированием при изучении оптических свойств хлорофилла позволяет констатировать, что такая методика проведения занятий является весьма эффективной. Продуктивной формой сопряжения эмпирического и теоретического уровней познания является построение моделей, которые сопрягают мышление с чувственностью ненаглядных элементов с наглядными и в итоге способствуют целенаправленному и творческому формированию теоретического мышления обучающихся. Методологическая роль обобщенно-образных моделей в биологической науке очень велика, но их роль еще более значима при выявлении сущности биологических явлений, таких, например, как фотосинтез. Разработанная нами модель позволила привлечь внимание обучающихся, стимулировала у них положительные эмоции и познавательную потребность, делала процесс обучения желанным и весьма эффективным.

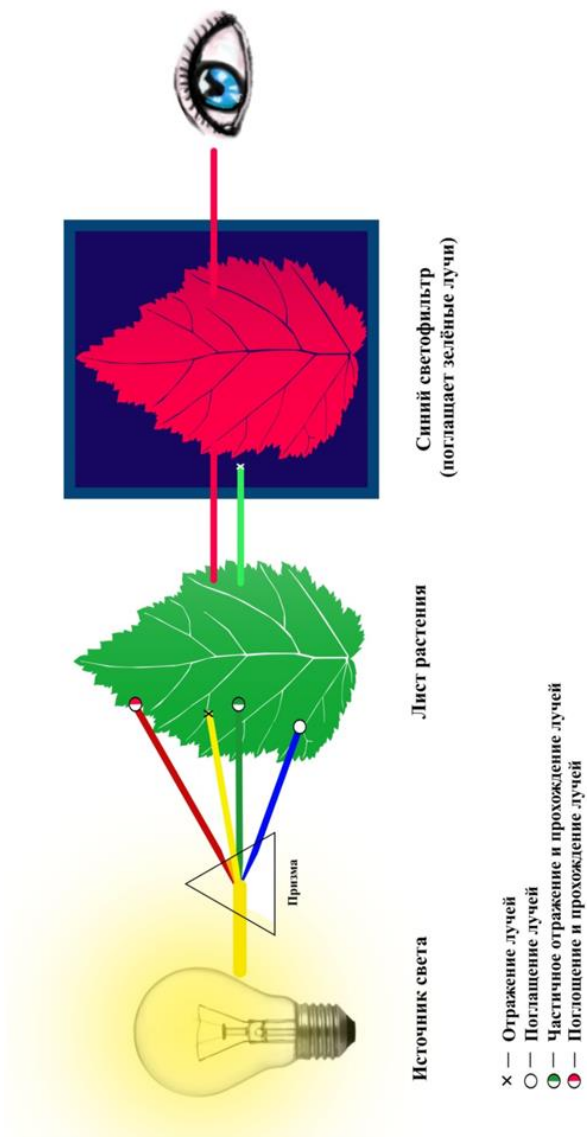


Рис. 11. Рассмотрение зеленого листа через синий светофильтр

ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

1. Необходимым условием эффективной реализации новых школьных и вузовских стандартов становится последовательная *методологизация*, 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. Поддерживая данную стратегию образовательных реформ, авторы настоящей работы предлагают один из конкретных механизмов ее реализации, который необходимо рассматривать как инновацию в сфере образования. Одним из таких механизмов формирования метапредметной основы у обучающихся может являться система сопряженных естественнонаучных понятий (и моделей), которые отражают все основные проявления жизни (превращение вещества, энергии, информации и формы) на всех уровнях ее организации. Вполне очевидно, что эту идею можно рассматривать как инновационную, и она заслуживает особого внимания и реализации при обучении биологии.

2. Познавательный потенциал сопряжения применен для анализа содержания некоторых распространенных определенных понятия о жизни, а также использован авторами при конструировании собственного определения жизни, которое, по видимому, имеет определенное преимущество, по сравнению с обозначенными в работе определениями других авторов, для характеристики жизни на клеточном уровне ее организации. В основу сформулированного нами определения жизни

на клеточном уровне положены *одновременно философские, естественнонаучные и общебиологические принципы и закономерности*. Усвоение обучаемыми данного определения внесет свой вклад не только в их понимание сущности жизни на клеточном уровне, но и в формирование современной научной картины мира, в целом.

3. Методологическая ценность категории сопряжения особо значима для понимания уникальности биологически активных молекул, в основе функционирования которых лежит сопряженная система π -электронов. Данная система определяет уникальные свойства этих молекул, играющих ключевую роль в превращении *вещества, энергии и информации* во всех типах клеток, существующих на нашей планете. Вместе с тем на клеточном уровне сопрягаются передача информации и превращение вещества и энергии. В итоге клетка функционирует как сопряженная система и на ее уровне возникает такое уникальное явление как жизнь. 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*.

4. 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. 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.

Анализ школьных учебников свидетельствует, 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.

5. Анализ учебной и справочной литературы по формированию понятия «обмен веществ» свидетельствует о разночтении сущности данного понятия. Это вызывает определенные затруднения у обучающихся, учителей и даже преподавателей вузов в интерпретации как содержания данного понятия, так и его соподчинения с другими общебиологическими понятиями, от уровня сформированности которых зависит понимание сущности живого в целом. Применение системного и исторического подходов позволило авторам разобраться в содержании, а также в иерархических связях таких важнейших биологических понятий, как «обмен веществ», «метаболизм», «ассимиляция», «диссимиляция», «анаболизм» и «катаболизм». Снять противоречия в толковании этих понятий в школьной и вузовской литературе и дать научно-обоснованные рекомендации по их применению в учебном процессе при изучении живых систем разного уровня организации.

6. Теоретический анализ сопряженных фундаментальных превращений, которые обусловили возникновение и эволюцию

биологической формы движения материи на клеточном уровне ее организации свидетельствует, что эти превращения predetermined уникальными свойствами таких биологически активных молекул, как белки-ферменты, металлопорфирины, нуклеиновые кислоты и гормоны. Важнейшую роль в этих превращениях играет и диффузия. Из этого следует, что понятия, отражающие эти сопряженные превращения, могут претендовать на ту «клеточку», вокруг которой должен выстраиваться весь образовательный процесс при изучении клетки как элементарной живой системы в курсе биологии. Для выражения сущности этой идеи авторами разработана образно-знаковая модель, в которой понятия и образы взаимосвязаны. Данная модель призвана определять общую стратегию изучения жизненных проявлений на молекулярном уровне. В ходе учебного процесса подобную модель обучаемые конструировали сами. При этом они использовали три вида мышления: на уровне *образов, понятий и действий*. Это инициировало у них положительные эмоции и мотивацию к личной творческой деятельности.

7. Методологический потенциал категории сопряжения раскрыт на примере изучения таких важнейших физиологических процессов, как фотосинтез и дыхание. Сознательное применение данной категории обучающимися при формировании и развитии понятий о фотосинтезе и дыхании вооружит их и действенным методологическим средством познания, которое будет способствовать формированию диалектического стиля мышления и мировоззрения, в целом. Разработанная авторами образно-знаковая модель позволит более эффективно формировать понятия о фотосинтезе, дыхании и углеводном метаболизме как сопряженной системе на теоретическом уровне.

8. Многолетняя практика авторов свидетельствует, что студенты вузов испытывают значительные трудности в понимании сущности хемиосмотической теории П. Митчелла и ее интерпретации. Для решения данной проблемы был использован методологический подход, в котором сочетались статические и динамические модели. Это позволяло обучающимся выявить в статической модели структуру и значимость отдельных ее элементов, а в динамической модели – усвоить сущность изучаемого явления, в целом.

9. Необходимость включения в учебник общей биологии материала о строении и свойствах молекулы хлорофилла определяются его уникальными свойствами как оптического и химического сенсibilизатора, которые играют ключевую роль в преобразовании вещества и энергии в процессе фотосинтеза, который обеспечивает все организмы на Земле (кроме хемосинтетиков) пластическим материалом и энергией.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный теоретико-методологический анализ позволяет заключить, что тенденция приоритетности методологических знаний у обучающихся в настоящее время является одной из стратегических линий изучения естественнонаучных 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 актуальных проблем современного человека.

Сопряжение, как одна из внутренних сторон взаимодействия, является одним из фундаментальных принципов организации и развития материи, в том числе и биологической формы ее движения. В процессе эволюции материи происходит усиление сопряженности между ее структурными элементами, что повышает уровень ее организации и возникновение качественно новых объектов и явлений.

Результаты наших исследований позволяют утверждать, что усвоение содержания принципа (категории) сопряжения позволяет глубже выявить сущность живых объектов и явлений любого уровня организации, начиная с электронного уровня и заканчивая биосферным уровнем. Особое значение данная категория приобретает при раскрытии сущности живых систем на *клеточном уровне* их организации, которой в процессе эволюции явился материальной основой для возникновения более сложных биологических систем, вплоть до биосферы.

При выявлении особенностей жизни на клеточном уровне организации познавательный потенциал категории сопряжения обнаруживается как минимум в трех аспектах: 1) при выявлении уникальных свойств биополимеров, и прежде всего белков и нуклеиновых кислот, которые обусловлены наличием в их молекулах сопряженной системы сигма и пи-связей; 2) при раскрытии сущности взаимодействия между биологически активными молекулами: между белками-ферментами и ДНК; между фосфолипидами и белками и др.; 3) при изучении механизмов взаимодействий между отдельными органоидами растительной клетки. Например, такими как митохондрии и хлоропласты, которые имеют общие метаболиты и общие формы энергии и могут ими обмениваться. Данные виды сопряжения, наряду с другими, обуславливают функционирование растительной клетки как элементарной сопряженной живой системы, в которой тесно сопряжены превращения вещества, энергии и информации.

Все обозначенные виды сопряжения предопределены уникальными структурами и свойствами таких биологически активных молекул, как белки-ферменты, металлопорфирины, нуклеиновые кислоты и гормоны. Важнейшую роль в этих превращениях играет и диффузия. Из этого следует, что понятия, отражающие эти сопряженные превращения, могут претендовать на ту «клеточку», вокруг которой будет выстраиваться весь образовательный процесс при изучении клетки как элементарной живой системы в курсе биологии. Для выражения сущности этой идеи разработана образно-знаковая модель, в которой понятия и образы взаимосвязаны. Данная модель призвана определять общую стратегию изучения жизненных проявлений на молекулярном уровне. В ходе учебного процесса подобную модель обучаемые конструировали сами. При этом они использовали три вида мышления: на уровне *образов, понятий и действий*. Это инициировало у них положительные эмоции и мотивацию к личной творческой деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Албертс Б. Молекулярная биология клетки: в 3 т. / Б. Альбертс, Д. Брей, Дж. Льюис и др; пер. с англ. – 2-е изд., перераб. и доп. – Т. 1. – М.: Мир, 1994. – 517с.
2. Алексашина, И.Ю. Программа по курсу «Естествознание» для 10–11 классов общеобразовательных учреждений [Электронный ресурс] / И.Ю. Алексашина, К.В. Галактионов, И.С. Дмитриев, А.В. Ляпцев, И.И. Соколова. – Режим доступа: http://www.prosv.ru/ebooks/Aleksashina_Estestvozn_5-10-11_Progr/2.html
3. Амбарцумян В.А. Диалектика современной астрономии / В.А. Амбарцумян, В.В. Казютинский. – М., 1969. – 244 с.
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.
5. Арсеньев А.С. Анализ развивающегося понятия / А.С. Арсеньев, В.С. Библер, Б.М. Кедров. – М.: Наука, 1967. – 439 с.
6. Астауров Б.Л. Проблемы общей биологии и генетики / Б.Л. Астауров. – М.: Наука, 1979 – 294 с.
7. Бах А.Н. Собрание трудов по химии и биологии / А.Н. Бах. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – 648 с.
8. Беккер Х. Органикум: в 2 т. / Х. Беккер, Г. Домшке, Э. Фангхенель и др. пер. с нем. Х.Б. Заборенко и др. – М.: Мир, 1992. – Т. 2. – 474 с.
9. Березин Б.Д. Курс современной органической химии: учеб. пособие для вузов / Б.Д. Березин, Д.Б. Березин. – М.: Высш. шк., 1999. – 768 с.

10. Беркинблит М.Б. Биология: учебник для 9 класса / М.Б. Беркинблит, С.М. Глаголев, П.А. Волкова. – 2-е изд. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2014 – 208 с.
11. Борулава Г.А. Развитие естественнонаучного мышления учащихся: методич. рекомендации. – Челябинск.: Изд-во ЧГПИ «Факел», 1991. – 25 с.
12. Биологический энциклопедический словарь / гл. ред. М.С. Гиляров. – М.: Сов. энцикл., 1986. – 831 с.
13. Биология: школьный иллюстрированный справочник / сост. К. Стокли; пер. с англ. – М.: РОСМАН, 1997. – 128 с.
14. Блюменфельд Л.А. Проблемы биологической физики / Л.А. Блюменфельд. – М.: Наука, 1977. – 336 с.
15. Болотов В.А. Компетентностная модель: от идеи к образовательной программе / В.А. Болотов, В.В. Сериков // Педагогика. – 2003. – № 3. – С. 8–15.
16. Борзенков В.Г. Теоретическая биология: размышление о предмете / В.Г. Борзенков, А.С. Северцев // Новое в жизни, науке и технике. Серия 9 «Биология». – М.: Знание, 1980. – 64 с.
17. Введение в философию: учеб. для вузов: в 2 ч. / И.Т. Фролов, Э.А. Араб-Оглы, Г.С. Арефьева и др. – М.: Политиздат, 1989. – Ч. 2. – 639 с.
18. Верзилин Н.М. Общая методика преподавания биологии: учеб. для студ. биол. фак. пед. ин-тов / Н.М. Верзилин, В.М. Корсунская. – М.: Просвещение, 1972. – 368 с.
19. Вилли К. Биология (биологические процессы и законы) / К. Вилли, В. Датъе; пер с англ. – М.: Мир, 1974. – 824 с.
20. Воробьева И.И. Связь референтности и уровня развития диалектического мышления у студентов (на примере студентов психологических специальностей): дис ... канд. психол. наук / И.И. Воробьева. – М., 2010. – 154 с.
21. Выготский Л.С. Избранные психологические сочинения / Л.С. Выготский. – М.: Педагогика, 1956.

22. Вязовкин В.С. Материалистическая философия и химия / В.С. Вязовкин. – М.: Мысль, 1980. – 180 с.
23. Габриелян О.С. Химия. 8 класс: учебник для общеобразовательных заведений / О.С. Габриелян. – М.: Дрофа, 2000. – 208 с.
24. Габриелян О.С. Химия. 9 класс: учебник для общеобразовательных заведений / О.С. Габриелян. – М.: Дрофа, 2000. – 224 с.
25. Габриелян О.С. Химия. 10 класс: учебник для общеобразовательных учреждений / О.С. Габриелян, Ф.Н. Маскаев, С.Ю. Пономарев, В.И. Терение. – М.: Дрофа, 2002. – 304 с.
26. Гильманшина С.И. Формирование профессионального мышления будущих учителей на основе компетентностного подхода: дис. ... д-ра пед. наук / С.И. Гильманшина. – Казань, 2008. – 559 с.
27. Готт, В.С. Философские проблемы современного естествознания: учеб. пособие / В.С. Готт, В.С. Тюхтин, Э.М. Чудинов. – М.: Высш. школа, 1974. – 264 с.
28. 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.
29. 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 ред. О.Г. Федорова. – М.: ООО «ЛАРК ЛТД», 2008. – 200 с. – С. 125–132.
30. Дубинин Н.П. Общая генетика / Н.П. Дубинин. – 2-е изд. – М., Наука, 1976. – 572 с.
31. 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.

32. 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.
33. Журбин А.И. Ботаника с основами общей биологии / А.И. Журбин. – М.: Медицина, 1968. – 504 с.
34. Зверев И.Д. Общая методика преподавания биологии: пособие для учителя / И.Д. Зверев, А.Н. Мягкова. – М.: Просвещение, 1985. – 191 с.
35. Иванова Т.В. Биология. Базовый уровень: учебник для 10–11 классов / Т.В. Иванова, Г.С. Калинова, С.Г. Мамонтов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 240 с.
36. Иост Х. Физиология клетки. Пер. с англ. / Х. Иост. – М.: Мир, 1975. – 864 с.
37. Кедров Б.М. История химии и марксизм / Б.М. Кедров // Советская наука, 1940. – № 11. – С. 38.
38. Клементьев В.Е. Образование как предмет познания [Электронный ресурс] / В.Е. Клементьев <http://nature.web.ru/db/msg.html?micNI184924&uri=page7>.
39. Кневец А.С. Понятие сущности жизни [Электронный ресурс] / А.С. Кневец, М.П. Левандовская, О.Е. Сергушова // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 2. – С. 481–485. – URL: <http://e-koncept.ru/2016/46115.htm>.
40. Колесникова И.А. Педагогическая реальность в зеркале междисциплинарной рефлексии / И.А. Колесникова. – СПб.: СПбГУПМ, 1999. – 242 с.
41. Комиссаров Б.Д. Разноуровневая программа по биологии. VI–IX классы / Б.Д. Комиссаров, И.Д. Зверев, Д.Д. Утешинский, Л.П. Анастасова // Программы для образовательных учреждений. Биология. – М.: Просвещение, 1994. – 143 с.
42. Копнин П.В. Диалектика, логика, наука / П.В. Копнин. – М.: Наука, 1973. – 464 с.

43. Королев М.Ю. Методическая система обучения методу моделирования студентов естественнонаучных и математических направлений подготовки в педвузах: дис. ... докт. пед. наук. – М., 2012. – 408 с.
44. Краткий философский словарь / А.П. Алексеев, Г.Г. Васильев и др.; под ред. А.П. Алексеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Велби: Проспект, 2004. – 496 с
45. Кретович В.Л. Биохимия растений: учеб. для биол. фак. ун-тов / В.Л. Кретович. – М.: Высш. шк., 1980. – 445 с.
46. Кузнецов В.И. Философская борьба идей и проблемы развития химии / В.И. Кузнецов. – М., 1977. – 128 с.
47. Курсанов, Г.А. Диалектический материализм о понятии / Г.А. Курсанов. – М.: ВПШ АОН при ЦК КПСС, 1963. – 250 с.
48. Кэмп П. Введение в биологию: пер. с англ. / П. Кэмп, К. Армс. – М.: Мир, 1988. – 671 с.
49. Ленин В.И. Философские тетради / В.И. Ленин // Полн. собр. соч. – 5-е изд. – М.: Политиздат, 1963. – Т. 29. – 782 с.
50. Ленин, В.И. Материализм и эмпириокритицизм / В.И. Ленин // Полн. собр. соч. – 5-е изд. – М.: Политиздат, 1980. – Т. 18. – 525 с.
51. Ленинджер А. Биохимия / А. Ленинджер; пер. с англ.; под ред. А.А. Баева и Я.М. Варшавского. – М.: Мир, 1974. – 959 с.
52. Ляпунов А.А. Об управляющих системах живой природы и общем понимании жизненных процессов / А.А. Ляпунов. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 345 с.
53. Мамедов Н.М. Экологическое образование: проблемы базовых знаний / Н.М. Мамедов, И.Т. Суравегина // Биология в школе. – № 1. – 1993. – С. 17–21.
54. Маркс К. Сочинения: в 30 т. / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд. – М.: Госполитиздат, 1961. – Т. 20. – 827 с.
55. Материалистическая диалектика как общая теория развития / под ред. акад. Л.Ф. Ильичева. – М.: Наука, 1982. – 464 с.

56. Мартынычев И.В. Диалектика и культура мышления / И.В. Мартынычев; под ред. проф. В.Г. Марахова, доц. В.Д. Комарова // Философия в процессе научно-технической революции. – Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1976. – 112 с.
57. Николс Д. Биоэнергетика. Введение в хемиосмотическую теорию: пер. с англ. / Д. Николс. – М.: Мир, 1985. – 190 с.
58. Общая биология. 10–11 класс: учебник для общеобразовательных учреждений / А.А. Каменский, Е.А. Криксунов, В.В. Пасечник. – 7-е изд., стер. – И.: Дрофа, 2011. – 367 с.
59. Общая биология: учеб. для 9–10 классов школ с углубленным изучением биологии / под ред. А.О. Рувинского.– М.: Просвещение, 1993. – 544 с.
60. Общая биология: учебник для 10–11 кл. общеобр. учеб. заведений / В.Б. Захаров, С.Г. Мамонов, Н.И. Сонин. – 3-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2000. – 624 с.
61. Общая биология. Профильный уровень. 10 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений / В.Б. Захаров, С.Г. Мамонтов, Н.И. Сонин, Е.Т. Захарова. – 6-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2010. – 352 с.
62. Ожегов, С.И. Словарь русского языка / С.И. Ожегов, под. ред. Н.Ю. Шведовой. – 18-е изд. – М.: Рус. яз., 1986. – 797 с.
63. Основы общей биологии / Э. Гюнтер, Л. Кемпфе, Э. Либберт, Х. Мюллер; под. ред. Э. Либберта; пер с нем. – М.: Мир, 1982. – 440 с.
64. Основы цитологии. Размножение и развитие организмов. Генетика. Селекция / сост. О.Г. Машанова, В.В. Евстафьев. – М.: Московский лицей, 1997. – 104 с.
65. Павлов И.П. Избранные произведения / И.П. Павлов; под общей ред. Х.С. Хоштоянца. – М.: Наука, 1951. – 582 с.
66. Палладин В.И. Избранные труды / В.И. Палладин. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 244 с.
67. Пармон Н.В. Новое в теории появления жизни / Н.В. Пармон // Химия и жизнь, 2005. – № 5. – С. 11–15.

68. Педагогический энциклопедический словарь / Гл. ред. Б.М. Бим-Бад. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2003. – 528 с.
69. 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.
70. Пиаже Ж. Избранные психологические труды. – М.: Международная педагогическая академия, 1994. – С. 179.
71. Пикеринг В.Р. Биология: школьный курс в 120 таблицах / В.Р. Пикеринг. – М.: АСТ-ПРЕСС, 1997. – 128 с.
72. Полевой В.В. Физиология растений: учебник для биол. спец. вузов / В.В. Полевой. – М.: Высш. шк., 1989. – 464 с.
73. Порус В.Н. Стиль научного мышления в когнитивно-методологическом, социологическом и психологическом аспектах / В.Н. Порус // Познание в социальном контексте. – М.: РАН, 1994. – С. 63–80.
74. 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.
75. 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.
76. Похлебаев С.М. Методологические и содержательные основы преемственности физики, химии, биологии при формировании фундаментальных естественнонаучных понятий / С.М. Похлебаев // дис. на соискание ученой степени доктора пед. наук. – Челябинск, 2007. – 720 с.
77. Похлебаев С.М. Образно-знаковые модели к курсу «Физиология растений»: учеб.-методич. пособие / С.М. Похлебаев, И.А. Третьякова. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2006. – 147 с.

78. 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.
79. 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.
80. Пружинин Б.И. Стиль научного мышления в отечественной философии науки / Б.И. Пружинин // Вопросы философии. – 2011. – № 6. – С. 64–75.
81. Психологический словарь / Под общ. ред. А.В. Петровского, М.Г. Ярошевского. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Политиздат, 1990 – 494 с.
82. 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.
83. Пюльман, Б. Квантовая биохимия / Б. Пюльман, А. Пюльман. – М.: Мир, 1965. – 654 с.
84. Рабочие программы. Биология. 10–11 классы: учебно-методич. пособие / сост. И.Б. Морзунов, Г.М. Пальдяева. – М.: Дрофа, 2013. – 215 с.
85. Реброва Л.В. Время ставит проблемы. Решать их нам / Л.В. Реброва // Биология в школе. – 1991. – № 6. – С. 25–28.
86. Реймерс Н.Ф. Краткий словарь биологических терминов: кн. для учителя / Н.Ф. Реймерс. – 2-е изд. – М.: Просвещение, 1995. – 368 с.
87. Рубин Б.А. Биохимия и физиология фотосинтеза: учеб. пособие / Б.А. Рубин, В.Ф. Гавриленко. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. – 328 с.
88. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии (Серия «Мастера психологии») / С.Л. Рубинштейн. – СПб.: Питер Ком, 1999. – 720 с.
89. Свирский М.С. Электронная теория вещества: учеб. пособие для

- студ. физ-мат. фак. пед. ин-тов / М.С. Свирский. – М.: Просвещение, 1980. – 288 с.
90. Советский энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. – 3-е изд. – М.: Сов. энцикл., 1985. – 1600 с.
91. Солопов Е.Ф. Концепции современного естествознания: учеб. пособие для вузов / Е.Ф. Солопов. – М.: Гуманит. изд. Центр ВЛАДОС, 1988. – 232 с.
92. Суматохин С.В. Естественнонаучная грамотность как цель развития школьного биологического образования // Биология в школе. – 2019. – № 1. – С. 15–22.
93. Суровикина С.А. Развитие естественнонаучного мышления учащихся в процессе обучения физике: Теоретический аспект: монография / С.А. Суровикина. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. – 260 с.
94. Твердохлебов Г.А. Физиология мышления [Электронный ресурс] / Г.А. Твердохлебов // <http://www.statya.ru/index.php?option=view&id=1847>. – 2003. – 23 авг. – С. 1–5.
95. Тейлор Д. Биология: в 3 т. / Д. Тейлор, Н. Грин, У. Стаут; пер. с англ. Ю.Л. Амченкова и др. – 4-е изд., испр. – М.: БИНОМ. Лаборатория изданий, 2013. – Т. 1. – 454 с.
96. Тимирязев К.А. Избранные сочинения: в 4 т. / К.А. Тимирязев. – М.: Огиз-сельхозгиз, 1948. – Т. 1. Солнце, жизнь и хлофилл. – 695 с.
97. Тимирязев К.А. Исторический метод в биологии: избр. соч.: в 4 т. / К.А. Тимирязев. – М.: Сельхозгиз, 1949. – Т. 3. – 644 с.
98. Тодд А.Я. Химик – биоорганик / А.Я. Тодд // Химия и жизнь. – 1979. – № 4. – С. 30–32.
99. Третьякова И.А. Категория «сопряжение» как методологическая основа для понимания сущности окислительно-восстановительных реакций / И.А. Третьякова // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6 (часть 6). – С. 1290–1294.

100. Третьякова И.А. Методологическая роль категории «сопряжение» при изучении генотипа как целостной системы / И.А. Третьякова // Наука и школа. – 2012. – № 4. – С. 128–131.
101. Третьякова И.А. Методологическая роль категории «сопряжение» при изучении механизмов дыхания / И.А. Третьякова // Фундаментальные исследования. – 2014. – 12 (4). – С. 870–875.
102. 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.
103. 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.
104. Третьякова И.А. Обобщение и развитие как сопряженная диалектическая пара рационального познания / И.А. Третьякова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6 (2). – С. 458–463.
105. Третьякова И.А. Реализация методологического потенциала категории «сопряжение» при изучении механизмов фотосинтеза [Электронный ресурс] / И.А. Третьякова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – URL: <http://www.science-education.ru/120-16069> (дата обращения 13.12.2014).
106. Третьякова И.А. Сопрягающая функция электронной теории вещества при изучении механизмов взаимодействия фотосинтеза и дыхания в курсе биологии / И.А. Третьякова // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2 (4). – С. 806–810.
107. Третьякова И.А. Сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия и методология познания / И.А. Третьякова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11 (9). – С. 1929–1933.

108. Третьякова И.А. Сопряжение как один из принципов интеграции естественнонаучных знаний / И.А. Третьякова // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. – 2016. – № 2. – С. 86–93
109. Третьякова И.А. Сопряжение методологий как общая стратегия изучения биологических систем / И.А. Третьякова // Наука и школа. – 2012. – № 5. – С. 83–86.
110. Третьякова И.А. Форма и содержание как сопряженная диалектическая пара рационального познания при изучении биологических объектов [Электронный ресурс] / И.А. Третьякова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4. – URL: <http://www.science-education.ru/118-14081> (дата обращения 25.07.2014).
111. 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.
112. Уотсон Дж. Молекулярная биология гена / Дж. Уотсон. – М.: Мир, 1967. – 462 с.
113. Усова А.В. Психолого-педагогические основы формирования у учащихся научных понятий: учеб. пособие к спецкурсу / А.В. Усова. – Челябинск: изд-во ЧГПИ, 1986. – 88 с.
114. Усова А.В. Теоретико-методологические основы построения новой системы естественнонаучного образования: моногр. / А.В. Усова, М.Д. Даммер, С.М. Похлебаев, М.Ж. Симонова; под ред. А. В. Усовой. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000. – 100 с.
115. Усова А.В. Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения / А.В. Усова. – 2-е изд., испр. – М.: изд-во ун-та РАО, 2007. – 310 с.

116. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. № 1897.
117. Философия в современной культуре: новые перспективы. Материалы «круглого стол» / Вопросы философии. – № 4. – М.: Наука. – 2004. – С. 3–46.
118. Философские основания естествознания / под ред. С.Т. Мелюхина, Г.Л. Фурмонова, Ю.А. Петрова и др. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. – 343 с.
119. Философские проблемы естествознания: учеб. пособие для аспирантов и студ. философ. и естеств. фак. ун-тов / Под ред. С.Т. Мелюхина. – М.: Высш. шк., 1985. – 400 с.
120. Философский словарь / под ред. И.Т. Фролова. – 5-е изд. – М.: Политиздат, 1986. – 590 с.
121. Фридман Л.М. Использование моделирования в обучении / Л.М. Фридман // Вестник ЧГПИ. Сер. 2. Педагогика. Психология. Методика преподавания. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 1995. – № 1. – С. 88–93.
122. Фридман Л.М. Педагогический опыт глазами психолога / Л.М. Фридман. – М.: Просвещение, 1987. – 224 с.
123. Шаталов А.Т. К проблеме становления биофилософии [Электронный ресурс] / А.Т. Шаталов, Ю.В. Олейников. – Москва: Научная цифровая библиотека PORTALUS.RU, 06 января 2007. – Режим доступа: http://portalus.ru/modules/philosophy/rus_readme.php?subaction=showfull&id=1168075206. – Дата доступа: 10.03.2018.
124. Шноль С.Э. Физико-химические механизмы и биологическая специфичность / С.Э. Шноль // Биология и современное научное познание. – М.: Наука, 1975. – Ч. 1. – 124 с.
125. Энгельс Ф. Диалектика природы / Ф. Энгельс. – М.: Политиздат, 1987. – 349 с.

126. Энциклопедический словарь юного биолога / сост. М.Е. Еспиз. – М.: Педагогика, 1968. – 352 с.
127. Юдин Э.Г. Методология науки. Системность. Деятельность / Э.Г. Юдин. – М.: Эдиторал УРСС, 1997. – 445 с.
128. Якушкина Н.И. Физиология растений: учеб. пособие для студ. биол. спец. высш. пед. учеб. заведений / Н.И. Якушкина. – М.: Просвещение, 1993. – 335 с.
129. Carpinskya R.S. Biophilosophy – new investigation trend // XIX World Congress of Philosophy. – Moscow, 22–28 Aug. – 1993. – Vol. 1. – Sec. № 14.

Научное издание

**Третьякова Ирина Анатольевна
Похлебаев Сергей Михайлович**

**РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА – ЭЛЕМЕНТАРНАЯ СОПРЯЖЕННАЯ
ЖИВАЯ СИСТЕМА**

Монография

ISBN 978–5–907210–82–0

Работа рекомендована РИС университета
Протокол № 1/19, 2019 г.

Редактор Л.Г. Шibaкова
Технический редактор В.В. Мусатов

Издательство ЮУрГГПУ
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69

Подписано в печать 11.09.2019

Объем 13,83 усл.п.л., 9,2 уч.-изд.л
Формат 60x88/16

Заказ

Тираж 500 экз.

Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии ЮУрГГПУ
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69