

С.М. ПОХЛЕБАЕВ

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ И МЕТОДИЧЕСКАЯ
ФУНКЦИИ КАТЕГОРИИ СОПРЯЖЕНИЯ
ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТАПРЕДМЕТНОГО
ПОДХОДА В КУРСЕ БИОЛОГИИ**



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

С.М. ПОХЛЕБАЕВ

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ И МЕТОДИЧЕСКАЯ
ФУНКЦИИ КАТЕГОРИИ СОПРЯЖЕНИЯ
ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТАПРЕДМЕТНОГО
ПОДХОДА В КУРСЕ БИОЛОГИИ

МОНОГРАФИЯ

Челябинск
2021

УДК 100:57(07)

ББК 20: 28 р

П 64

Похлебаев, С.М. Методологическая и методическая функции категории сопряжения при реализации метапредметного подхода в курсе биологии: монография / С.М. Похлебаев. – Челябинск: Изд-во Южно-Урал. гос. гуман.-пед. ун-та, 2021. – 358 с. – Текст непосредственный.

ISBN 978-5-907409-74-3

В монографии раскрывается методологическая и методическая функции категории *сопряжения* при реализации метапредметного подхода в курсе биологии. Познавательный (интегративный) потенциал данной категории позволяет выявить метапредметные основы разных уровней общности, которые после их усвоения явятся общей стратегией развития фундаментальных естественно-научных и общебиологических понятий, законов, теорий при обучении биологии. Это позволит довести знания обучающихся до теоретического уровня и на этой основе сформировать у них научный стиль мышления. Усвоение методологического потенциала рассматриваемых в монографии метапредметов внесет существенную 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 метапредметными основами обучения биологии и естествознания в целом.

Рецензенты: Б.В. Красуцкий, д-р биол. наук, профессор

М.Д. Даммер, д-р пед. наук, профессор

ISBN 978-5-907409-74-3

© С.М. Похлебаев, 2021

© Издательство Южно-Уральского
государственного гуманитарно-
педагогического университета, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛИЗМ – ВСЕОБЩАЯ МЕТОДОЛОГИЯ СОВРЕМЕННОГО НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ	15
1.1. Диалектический материализм «в цифровом формате»: критический анализ	15
1.2. Диалектический материализм – всеобщая метапредметная основа научного познания	28
1.3. Сопряжение как естественнонаучный принцип организации и развития материи	59
1.4. «Обобщение и развитие» как сопряженная диалектическая пара рационального познания	67
1.5. Атрибутивная модель понятия «материя» как методологическая (метапредметная) основа построения и развития современной общенаучной картины мира	78
1.6. Методологическая значимость категории сопряжения при изучении структурной и функциональной организации биологической формы движения материи	86
1.7. Метапредметная функция категории сопряжения в создании и понимании сущности хемиосмотической теории П. Митчелла	100
1.8. Метапредметная роль категории сопряжения в развитии диалектического стиля мышления	107

1.9. Методологическая роль категории сопряжения в формировании профессиональных компетенций будущего учителя	119
ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ	130

**ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ КАТЕГОРИИ
СОПРЯЖЕНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТАПРЕДМЕТНОГО
ПОДХОДА В КУРСЕ БИОЛОГИИ**

2.1. О методологических основах построения образовательной области «Биология» в учебных стандартах школ России	133
2.2. Сопряжение как универсальный механизм реализации системно-деятельностного подхода	147
2.3. Сопряжение как один из принципов интеграции естественно-научных знаний	158
2.4. Сопряжение как категория познания и дидактический прин- цип изучения биологических систем в вузе	169
2.5. Сопряжение методологий как общая стратегия изучения биологических систем	180
2.6. Сопряжение как механизм реализации межпредметных связей физики, химии и биологии	189
2.7. Метапредметная роль понятия диффузии в формировании интегративных знаний на теоретическом уровне при обучении биологии	197
2.8. Методологические и методические аспекты формирования и развития понятия «сопряженная окислительно- восстановительная реакция» в курсах химии и биологии	211
2.8.1. Методологическая роль понятия «окислительно- восстановительная реакция» при изучении клеточного метаболизма	217

2.8.2. Методологические аспекты проблемы развития понятия «окислительно-восстановительная реакция» в школьном курсе общей биологии	228
2.8.3. Методологическая роль категории сопряжения в понимании сущности окислительно-восстановительных реакций	241
2.9. Методологическая роль понятия «сопряжение» в понимании сущности коэволюции типов обмена веществ и среды обитания	252
2.10. Сопряжение философского и биологического знания как основа формирования современного экологического сознания	261
2.11. Современная научная картина мира как философско-методологическая (метапредметная) основа для разработки учебных стандартов по биологии	273
2.12. Презентация как эффективная информационно-коммуникативная технология педагогического взаимодействия при обучении предметам биологического цикла в педагогическом вузе	281
ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ	338
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	342
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	344

ВВЕДЕНИЕ

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

Методология образования включает в себя систему *принципов* и способов построения методов, методик и технологий обучения, конкретизирующих педагогическую реальность. Нельзя научить всему, невозможно усвоить все факты, но можно *научить общим принципам*, которые помогут распоряжаться фактами, так как они сами по себе немного значат, поскольку обретают смысл в контексте теории, концепции, системы. Для этого, указывает Л.М. Фридман, в российском образовании должны получить приоритет методологические основы содержания обучения, овладение студентами *«основными познавательными средствами, методами и приемами изучаемых наук* с тем,

чтобы создать необходимую базу для непрерывного самообразования и самосовершенствования. И лишь на базе методологических основ в учебных предметах вуза должно изучаться все остальное содержание обучения как конкретизация и реализация этих основ» [146, с. 121].

Анализ методологических проблем естественнонаучного образования в целом и биологического образования в частности свидетельствует, что методы обучения, которые применяются при изучении естественных дисциплин, направлены на отработку и применение формально-логических операций с готовыми знаниями и не являются методологическими средствами для поиска новой информации и решения проблем. Педагогическая деятельность по формированию научного мировоззрения носит точечный характер, и в лучшем случае сводится к примерам, подтверждающим проявление диалектических законов в неживой и живой природе. Следствием такого обучения является тот факт, что «категории *научная картина мира, методология познания* не освоены биологическим образованием. Нет широкого синтеза концепций философии, этики, эстетики, науки, отвечающих современному содержанию понятия *научное мировоззрение*» [56, с. 5].

История науки свидетельствует, что *основополагающие принципы философии диалектического материализма* нередко являлись источником новых идей для современного естествознания, выполняя методологическую роль по отношению к частным наукам о природе. «Материалистическая диалектика, – писал Ф. Энгельс, – является единственным, в высшей инстанции, методом мышления, соответствующим теперешней стадии развития естествознания» [77, с. 528].

Развитие диалектической логики означает дальнейшую разработку категорий материалистической диалектики, обогащение их содержания, выдвижения 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. Особенно актуальным в настоящее время, по мнению В.С. Готта, является «дальнейшее изучение и обогащение содержания философской категории взаимодействия...» [39, с. 138].

Это детерминировано как открытием новых физических и химических взаимодействий в микромире, необходимостью борьбы с современными лженауками, а также научно-техническим прогрессом, который предопределяет спрос на более эффективные методы рационального познания. Опираясь на положение о том, что принцип неисчерпаемости материи предопределяет и принцип неисчерпаемости взаимодействия, нами была поставлена цель 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 объектов и явлений.

Разбор теории и практики, представленный в настоящем исследовании, позволил 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 *конкретных* механизмов взаимодействия (внутренней стороны) физической, химической и биологической форм движения материи. При изучении биологических явлений, в основе которых лежат

явления физические и химические, это понятие используется особенно часто, в силу того, что сопряжение имеет место на каждом уровне организации живой системы, начиная электронным уровнем и заканчивая биосферным. Однако анализ смыслового содержания понятия «сопряжение», применяемого в курсах физики, химии и биологии, позволяет сделать вывод, что во всех частных значениях этого понятия оно не несет *методологической нагрузки*. И только после того, как будут раскрыты генетические связи понятия сопряжения с философскими категориями (автор выявляет такую связь с категорией взаимодействия), данное понятие будет выполнять функцию естественно-научной категории, обозначая общую закономерность для всех объектов природы, понимание которой продвигает научное (рациональное) знание вперед. Признание сопряжения как важнейшей внутренней стороны взаимодействия между структурными элементами материи, которое приводит к созданию *качественно новой системы*, послужило основанием о необходимости возведения понятия сопряжения, которое используется при выяснении *конкретных* механизмов взаимодействия на разных уровнях организации материи, в ранг ***естественно-научной категории рационального познания***. В процессе обучения студентов в вузе данная категория может выполнять *методологическую* функцию при формировании и развитии у них рационального мышления (познания) на предметном, естественно-научном (***метапредметном***) и философском уровнях и способствовать формированию научного мировоззрения и естественно-научной картины мира в целом.

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. Методологической основой этих стандартов является системно-деятельностный подход, позволяющий выделить *личностные, предметные и метапредметные* результаты обучения и воспитания выпускников школ и вузов.

Поддерживая данную стратегию образовательных реформ, автор предлагает один из конкретных механизмов ее реализации, который необходимо рассматривать как инновацию в сфере образования. В качестве такого механизма предложен *принцип сопряжения*, который обоснован как внутренняя сторона взаимодействия. Это позволило возвести понятие «сопряжение» в ранг универсальной естественнонаучной категории познания и раскрыть ее методологический (*метапредметный*) потенциал при изучении конкретных *природных объектов*, начиная электронным уровнем и заканчивая биосферным. Сопряжение как принцип организации материи рассматривается нами как дополнение к системному и деятельностному подходам, которые являются мощными общенаучными методами исследования, однако не дают всеобъемлющего представления об объекте и неизбежно, как всякая *абстракция*, обедняет исследуемую реальность.

В отличие от *системного подхода*, который декларирует необходимость изучения *связи* между элементами любой системы, *принцип сопряжения* предписывает выявление *механизма взаимосвязи* между компонентами изучаемых систем, то есть выявление той *области сопряжения* (взаимосвязи) между элементами системы, которая является *общей* для них и обеспечивает *целостность* этой системы, а, следовательно, и ее *качественную* особенность. Сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия является одним из *универсальных механизмов*, с помощью которого происходит *взаимосвязь* между элементами природных и социальных систем и можно управлять данными системами, в том числе и образовательными. Методологическая значимость и уникальность принципа сопряжения в том, что он конкретизирует *одновременно* оба методологических подхода, которые обозначены в государственных стандартах. Первая часть этого принципа предписывает нахождение элементов у зарождающейся системы, вторая – деятельностная сторона – выявляет сопряженную (общую) область между структурными элементами, механизм взаимодействия между ними, который обуславливает возникновение *нового качества* у вновь возникшей системы. Если принцип *сопряжения* обеспечивает *непрерывность* природных объектов и явлений, то в образовательной области он должен обеспечить непрерывность (*сопряжение*) всех понятий, приведение их в единую систему, которая, по-видимому, может быть обозначена как *сопряженное понятийное поле*. Отсюда следует, что принцип *сопряжения* как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – *методологическом и общедидактическом*.

Методологический аспект сопряжения проявляется, во-первых, в том, что он является одной из внутренних сторон важнейшего атрибута материи – взаимодействия, а, во-вторых – отражает сущность организации, функционирования и эволюции любой природной и социальной систем. Методологическая функция данного принципа просматривается и через призму основного закона развития природы – ***единства и борьбы противоположностей***, который является не только законом развития объективного мира, но и законом *познания*. Этот закон служит ядром диалектики и объясняет *внутренний источник всякого развития*. «Диалектическое мышление не рассекает целое, абстрактно разделяя крайности, а, напротив, осваивает целое как органическое, как систему, в которой противоположности взаимодействуют (*сопряжены* прим. автора), обуславливая весь процесс ее развития» [143, с. 141].

Сущность основного закона развития природы материалистическая диалектика раскрывает через парные универсальные категории, отражающие «полярные» стороны целостных явлений и процессов. Одна группа таких категорий, как «единичное – общее», «часть – целое», «количество – качество», «форма – содержание» и др., выражает «устройство», «организованность» бытия. Другой категориальный ряд выражает универсальные связи детерминации: «явление – сущность», «причина – следствие», «возможность – действительность» и др. Такие категориальные схемы выявлены в результате философского анализа из реальных структур мышления (текстов и т.д.). После их осмысления и более четкого выражения они превращаются в эффективный

аппарат научного познания бытия. Сознательное применение категориального аппарата диалектики позволяет результативно решать теоретические и практические задачи. Система категорий отражает универсальные связи бытия и поэтому выступает как «грамматика» миропонимания. Это детерминировано тем, что в них «тесно связаны объективное знание о соответствующей форме связи явлений (причинность, закон и другие) и форма мысли – познавательный прием, посредством которого постигается, осмысливается такая связь. И чем совершеннее понятийные средства, способы осмысления определенных связей, тем успешнее может в принципе осуществляться их реальное открытие, истолкование» [18, с. 109].

Философия диалектического материализма отражает через свои категории всеобщие законы развития природы, общества и мышления, поэтому и сами категории должны быть такими же подвижными, гибкими, как и отражаемые ими явления. Для диалектика понятия динамичны: «...человеческие понятия не неподвижны, а вечно движутся, переходят друг в друга, переливаются одно в другое, без этого они не отражают живой жизни» [69, с. 226–227].

Такая закономерность проявляется в науке, жизни и школьном и вузовском обучении. Развитие понятий – основная движущая сила всего процесса обучения и воспитания учащихся и студентов.

В связи с развитием деятельности человека, в процессе которой он преобразует мир и познает его, *число и содержание понятий обогащаются*. Образование понятия, переход к нему от чувственных форм отражения – сложный процесс, в котором

применяются такие приемы познания, как сравнение, анализ и синтез, абстрагирование, идеализация, обобщение и более или менее сложные формы умозаключения. Развитие знаний выражается, прежде всего, в углублении понятий, в переходах от одних понятий (о данных предметах) к другим, фиксирующим более глубокую сущность предметов и, таким образом, представляющим более адекватное их отражение.

По выражению В.И. Ленина: «...Диалектика есть изучение противоречия в самой сущности предметов...» [69, с. 227].

Основными ступенями противоречия являются **тождество, различие, противоположность**. Категория тождества обозначена как приоритетная не случайно. Противоречие разрешается только в том случае, когда в противоположностях находятся тождественные (одинаковые) элементы и явления, которые, взаимодействуя между собой, образуют **сопряженные** (общие) области. Эти области сопряжения обеспечивает взаимосвязь между противоположностями и на этой основе возникает система с **новым качеством**.

ГЛАВА 1. ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛИЗМ – ВСЕОБЩАЯ МЕТОДОЛОГИЯ СОВРЕМЕННОГО НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

1.1. ДИАЛЕКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛИЗМ «В ЦИФРОВОМ ФОРМАТЕ»: КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

В работе представлен критический анализ статьи «Диалектический материализм в цифровом формате», опубликованной доктором философских наук, профессором В.О. Лобниковым.

Позиция автора данной статьи заслуживает глубокого уважения в силу того, что он пытается защитить и развить диалектический материализм как философское учение, доказавшее свою теоретическую и практическую значимость во всех сферах человеческой деятельности. В преамбуле статьи автор приводит меткую фразу А.А. Зиновьева, в которой обозначена актуальная проблема, требующая своего решения. Она основана на противоречии между огромной исторической значимостью диалектического материализма и его «дискредитацией ныне во всем мире». Второй аспект данной проблемы А.А. Зиновьевым обозначен, по видимому, слишком категорично, так как не везде и не все ученые и практики отказались в настоящее время от данного философского учения. Можно привести научные труды ряда исследователей, которые продолжают не только опираться в своих изысканиях на принципы диамата, но и углублять его основные фундаментальные положения [14; 15; 49; 58; 131; 141; 148].

Не анализируя причины, по которым диалектический материализм «дискредитирован и оплеван», автор статьи сразу выдвигает идею, согласно которой эволюция данного учения может продолжиться, если в его рамках возникнет «мутация», которая приспособит его «к качественно новой ситуации глобального информационного общества». Сформулированная стратегия не бесспорна. Что касается необходимости эволюционного развития данного учения, то она не вызывает никаких сомнений, так как эта идея, которую он постоянно отстаивает и развивает, заложена в фундаменте самого диалектического материализма, на котором он построен. Однако вряд ли можно согласиться с тезисом о средстве, которое обеспечит продолжение эволюции данного учения. Таким спасительным средством, по мнению автора, может быть «мутация». Хотя термин «мутация», заимствованный из биологической науки, в контексте статьи применяется в широком смысле слова, вместе с тем он не проясняет сущности предлагаемой стратегии развития диалектического материализма. Если вспомнить свойства биологических мутаций, то они по каждому гену крайне редки, большинство из них рецессивные (не проявляются сразу фенотипически) и, более того, летальны. Качественный скачок в развитии биологических систем обеспечивали не отдельные мутации, а комплекс крупных мутаций, «преимущество» которых *в конкретных условиях среды обитания* «подтвердил» естественный отбор.

Второй тезис автора, согласно которому диамат должен *приспособиться* «к качественно новой ситуации глобального информационного общества» также требует обоснования, которого автор не дает. В данном тезисе заключена важнейшая философская проблема о взаимодействии (взаимовлиянии) *философии*

и современной культуры. От выявления рациональных принципов, которые позволят выработать научную стратегию для решения этой проблемы, будет зависеть вектор их дальнейшего взаимного движения: либо по пути гармоничного развития и прогресса, либо взаимного регресса.

Актуальность и значимость решения данной проблемы осознаны на самом высоком уровне ведущими отечественными философами. Основные идеи, высказанные грантами философии по данной проблеме, отражены в ряде публикаций. Наиболее подробно и основательно данная проблема обсуждалась ведущими отечественными философами «за круглым столом» под названием: «Философия в современной культуре: новые перспективы» [141]. Главную проблему для обсуждения озвучил ведущий «круглого стола» В.А. Лекторский: «...нуждается ли современная культура в философии и что может нам дать сегодня философия» [141, с. 3].

Основанием для актуализации данной проблемы служат негативные тенденции, имеющие место в нашем обществе, как *на уровне общественного сознания, так и на философском уровне.* На уровне общественного сознания предпринимаются попытки, то отменить преподавание философии студентам и аспирантам, то заменить философию теологией или науковедением и т.п. Во всех этих попытках имплицитно содержится идея о том, что современная культура не нуждается больше в философии. Нападки на философию осуществляются и некоторыми философами, которые разделяют «принципы» *постмодернизма* как «современного философского учения».

По мнению В.А. Лекторского, в настоящее время философия не только сохраняет свое место в культуре, но и ее значимость именно в качестве философии возрастает. Это обусловлено тем,

что она выполняет две важнейшие функции. С одной стороны, любая значимая философская концепция осуществляет критику существующего положения дел в познании, в моральной жизни, в политическом и социальном устройстве и т.д. С другой стороны, формулирует идеалы построения определенного знания, моральной жизни, политического устройства. На основе этих идеалов формулировались и нормы деятельности, направленные на их достижение. История философии свидетельствует, что ее «идеалы оказывали реальное влияние на практику познания и социальной деятельности: если они и не были реализованы или не были реализованы в полной мере, то они в любом случае по-новому нормировали деятельность и давали новые способы ее оценки» [141, с. 4].

Потребность в философском осмыслении разных форм культурной деятельности в настоящее время не только не исчезла, а стала более острой, чем раньше. Философия не утратила систематический характер. *Система философских категорий является одним из высших проявлений мышления, позволяющим интегрировать различные формы культуры* [141] (курсив наш.— С.П.). Развивая это принципиальное положение В.С. Степин подчеркивает, что в основе культуры лежит *система мировоззренческих универсалий или категорий культуры*, которые выступают ее систематизирующим фактором. 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*. В культуре и социальной жизни универсалии выполняют три основные функции: «обеспечивают селекцию, отбор и включение

в поток культурной трансляции постоянно развивающегося социального опыта ..; усваиваются людьми в процессе обучения и воспитания и становятся категориальной структурой их сознания; ... они же в своем сцеплении и взаимодействии задают некоторый целостный образ человеческого жизненного мира, который называется мировоззрением» [141, с. 8].

Модификации механизмов культурообразования, констатирует В.Н. Порус, способствовали три важнейших изменения, которые произошли в нашем культурном мире: это *дискредитация истории, дискредитация ценностей и дискредитация политики* [141, с. 39–40]. Культура – это человеческий способ преемственности культурных универсалий прошлого, настоящего и будущего. Поэтому дискредитация этой исторической преемственности, движение философии в сторону от ценностных универсалий «приводит к обесмысливанию культурных универсалий, формулированием которых заняты "старомодные" философы» [141, с. 41]. Таким образом, дискредитация истории детерминировала и дискредитацию ценностей (их обесценивание), рассматриваемые современной «культурой» как условные знаки, с помощью которых люди обмениваются в определенных коммуникациях, чтобы сделать эти коммуникации более удобными и даже возможными. Такие знаки Батаем и Бодрийаром названы «*симулякрами*». Время показало, что «жить в мире "симулякров" удобнее и практичнее, чем в мире ценностей. Симулякры не претендуют на универсальность или неизменность, главное, чтобы – здесь и теперь – они выполняли свою функцию и выполняли ее успешно ... Если культуру понимать в классическом духе как горизонт универсальных ценностей, служащих

ориентирами человеческих дум и дел .., то наше время уже обходится без культуры – это время симулякров, время культуры как симулякра [141, с. 40].

Приведенные выше мнения ведущих отечественных философов убедительно свидетельствуют, что отрешивание от философии диалектического материализма и подмена его (при активном участии западных философов) *постмодернистскими идеями привела к деградации культуры*. В этой связи тезис автора статьи о необходимости *адаптации* диамата к современной «культуре» вряд ли можно считать научно обоснованным и рациональным. Если такая «адаптация» и произойдет, то диалектический материализм как философское учение канет в лету.

Рассмотренные выше идеи, реализация которых на практике, по мнению автора статьи, будет способствовать адаптации диамата к современным условиям глобального информационного общества, являются сопутствующими. Главным же средством достижения обозначенной цели автор избрал математическую логику, которая является ядром современной формальной логики.

Само выдвигание подобной идеи является некорректным в силу того, что диалектический материализм не относится к разряду формальных систем, формулируемых (изучающих) отдельными науками. Его ранг значительно выше, так как он относится к философским системам, и более того, сопрягает в себе два философских учения – диалектику и материализм. В своей статье автор пытается «приспособить к качественно новой ситуации глобального информационного общества» не весь диамат, а лишь его учение о *ценностях* средствами «*оцифровки*», которые можно рассматривать как важнейшее средство математической (формальной) логики. Однако ценностные функции диалектического

материализма также можно выявить лишь на основе диалектической логики, а не формальной. Сущность и значимость *учения о ценностях* (аксиологии) можно понять только во взаимосвязи с другими учениями диамата: *учении о бытии, учении о познании, учении о практике*.

Современная научно-техническая революция вызвала изменения и в структуре научного знания, в способах его движения к новым результатам. Произошла существенная корректировка в соотношении между различными способами познания: эмпирическим и теоретическим, интуитивным и формальным и т.п. На этой основе возникла одна из современных тенденций развития научного знания, связанная с новым взглядом на *ценность* и роль *наглядного образа* в науке, вызвавшим расщепление языка на два элемента: искусственный формализованный язык и язык, выражающий результаты эмпирического наблюдения. В качестве искусственного формализованного языка стала выступать математическая символика (логика), которая заняла лидирующие позиции в современной формальной логике в целом. Математические символы превратились в формы, которые накладывались на результаты эмпирического наблюдения, придавая знанию не только строгость, непротиворечивость, но и доказательность. Кроме того, они позволяют приводить к новым результатам, которые другими методами получить бывает невозможно.

Факт пополнения формальной логики новыми логическими исчислениями: некоторые ученые поспешили объявить, что формальная логика в ее новом виде и является методологией современного научного познания. У некоторых исследователей создалось представление, что современная наука развивается посредством и методов формальной логики, которые «находят

адекватное описание в неопозитивистской философии, представляющей знание в виде комбинации двух элементов: чувственных перцепций и аналитических правил оперирования знаками языка, которые дает формальная логика» [58, с. 50]. В действительности это не так. Наука имеет дело не только с чувственными перцепциями и формально-логической дедукцией, но и с развитием мышления, включающим в себя *синтетическую деятельность разума, интеллектуальную интуицию* и т.п. Для этого необходима логика, которая давала бы объяснение движению знания во всей его полноте, вырабатывала аппарат для деятельности мышления. Такой логикой и является материалистическая диалектика, законы и категории которой служат основой синтеза знания, направляют мышление на поиск решения новых проблем в науке.

Разделение логики на формальную и диалектическую обусловлено естественным ходом развития познания объективного мира, потребовавшего, с одной стороны, выработки и непрерывного совершенствования формального аппарата для исследования мышления, а с другой стороны, создания философской теории, метода мышления. Формальная логика, унаследовав традиции стоиков, пошла по пути, по сути, сужения сферы логического до средств выражения мысли в языке, потеряв при этом статус философского метода. В то время как диалектика шла по пути Аристотеля, – расширения сферы логического до законов и форм объективной реальности, отражаемых мышлением, познание которых служит *ступенью в движении познания к новым результатам*. В результате такого исторического взаимодействия двух логик, формальная логика как философский метод познания изжила себя, ей на смену пришла материалистическая диалектика, но она сохранила себя в качестве *специальной науки*, строго

определив и сузив свой предмет исследования. Этому движению способствовало сближение формальной логики с математикой, усвоение метода последней.

Ленинская идея о совпадении диалектики, логики и теории познания является исходной в определении отношения марксистской философии к другим наукам, философского метода познания к методам, вырабатываемым специальными науками. Он противопоставлял диалектику как метод научно-теоретического мышления формальной логике, которая также служит методом движения мысли к новым результатам, перехода от неизвестного к известному, однако в ином смысле по сравнению с диалектической логикой, которая отвечает потребностям развивающейся науке.

Для всестороннего изучения мышления, его форм, видов, этапов и т.п. необходимы обе логики, которые одновременно вооружают исследователя формально-логическими средствами и диалектическим методом. «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» [58, с. 118].

Категории диалектики несут в себе огромный методологический и творческий потенциал в силу того, что они создаются на более широкой основе, чем понятия конкретных областей знания, и потому они допускают большие возможности для свободы воображения, оставляя его в границах научно-теоретического мышления. Философия диалектического материализма отражает через свои категории всеобщие законы развития природы, общества и мышления. Насколько всеобщи и универсальны эти законы, настолько всеобщи и универсальны методы познания данной философии.

Представители формальной логики делают попытки формализовать категории диалектики и построить на этой основе жесткую систему выводов. Однако такие попытки не увенчаются успехом в силу того, что категории диалектики *невозможно формализовать*, а кроме того, «их сила заключается как раз в том, что они предоставляют определенную свободу для синтетической деятельности разума, направляя научное познание на достижение принципиально новых результатов. Чтобы получить новые идеи, категории должны дать возможность мышлению свободно варьировать, а не только жестко, однозначно связывать его со строго определенными результатами» [58].

Таким образом, диалектика и современная формальная логика – суть две логики, имеющие значение *для всякого научного познания*. Это их отличает от других наук, выступающих прикладными логиками, создающих метод изучения своих специфических объектов. Эти две логики имеют различные предметы, при этом одна из них является философией, методом научно-теоретического мышления, а другая в современных условиях, по существу, стала специальной областью научного знания, потерявшей значение философского метода. Поэтому не только не нужны, но и вредны для развития их обеих как диалектизация формальной логики, так и формализация диалектики.

Для движения научного знания они необходимы в своем единстве, именно постольку, поскольку они дают разное знание. Например, когда мы имеем дело с любой мыслью, какой бы сложной и диалектически противоречивой она ни была, ее нужно выражать на таком точном языке, какой требуется современной наукой, и в частности формальной логикой. Парадокс, основывающийся на наличии только формально-логического противоречия, надо снимать, разрешать имеющимися *логическими*

средствами, а не выдавать за высшее диалектическое противоречие. Чтобы обнажить собственно противоречие в мышлении, которое выражает сложность и уровень постижения самого объекта, противоречия движения к новому теоретическому построению, надо освободить научное знание от несвойственной ему логической формы, не удовлетворяющей нормам современной формальной логики.

«Развитие диалектической логики означает дальнейшую разработку категорий материалистической диалектики, обогащение их содержания, выдвигание 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 [58, с. 50].

Математизация и формализация современного научного знания выступают мощным фактором выдвигания фундаментальных идей, дающим начало новым теориям. Вместе с тем они постоянно вступают в противоречие с *интуитивным подходом* и полны стремления окончательно покончить с ним. Практика же свидетельствует, что включение интуитивного момента в качестве основного средства движения мысли к новым теоретическим построениям является зачастую определяющим. Данное противоречие, имеющее место в современной науке, выдвинуло много философских проблем, которые касаются как совершенствования, с позиций философии, аппарата анализа научного знания, так и создания новых систем и логических средств.

Чрезмерная математизация и формализация современного научного знания, по-видимому, обусловлена и все возрастающей пропастью между философией и наукой. Такое разобщение науки

и философии обусловлено, как минимум, тремя причинами, которые связаны между собой. *Первая причина* детерминирована все ускоряющимися темпами научно-технической революции в связи с переходом естественных наук на молекулярный и субмолекулярный уровень исследования. Это привело к тому, что современная философия по темпам развития отстает от науки. Она не интегрирует своевременно научные знания в должной мере, и поэтому не формулирует новые философские категории, которые бы определяли дальнейшую стратегию развития науки. Подтверждением этому является высказывание П.В. Копнина: «сейчас ясно одно, что сама философия уже не может служить поставщиком готовых естественнонаучных идей. Последние рождаются в тяжелых муках самими науками» [58, с. 82].

Целью философского анализа выступает не язык, а объективный мир, постигаемый в понятиях и выраженный определенным языком науки. Философия призвана создать научную понятийную систему, осмысливающую объективную реальность и процесс ее познания, которая могла бы служить методом научного мышления, движения знания к новым результатам [58, с. 81].

Вторая причина связана с первой и обусловлена тем, что, с одной стороны, «стало все меньше ученых с философской жилкой», а с другой – «меньше философов, занимающихся экспериментом». Иначе говоря, наука и философия испытывают острый дефицит в специалистах, которые в одном лице *сопрягают* философские и естественнонаучные знания и эффективно применяют их в своей практической деятельности.

Третья причина связана с общественно-экономическим кризисом нашего государства, который, в свою очередь, во многом

детерминировал кризис философии диалектического материализма, которая в предыдущие годы определяла стратегию развития науки. На первом этапе этого кризиса была предпринята попытка дискредитировать это философское направление и заменить его различными спекулятивными западными учениями. Однако, со временем, в обществе произошло «отрезвление» и признание в диалектическом материализме рациональных идей. Вместе с тем и в настоящее время продолжается «ревизия» данного учения и его «совершенствование» *не философскими средствами*. Одним из таких «усовершенствований» является подмена *принципов диалектической логики принципами формальной логики*, в которой в настоящее время тон задает *математическая логика*.

Попытки формальной логики приобрести статус философского метода, наряду с диалектической логикой, обусловлены, по-видимому, тем, что философия не успевает за развитием науки, темпы которой постоянно возрастают. Науку же не устраивает в полной мере существующий категориальный аппарат философии, и она берет на себя не свойственные ей функции по выдвиганию новых категорий, которые бы выступали в качестве новых логических форм человеческого мышления. Примером тому являются работы Д. Дьюи, в которых он выдвигал требование, чтобы логика была не только формальной наукой, но и в широком смысле теорией исследования. Его идея о статусе логики как экспериментальной эпистемологии не нашла дальнейшего развития. Категории этой логики не выдержали критериев и самой научной эпистемологии, и опыта развития научного познания. Они не смогли ни правильно истолковать движение научного мышления, ни оказать плодотворного влияния на его ход.

Современным естественным наукам для выдвижения новых теорий, по-видимому, не хватает не столько фактов и средств формальной логики, сколько *новых философских категорий*, которые бы детерминировали формирование *иного стиля теоретического мышления*. Для решения этой задачи необходимо ускорить разработку материалистической диалектики как *логики современного научно-теоретического мышления*, позволяющей выявить принципы выдвижения эвристических идей, а также построения и проверки научных теорий.

1.2. ПРИНЦИПЫ ДИАЛЕКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛИЗМА – ВСЕОБЩАЯ МЕТАПРЕДМЕТНАЯ ОСНОВА НАУЧНОГО ПОЗНАНИЯ

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

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

Зачатки методологических знаний обнаруживаются уже в культуре Древнего Египта, где геометрия выступала в форме методологических предписаний. Специальной же разработкой проблемы условий получения знания начинает заниматься древнегреческая философия, ярким представителем которой является Аристотель, внесший значительный вклад в анализ этой проблемы. Аристотель впервые создал логическую систему, которую рассматривал как «органон» – универсальное орудие истинного познания [1].

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

Зарождение методологии как особой отрасли знания связывают с английским философом Ф. Бэконом, который впервые выдвинул идею вооружения науки системой методов и частично ее реализовал, обосновав *индуктивный и эмпирический подходы* к научному познанию [17]. С этого времени проблема метода становится одной из центральных

в философии. Философы того времени считали, что единственно истинный метод просто скрыт от непосредственного наблюдения и его надо открыть, сделать ясным и общедоступным. Вместе с тем логическая структура метода еще не являлась для них проблемой.

Важный шаг в развитии методологии сделал французский мыслитель Рэнэ Декарт, сформулировавший проблему познания как проблему отношения субъекта и объекта, поставившим вопрос о специфичности мышления, его несводимости к простому и непосредственному отражению реальности [39]. С этого времени процесс познания начинает приобретать статус самостоятельного предмета исследования, а *методология выступать как философское обоснование процесса познания*. В это же время методология приобретает еще одно направление своей специализации, связанное с английским эмпиризмом: учениями Дж. Локка, выдвинувшего сенсуалистическую теорию познания [73] и Д. Юма, обосновавшего эмпиризм путем критики теоретического знания с позиций скептицизма [158]. Эти философские работы стали основой для поисков методов опытной науки. Следует отметить, что в данный период развития науки проблемы методологии еще тесно переплетались с теорией познания.

В полной мере *особый статус методологического знания* впервые обосновал в своих работах немецкий философ И. Кант, проведя различие между конститутивными и регулятивными принципами познания, т.е. между объективным содержанием знания и формой, при помощи которой оно организуется в систему [48]. Этим было положено начало анализу

познания как специфической деятельности со своими особыми формами внутренней организации. Данную стратегию продолжил И. Фихте, философия которого была попыткой построить универсальную теорию деятельности [144], а своей вершины в идеалистической философии она достигла в системе Г. Гегеля, по существу представляющей собой методологию рационализированной деятельности абсолютного духа и производной от нее (по Гегелю) деятельности человеческого познания [34]. Объективно важнейший результат, полученный немецким классическим идеализмом в изучении проблем методологии, состоял в подчеркивании роли *диалектики как всеобщего метода познания и духовной деятельности вообще*. Об этом свидетельствует высказывание самого Гегеля о том, что диалектика «является вообще принципом всякого движения, всякой жизни и всякой деятельности» [32, с. 206].

Рациональное зерно идеалистической философии Гегеля состояло в том, что абсолютная идея, абсолютный дух рассматривался им *в движении и развитии*. Учение Гегеля о развитии составляет ядро его идеалистической диалектики и целиком направлено против метафизики. Особое значение в диалектике Гегеля имели три принципа развития, понимаемые им *как движение понятий: переход количества в качество, противоречие как источник развития и отрицание отрицания*. В этих принципах, хотя и в идеалистической форме, Гегель вскрыл *всеобщие законы развития*. Впервые в истории философии Гегель учил, что *источником развития являются противоречия, присущие явлениям*. Его идея о внутренней противоречивости развития была важнейшим приобретением философии [32].

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

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

Как показала практика, история философии не остановилась на идеалистической диалектике Гегеля. В конце XVIII – начале XIX веков Маркс и Энгельс творчески переработали идеалистическую диалектику Гегеля и предшествующий философский материализм, в особенности учение Фейербаха. В диалектике Гегеля они вскрыли революционные моменты – *идею развития и противоречие как его источник и движущую силу*. Большую роль в развитии диалектического материализма сыграли достижения естествознания того времени, в котором диалектика стихийно пробивала себе дорогу. Сущность переворота, совершенного Марксом и Энгельсом в философии, заключалась в *соединении и творческой*

разработке материализма и диалектики и применении этого учения на практике.

Строгое следование диалектическому методу само предполагает развитие последнего в новых исторических условиях, что ярко проявилось и на последующем историческом этапе эволюции философской мысли, особенно в работах В.И. Ленина, который взял метод К. Маркса – материалистическую диалектику – и применил ее к конкретной исторической эпохе. Таким образом, сущностью метода В.И. Ленина является обнаружение объективной истины путем конкретного анализа конкретно сложившейся исторической ситуации на основе выработанной историей познания категории мышления. По мнению П.В. Копнина: «В результате такого анализа исследуемого объекта создается новая теоретическая система, выходящая за пределы прежних понятий науки и обогащающая сами философские категории новым содержанием, т.е. совершенствующая сам философский метод» [58, с. 8].

Для дальнейшей эволюции теории диалектики исключительную роль сыграло развитие В.И. Лениным тезиса о совпадении диалектики, логики и теории познания, впервые сформулированного Гегелем: последний считал, что эта взаимосвязь является закономерным результатом всей истории философии. Развивая это положение, В.И. Ленин отмечал, что: «В таком понимании логика совпадает с теорией познания. Это вообще очень важный вопрос». Говоря о той части логики Гегеля, в которой излагается учение о понятии, В.И. Ленин подчеркивал, что в ней содержится «едва ли не самое лучшее изложение диалектики. Здесь же замечательно гениально показано совпадение, так сказать, логики и гносеологии» [69, с. 156, 174].

В этом тезисе выражается существо понимания *диалектики как научного метода познания. Искусство мышления состоит в овладении объективными законами и формами развития знания*, в определении таящихся в сложившейся исторической ситуации возможностей движения социальных процессов, *в превращении закономерностей в сознательно используемые приемы и принципы, метод научного исследования.* Данный тезис, таким образом, выражает, что именно *диалектика есть логика развития человеческого знания, адекватная самой действительности.*

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

В.И. Ленин, вслед за Ф. Энгельсом, настойчиво акцентировал внимание на положении, что диалектический метод научно-теоретического мышления не дан человеку от рождения, он выработан в процессе исторического развития философии, являясь высшим достижением и синтезом интеллектуальной культуры человечества. Логика мышления органически связана с его историей. В ленинское понимание задач систематической разработки теории материалистической диалектики входят: 1) теоретическое осмысление истории философских идей, логики их движения (особенно он

выделял материалистическую переработку диалектики Гегеля); 2) освоение и развитие метода мышления К. Маркса, получившего наиболее полное выражение в «Капитале»; 3) **философское осмысление данных современного научного познания.**

«Продолжение дела Гегеля и Маркса, – писал В.И. Ленин, – должно состоять в диалектической обработке истории человеческой мысли, науки и техники» [69, с.131].

Именно с позиций этих трех обозначенных положений В.И. Ленин анализировал *революцию в физике* того времени. Выход физики из кризиса он видел, прежде всего, не в замене конкретных физических теорий одной на другую, а в том, что естествознание в целом, и физика в частности, *должны подняться на новый уровень философского мышления.* Говоря о причинах кризиса в физике и пути выхода из него, Ленин писал: «Материалистический основной дух в физике, как и всего современного естествознания, победит и всяческие кризисы, но только с неременной заменой материализма метафизического материализмом диалектическим» [68, с. 324].

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

Анализируя главные ступени человеческого познания и рассматривая практику как основу процесса познания и как критерий истины, Ленин показал, что *познание идет от живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике* [66, с. 136].

Ленин сформулировал положение *о единстве диалектики, логики и теории познания*, определил основные принципы диалектической логики. Он неоднократно подчеркивал необходимость критического изучения и диалектической обработки истории человеческой мысли, науки и техники. *Исторический метод*, согласно Ленину, составляет самую сердцевину диалектического материализма. «Весь дух марксизма, вся его система требует, чтобы каждое положение рассматривать лишь (α) исторически; (β) лишь в связи с другими; (γ) лишь в связи с конкретным опытом истории» [66, с. 329].

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

Развитие материалистической диалектики в настоящее время (как и в предыдущий период) возможно только на основе научного знания, которое осмысливается философией в своих категориях и формах, своим методом. Итогом такой

работы является получение таких общефилософских знаний, которые имеют отношение к любой конкретной области знания, и поэтому они воздействуют на развитие любого научного знания, на логику науки. Отсюда следует, что *философия и наука* могут и должны обогащать друг друга только при постоянном *взаимодействии*. «Отставание в области разработки актуальных философских проблем незамедлительно скажется на характере и методе мышления во всех областях научного знания как гуманитарного, так и естественнонаучного, ибо материалистическая диалектика призвана не только философски обобщать опыт развития наук, но и в какой-то мере предвидеть их методологические потребности» [58, с. 24].

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

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

По мнению П.В. Копнина, дальнейшая разработка диалектики в современных условиях как метода научного мышления требует решения ряда вопросов. «Во-первых, исчерпывается ли методология науки диалектикой, ее законами и категориями или

последняя составляет только общефилософскую основу методологии науки, которая включает наряду с ней методы других специальных наук, особенно таких как математическая логика, кибернетика, семиотика? Во-вторых, какое отношение существует между содержательными и формальными методами познания, между формальными и содержательными компонентами в теории» [58, с. 30–31].

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

Необходимость в философском анализе современного языка науки обусловлена тем, что в результате революции в науке она получила разнообразные формы выражения результатов своего знания, особенно в знаковой форме, допускающей различную интерпретацию теорий. Исследование данной проблемы показало, что формально-логические средства и способы интерпретации научной теории хотя и необходимы, но далеко не достаточны для ее решения. Это привело к еще большей востребованности категориального аппарата философии как логического средства выявления познавательного значения научной теории, определения ее предметной области.

Актуальность данной проблемы философии была осознана еще в древности. Такие философы, как Гераклит, Демокрит, Платон, Аристотель и их последователи Кант, Гегель и др.

пытались выработать такой категориальный аппарат, который бы выступал орудием проникновения в объективную природу вещей, орудием нашего знания о них. Развивая эту идею, и учитывая накопленные философские знания в этой области, *диалектический материализм создал систему предельно общих понятий, которые и выступают методом научно-теоретического мышления*. Процесс познания не может начаться с ничего. Кроме взаимодействия человека с объектом, ему необходимы средства, которые в определенных формах могут помочь постигнуть изучаемый объект. Такими средствами выступает *категориальный аппарат диалектики*.

Диалектический материализм, определив значение категорий в мышлении, решил несколько связанных между собой задач: 1) обобщая опыт познания, выработал эти наиболее общие понятия; совершенствование категориального аппарата – постоянная забота философов; 2) проанализировал природу этих понятий, выясняя их отношение к объективной реальности и практической деятельности человека; 3) *выявил способы функционирования категорий в процессе движения мышления* [58, с. 32].

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

Материалистическая диалектика выяснила *роль системно-структурного анализа и его место в системе современных методов познания*. Основы данного метода были заложены К. Марксом при анализе системы капиталистических

производственных отношений как органической целостности, однако впоследствии данный подход стал широко использоваться как в естественнонаучной, так и гуманитарной области науки, что послужило для некоторых исследователей ложным основанием для присвоения ему философского статуса.

Системно-структурный анализ – это специальный метод познания, ставящий конкретные цели, его разработка для диалектики так же важна, как и любые другие частные способы познания, имеющие место в современной науке. В качестве методологической основы системно-структурного подхода к изучению предмета выступает материалистическая диалектика, в частности, ее категории логического и исторического, понятие единства этих методов исследования, которое обеспечивает органическую связь в познании истории (развития) и структуры объектов реальности [58, с. 33].

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

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

Формальная логика как философский метод познания изжила себя, ей на смену пришла материалистическая диалектика, но она сохранила себя *в качестве специальной науки*, строго определив свой предмет исследования. Этому движению способствовало сближение формальной логики с математикой, усвоение метода последней. Отсюда, конечно, не следует, что марксистская философия превращается только в логику и имеет предметом своего исследования лишь мышление и его формы. Предмет этой философии несводим ни к природе, ни к обществу, ни к человеческому мышлению. «...Диалектика, – пишет В.И. Ленин в работе «Карл Маркс», – в понимании Маркса и согласно Гегелю, включает в себя то, что ныне зовут теорией познания, гносеологией, которая должна рассматривать свой предмет равным образом исторически, изучая и обобщая происхождение и развитие познания, переход от незнания к знанию» [94, с. 42].

На основе ленинского понимания диалектической логики можно сделать два главных вывода: 1) диалектическая логика не существует и не может существовать вне материалистической диалектики как науки о наиболее общих законах движения внешнего мира и его отражении в мышлении людей; 2) материалистическая диалектика выступает логикой в качественно ином по сравнению с формальной логикой смысле [58, с. 42].

Преимущество диалектической логики по сравнению с формальной метафизической логикой основывается, прежде всего, *на глубоком понимании диалектической связи между субъектом и объектом в процессе познания бытия*. Философы прошлого либо изолировали субъект и объект друг

от друга, либо соединяли их путем простой конъюгации: существует и субъективное, и объективное, и человеческое мышление и внешняя по отношению к нему реальность. Философия изучает и то, и другое, разделяясь на *онтологию* и *гносеологию*, включающую в себя логику, а теперь еще, говорят, и философскую антропологию. Ф. Энгельс, а вслед за ним В.И. Ленин, показали, что между субъектом и объектом имеется более сложная, диалектическая связь, выходящая за пределы признания существования того и другого.

В исторической практике людей происходит наиболее полное совпадение субъекта с объектом, деятельность людей осуществляется по объективным законам. Моментом *общей диалектики субъекта и объекта выступает отношение законов и форм мышления к находящейся вне его объективной реальности* [76, с. 301–302].

Диалектика как метод научно-теоретического мышления и есть диалектическая логика, у них одни и те же требования и подходы к изучению объекта. В.И. Ленин сформулировал их так: «Чтобы действительно знать предмет, надо охватить, изучить все его стороны, все связи и «опосредования». Мы никогда не достигнем этого полностью, но требование всесторонности предостережет нас от ошибок и омертвления. Это, во-первых. Во-вторых, диалектическая логика требует, чтобы брать предмет в его развитии, «самодвижении» (как говорит иногда Гегель), изменении... В-третьих, вся человеческая практика должна войти в полное «определение» предмета и как критерий истины, и как практический определитель связи предмета с тем, что нужно человеку. В-четвертых, диалектическая логика учит, что «абстрактной истины нет, истина всегда конкретна...» [67, с. 290].

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

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

Конечно, практически мышление существует в языке, однако материалистическая диалектика не останавливается на языке и не сводит мысль к нему, а стремится проникнуть в само мышление, в способ отражения в нем объективной реальности. Мысль нужна человеку не для того, чтобы по определенным правилам выводить из одних языковых знаков другие, а для того, чтобы на основе идей и посредством практики из одних вещей производить другие. А для способа делания вещей необходимо отражение их природы в мышлении. Именно как формами постижения объективной природы вещей и отношений диалектическая логика интересуется *понятиями, суждениями, умозаключениями, теориями, гипотезами* и т.п. Поэтому диалектика как логика изучает не средства выражения и существования мысли в языке (знаки и формы их связей в высказываниях и теоретических построениях), не язык как логический способ движения знания, перехода от одного конкретного знания к другому, а сами *формы постижения мыслью объективной реальности, формы совпадения субъективного с объективным* [58, с. 47].

Таким образом, *диалектика и современная формальная логика – это по сути две логики, имеющие значение для всякого научного познания*. Это их отличает от других наук, выступающих прикладными логиками, создающих метод обучения своих специфических объектов. Эти две логики имеют различные предметы, при этом одна из них является философией, методом научно-теоретического мышления, а другая в современных условиях, по существу, стала специальной областью научного знания, потерявшей значение философского метода. Для движения научного знания они необходимы в своем *единстве* именно постольку, поскольку они дают *разное знание*. Например, когда мы имеем дело с любой мыслью, какой бы сложной и диалектически противоречивой она ни была, ее нужно выражать на таком точном языке, какой требуется современной наукой, и в частности формальной логикой. Парадокс, основывающийся на наличии только формально-логического противоречия, надо снимать, разрешать имеющимися логическими средствами, а не выдавать за высшее диалектическое противоречие. Чтобы обнаружить собственно противоречие в мышлении, которое выражает сложность и уровень постижения самого объекта, противоречия движения к новому теоретическому построению надо освободить научное знание от несвойственной ему логической формы, не удовлетворяющей норме современной формальной логики [58, с. 48].

Заслуга В.И. Ленина состояла не только в том, что он определил предмет и содержание диалектики как логики, но и сформулировал принципы ее развития. *Исходным принципом развития диалектической логики* В.И. Ленин

считал *исторический подход*, в силу того, что категории материалистической диалектики сами выработаны в процессе исторического развития философского знания. Поэтому исторический анализ становления и развития научного знания, по мнению Ленина, позволяет диалектической логике выявить законы и формы движения знания к истине. Диалектика – «учение о всестороннем и полном противоречий историческом развитии» [95, с. 84] – способна включить в себя новое содержание, не боится никаких фактов науки, не укладывающихся в прежние теоретические построения. Анализируя и постигая новую действительность, она изменяет и самое себя, уточняет, конкретизирует свои категории. Практическим подтверждением работы этого принципа является исторический пример переработки Лениным основополагающих философских категорий во время кризиса в физике.

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

Развитие диалектической логики означает дальнейшую разработку материалистической диалектики, обогащение ее содержания, выдвижение новых понятий, выступающих в роли категорий диалектики, установления связи между ними, построение системы, позволяющей в наиболее полном виде выражать их содержание и двигать научное знание вперед [58, с. 50–51].

Диалектическая логика носит открытый характер. Она не может быть представлена в виде закрытой системы, состоящей из определенного числа законов и категорий, не допускающих изменения своего содержания и введения новых категорий. В.И. Ленин не замыкал ее в три закона и несколько категорий, а рассматривал в качестве саморазвивающейся системы, непрерывно пополняющейся новыми элементами. Категории материалистической диалектики не дедуцируются друг из друга, ни из каких-то других более общих понятий и предложений научного знания; они тесно связаны с понятиями других наук и являются их *обобщением*. Однако философские категории и общие понятия специальных наук не подменяют друг друга. Философские категории необходимы той или другой области знания именно потому, что каждая конкретная наука сама, на основе своего собственного опыта, их выработать не может [69, с. 86].

«Выведение» категорий диалектики, как об этом свидетельствует весь многовековой опыт философии, означает *обобщение, синтез знания, необходимый для решения мировоззренческих проблем*. На каждом этапе своего исторического развития *материалистическая диалектика* должна подвергать себя анализу, выяснять, каким категориальным

аппаратом она обладает, *находить ту связь между своими категориями, которая бы представляла метод научно-теоретического мышления во всей полноте, целостности*, пополнять содержание законов и категорий диалектического материализма на основе анализа новых данных развития общества и научного знания [58, с. 53].

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

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

В.И. Ленин определил реальные пути дальнейшей разработки материалистической диалектики как *логики и теории познания марксизма. Революция в науке вызвала изменения в структуре научного знания, в способах его движения к новым результатам, в соотношении эмпирического и теоретического*, интуитивного и формального в нем, во взаимоотношении между различными методами познания и т.п. [69, с. 80].

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

Научный взгляд на мир предполагает философский, мировоззренческий подход к нему, который входит во внутреннюю ткань науки, а не является чужеродным телом для нее. Галилей, Декарт, Ньютон, Дарвин, Павлов, Бор, Эйнштейн и другие были для своего времени учеными в собственном смысле этого слова кроме прочего именно потому, что их никогда не покидал *философский подход* к предмету своего исследования и результатам его познания. Как говорил Гегель, философия сообщает содержанию различных наук «существеннейшую форму свободы мышления... и достоверности, основанной на знании необходимости» [32, с. 31].

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

обеих проблем может выполнить только диалектический материализм. Поэтому, неслучайно, обсуждая проблему интеграции биологических наук и путей создания теоретической биологии, известный биолог современности Б.Л. Астауров пишет: «Если говорить об общих методологических подходах к теоретической биологии .., то, разумеется, в первую очередь здесь должны оказать мощное воздействие гносеологические принципы философии диалектического материализма. Методология материалистической теории биологии становится особенно действенной на путях, указанных классиками марксизма-ленинизма, на путях диалектики природы Ф. Энгельса, гносеологических принципов диалектики К. Маркса и В.И. Ленина» [4, с. 228].

Таким образом, *материалистическая диалектика* как мировоззрение оказывает воздействие на ход научного знания *в виде метода и теории познания. Новые идеи и построения в современной науке возникают в результате теоретического синтеза*, который в качестве своего момента содержит категории философского мировоззрения, выступающие методом научно-теоретического мышления. В этом смысле философия продолжает оставаться источником новых научных идей, а материалистическая диалектика является «единственным, в высшей инстанции, методом мышления, соответствующим теперешней стадии развития естествознания» [76, с. 528].

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

Значение диалектического материализма существенно повысилось в XX веке в связи с бурным развитием как естественных, так и социальных наук. Это процесс, по мнению А.Г. Спиркина и Э.Г. Юдина, имеет два основания: «Во-первых, научное познание осваивает все более сложные объекты действительности, природной и социальной, что ведет к возрастанию уровня его *абстрактности* и уменьшению наглядности; в результате этого вопрос о средствах исследования, о принципах подхода к объекту изучения становится одним из центральных и занимает относительно самостоятельное место в системе познавательной деятельности. Во-вторых, в условиях современной научно-технической революции занятие наукой превращается в массовую профессию, а это требует детализированной регламентации труда исследователей на различных уровнях, чтобы обеспечить стандартную форму представления научного результата» [117, с. 2–3]. Оба эти фактора способствовали дальнейшей разработке методологии как «вглубь», т.е. в сторону все более обстоятельного раскрытия основных принципов и форм научного мышления, так и «вширь» – в сторону специального конструирования системы средств научного познания.

Процесс познания является предметом изучения не только методологии, но и других наук, которые предлагают свои подходы, принципы и методы (частные методологии) к его изучению. В связи с этим остро встает *проблема ранжирования методологий различного уровня обобщенности*. Обозначенная проблема еще более обостряется в связи с нерешением вопроса о сущности и специфике методологии, которая, в свою очередь, порождена, прежде всего, отсутствием четко фиксированного статуса у методологического знания. Вместе

с тем, в настоящее время, имеется достаточно четкое представление о методологии как философских основах научно-познавательной деятельности, а также ее отличии от других наук, предметом которых является процесс познания.

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

В иерархической организации научного знания очень четко проявляется общая диалектика взаимодействия цели и средства деятельности, а именно, *знания более высокого уровня абстракции выполняют методологические функции по отношению к более конкретному знанию*. Так, например, кибернетические представления об управлении, информации, обратной связи играют роль методологических постулатов в нейрокибернетике, бионике, при разработке электронно-вычислительной техники и т.п.; исторический подход явился методологической основой для создания эволюционного учения, которое, в свою очередь, явилось основной методологией для разработки других биологических теорий: клеточной, биопоэза, симбиотической теории образования эукариот и др. Таким образом, при формировании научного знания происходит *взаимодействие между целями и средствами деятельности*: то, что было целью в одной системе деятельности становится средством в другой системе. Однако проблемы современной методологии не исчерпываются пониманием этого взаимодействия, так как методологическое

знание все более и более приобретает специальный статус, что требует его специального изучения.

Важным результатом такого исследования явилось отражение разнородности методологического знания в нескольких его классификациях. Одна из них опирается на условное разделение методологии на содержательную и формальную. *Содержательная* сторона «включает в себя такие проблемы, как структура научного знания вообще и научные теории в особенности, законы порождения, функционирования и изменения научных теорий, понятийный каркас науки и ее отдельных дисциплин, характеристика схем объяснения, принятых в науке, и их исторического развития (в частности, переход от однозначно-детерминистских схем эпохи механицизма к функциональным, структурным, генетическим схемам объяснения, широко распространенным в современной науке), принципы подхода к объекту изучения (например, элементаристский и целостный, системный подходы и др.), структура и операционный состав методов науки, условия и критерии научности, границы применимости конкретных средств методологии, принципы синтеза различных теоретических представлений об объекте изучения и т.д.» [117, с. 7]. *Формальные* аспекты методологии связаны с анализом языка науки, формальной структурой научного объяснения, описанием и анализом формальных и формализованных методов исследования, в частности методов построения научных теорий и условий их логической истинности, типологии систем знания и т.д. Именно в связи с разработкой этого круга проблем возник вопрос о логической структуре научного знания и началось развитие *методологии науки как самостоятельной области знания*. Существенный вклад в создание этого направления

внесли представители неопозитивизма, впервые применившие методы современной формальной логики к анализу научного знания. Однако в философско-методологическом истолковании полученных результатов неопозитивистская традиция сильно преувеличила формальный аспект методологии, игнорировала содержательную сторону и проблему развития знания. Ныне исследования в этой сфере методологии непосредственно смыкаются с исследованиями в области логики науки.

Другая важная классификация методологии основана на представлении о различных уровнях методологического анализа (уровнях обобщенности). В качестве таких основных блоков выделяют *философскую и специальную научные методологии*. Методологические функции первой выполняет вся система философского знания; в современный период научного познания ее выполняет диалектический и исторический материализм. При этом *роль методологии* осуществляет в равной мере *и диалектика, и материализм*, а применительно к социальному познанию – диалектический материализм в единстве с историческим материализмом. Эвристическая роль диалектического материализма обеспечивается тем, что он ориентирует исследования на раскрытие объективной диалектики, выражая последнюю в законах и категориях. Важнейшее методологическое значение имеет также мировоззренческая интерпретация результатов науки, даваемая с позиций диалектики и материализма. Философский уровень методологии реально функционирует не в виде жесткой системы норм и «рецептов», а в качестве системы содержательных и формальных предпосылок и ориентиров познавательной деятельности [117, с. 7].

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

Специально-научная методология, в свою очередь, также подразделяется на несколько подуровней: общенаучную методологическую концепцию и направление, методологию отдельных специальных наук, методику и технику исследования. Особо приоритетным, в последние десятилетия, стал первый из этих подуровней. Это обусловлено тенденцией универсализации средств познания, которая облегчает обобщенную постановку научных проблем, а также стремление к синтезу, которое становится господствующим в стиле мышления современной науки. К общенаучным методологическим концепциям и направлениям относятся проблемно-содержательные теории, дающие непосредственно описание широкой реальности под определенным углом зрения, т.е. с позиций определенного методологического принципа. Таковы, например, концепция В.И. Вернадского, теоретическая кибернетика, общая теория систем Л. Берталани, направленные на выявление универсальных понятий и категорий научного

мышления посредством анализа материала самой науки. Одним из подуровней специально-научной методологии, в узком смысле слова, являются такие концепции и дисциплины, как структурализм, структурно-функциональный анализ, системный анализ. Методологические функции таких концепций состоят в том, что они дают научному исследованию либо содержательную ориентацию, способствуя построению новых предметов изучения (такую роль выполняет концепция биосферы по отношению к проблеме взаимодействия общества и среды), либо эффективный понятийный и математический аппарат анализа [117, с. 6–7].

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

Взаимосвязь между философскими и специально-научными методологиями очень наглядно прослеживается на примере краткого исторического анализа психологических

учений о мышлении. Так, ассоциативная психология исходила из позиций английского эмпиризма, психология мышления вюрцбургской школы – из идеалистической философии гуссерлианства; трактовка психологии мышления в американской литературе у Дж. Дьюи определялась философией прагматизма [42]. Наша, отечественная, психология исходит из диалектической логики.

Вопрос о взаимоотношении между диалектической и психологической логиками имеет принципиально важное значение, так как они имеют один предмет изучения – *мышление*. Вместе с тем каждая из них имеет свою сферу исследования. Проблемой логики является вопрос об истине, о познавательном отношении мышления к бытию, в то время как проблемой психологии является протекание мыслительного процесса, мыслительная деятельность индивида, в конкретной взаимосвязи мышления с другими сторонами сознания. Имея эти отличия друг от друга, психология мышления и логика, или теория познания, вместе с тем теснейшим образом связаны друг с другом. Анализируя эту взаимосвязь, один из корифеев отечественной психологии С.Л. Рубинштейн отмечает: «мышление как предмет психологического исследования не может быть определено вне отношения мысли к бытию. Психология поэтому также рассматривает мышление не в отрыве от бытия, но изучает как специальный предмет своего исследования не отношение мышления к бытию, а *строе-ние и закономерность протекания мыслительной деятельности индивида* в специфическом отличии мышления от других форм психической деятельности и в его взаимосвязи с ними» [110, с. 312]. По мнению вышеназванного автора,

«психология мышления всегда исходит и неизбежно должна исходить из той или иной философской, логической, методологической концепций» [110]. Сам же автор в качестве методологической основы своих исследований выбирает диалектическую логику.

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

Интерес к методологии как стратегии развития всего сущего резко возрастает в период революционных преобразований, как в обществе, так и в различных сферах самой науки. Не является исключением в этом смысле и педагогическая наука, которая, говоря языком теории самоорганизации систем Пригожина, находится в настоящее время в точке бифуркации, и ее дальнейший прогресс или регресс будет зависеть от той методологии, на которой она остановит свой выбор. В настоящее время, как и в другие периоды революционной ломки, на поверхность всплывают различные философские учения, в том числе и спекулятивные, претендующие на роль абсолютной истины. Это обстоятельство накладывает еще большую ответственность на тех исследователей, которые по своему статусу призваны определять дальнейшую стратегию развития той или иной сферы человеческой деятельности.

Несмотря на все многообразие философских учений (старых и новых), по которым ведется дискуссия, значительная часть ученых-педагогов по-прежнему опирается на диалектический материализм как философскую основу методологии в своих научно-педагогических исследованиях. Принципы диалектического материализма используют в своих работах В.С. Библер, В.В. Давыдов, Э.В. Ильенков, В.В. Краевский, А.Ж. Кусжанова, П.Г. Щедровицкий и др. Однако, – по мнению В.Е. Клементьева, – «...большинство ученых-исследователей лишь декларируют методологию диалектического материализма в процессе познания, а на самом деле стоят на позиции стихийного эмпиризма в той или иной форме, который-то как раз критикуется в диалектическом материализме» [54, с. 3–4].

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

1.3. СОПРЯЖЕНИЕ КАК ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ ПРИНЦИП ОРГАНИЗАЦИИ И РАЗВИТИЯ МАТЕРИИ

Стратегия формирования фундаментальных естественнонаучных понятий и естественнонаучного мышления во многом определяется пониманием принципов организации, функционирования и развития материи в целом. Философское определение понятия «материя» строится на основе системы атрибутов (неотъемлемых, существенных свойств объекта), раскрывающих ее сущность. Такими атрибутами материи выступают *движение, взаимодействие и отражение*. Материя и ее атрибуты являются философскими абстракциями, формирующими совокупность наших представлений о реальном мире.

Даже краткий анализ содержания атрибутов материи позволяет констатировать, что они диалектически связаны и взаимообусловлены: отражение зависит от взаимодействия, которое является следствием и основным проявлением движения, а одновременно и условием движения и взаимодействия, т.е. выступает в качестве источника дальнейшего развития объекта. Материя не может *ни существовать без своих атрибутов, ни мыслиться*. Поэтому *движение, взаимодействие и отражение* как атрибуты материи играют ключевую роль для понимания сущности конкретных форм движения материи и их генетической связи, а как *философские категории* (наиболее общие понятия) 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 заключает 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.

Все свойства тел производны от взаимодействий, являются результатом их внутренних структурных связей и внешних взаимодействий между собой, поэтому понятие «взаимодействие» находится в глубокой связи с понятием «структура». Под структурой понимают совокупность устойчивых связей объекта, обеспечивающих его целостность и тождественность самому себе, то есть сохранение основных свойств при различных внешних и внутренних изменениях [116, с. 1276].

Взаимодействие – это процесс взаимного влияния тел друг на друга путем переноса материи и движения, универсальная форма изменения состояний тел. Способность к взаимодействию определяет существование и структурную организацию всякой материальной системы, ее свойства, объединение, наряду с другими телами, в систему большего порядка. Без способности к взаимодействию материя не могла бы существовать [143, 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 него нечего больше познавать» [155, с. 199].

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

Категория «взаимодействие» является существенным методологическим *принципом познания* природных и общественных явлений. Любой объект может быть понят и определен лишь в системе отношений и взаимодействий с другими окружающими явлениями, их частями, сторонами и свойствами. Познание вещей означает познание их взаимодействия и само является результатом взаимодействия между субъектом и объектом. «Исследование особенностей этого взаимодействия, *природы взаимодействующих систем*, и субъекта прежде всего, является ключом к пониманию *сущности мышления*» [58, с. 160] (курсив наш. – С.П.).

В категориях диалектики тесно *связаны объективное знание* о соответствующей форме связи явлений (причинность, закон и другие) и форма мысли – *познавательный прием*, посредством которого постигается, осмысливается такая связь. И чем совершеннее понятийные средства, способы осознания определенных связей, тем успешнее может, в принципе, осуществляться их реальное открытие, истолкование. Одно предполагает другое.

Философы говорят в связи с этим о единстве онтологического (объективного знания бытия) и гносеологического (познавательных приемов) смысла категорий [18, 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.

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

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...» [155, с. 194].

В свою очередь В.И. Ленин писал: «Что значит дать «определение»? Это значит, прежде всего, подвести данное понятие под другое, более широкое» [68, 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»* [3, с. 53].

Общая стратегия формирования понятий, разработанная философами, перенесена в образовательную область и конкретизирована на психологическом и дидактическом уровнях

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 [135]. Проецируя диалектический подход на методику формирования понятий, А.В. Усова отмечает: *«Определить понятие — значит подвести данное видовое понятие под ближайшее родовое понятие и указать его видовые отличия»* [135, с. 38].

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

В словаре русского языка С.И. Ожегова понятие «сопряженный» трактуется как «взаимно связанный, непременно сопровождаемый чем-нибудь» [87, 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» [116, 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 [116].

Используя метод молекулярных орбиталей для изучения распределения электронной плотности и роли π -электронов у важнейших биологически активных веществ, Б. Пюльман и А. Пюльман пришли к заключению, что почти все высокомолекулярные соединения содержат *сопряженные* системы π -электронов. Они представляют собой длинную цепь (кольцо) с многократно чередующимися σ - и π -связями. В результате эффекта сопряжения образуется общее электронное облако, которое охватывает одновременно большое число атомов, и молекула или часть ее действуют в ряде реакций (окисления, гидролиза) как одно целое. К таким веществам относятся NAD, FAD (коферменты оксидоредуктаз), гемм и его производные, пуриновые и пиримидиновые основания, входящие в состав нуклеотидов DNK, RNK, ATP и др. [109]. 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 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.

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

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

Фундаментальное положение Ф. Энгельса о том, что «...законы мышления и законы природы необходимо согласуются между собой...» [155, с. 193], позволяет спроецировать «сопряжение» как фундаментальный принцип организации и развития материи в образовательную область и рассматривать его как важнейшую методологию формирования и развития естественнонаучных понятий.

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

преемственность, системность, принцип развивающего обучения и др., выведены из философских законов и категорий, которые выражают универсальные формы человеческого мышления.

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

1.4. «ОБОБЩЕНИЕ И РАЗВИТИЕ» КАК СОПРЯЖЕННАЯ ДИАЛЕКТИЧЕСКАЯ ПАРА РАЦИОНАЛЬНОГО ПОЗНАНИЯ

Стратегические направления модернизации вузовского образования касаются, прежде всего, естествознания в силу того, что именно эта область человеческих знаний в основном определяет темпы научно-технического развития любого государства и его статус на мировой арене. Новое качество естественнонаучного образования может быть обеспечено лишь на основе современных обобщенных знаний, умений и навыков, которые формируются в процессе различных видов учебно-познавательной деятельности студентов, а впоследствии превращаются в универсальную систему познания и деятельности будущих специалистов. Это возможно лишь на базе принципиально новой системы обучения, обеспечивающей формирование таких психических

новообразований, как системные предметные и метапредметные знания, обобщенные экспериментальные умения и навыки, необходимые не только для решения традиционных задач, региональных проблем, но и глобальных, которые могут быть решены в результате сотрудничества в рамках международного сообщества. Только на этой основе можно сформировать теоретическое естественнонаучное мышление, являющееся основным критерием качества естественно-научных знаний.

Методология формирования естественно-научного мышления у студентов естественного факультета во многом детерминруется содержанием данного понятия, отраженного в общих чертах в его определении: «Естественно-научное мышление представляет собой обобщение и опосредованное отражение, 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.)» [119, с. 169] (курсив наш.– С.П.). Из этого определения вытекает ряд принципиальных положений:

1. Основой мышления как высшей формы отражения материи является обобщение, под которым понимают «логический процесс перехода от единичного к общему, от менее общего к более общему знанию .., а также результат этого процесса: обобщенное понятие, суждение, закон науки, теория» [143, с. 328]. Получение обобщенного знания означает более глубокое отражение действительности, проникновение в ее сущность. В формальной логике под обобщением понятия понимают переход от видового к родовому понятию. При этом содержание родового понятия оказывается уже, так как из него исключаются видовые признаки. Обобщение обуславливает переход на более высокую

степень абстракции путем выявления общих признаков (свойств, отношений, тенденций развития и т.п.) предметов рассматриваемой области [116, с. 906]. Это означает, что при обобщении мышление развивается и переходит на более высокую степень рационального познания.

По Л.С. Выготскому, при психическом развитии происходит двойное изменение: с одной стороны, содержания понятий и меры их глубины, а с другой – положения понятий в структуре психической жизни. На этом основании он говорит о смысловом и структурном строении сознания. «Системное строение сознания можно условно назвать внешним строением сознания, тогда как смысловое строение, характер обобщения – его внутренняя структура. Обобщение есть призма, преломляющая все функции сознания... обобщение выступает как функция сознания в целом, а не только одного мышления» [24, с. 363].

Формирование и развитие естественнонаучного мышления возможно лишь на основе диалектической связи структурных компонентов физических, химических и биологических знаний. Диалектика предстает как учение о связях. Совокупность глубинных связей обуславливает сущность любой материальной системы и тенденции ее развития, поэтому выявление этих связей позволяет овладеть объектом и использовать его в практической деятельности субъекта. Истинно научное понимание диалектики было создано только Марксом и Энгельсом. Они построили диалектику на основе материалистического понимания исторического процесса и развития познания, обобщения реальных процессов, происходящих в природе, обществе и мышлении. В научной диалектике органически сочетаются законы развития как бытия, так и познания, ибо они по своему содержанию

тождественны, отличаясь только по форме. Поэтому материалистическая диалектика есть не только «онтологическое», но и гносеологическое учение, и логика, рассматривающие мышление и познание в становлении и развитии. В этом смысле и теория познания рассматривается материалистической диалектикой как обобщенная история познания и каждое понятие, каждая категория, несмотря на свой предельно общий характер, отмечены печатью историчности [143, с. 121–122]. Анализируя взаимосвязь диалектической логики и теории познания, Ф. Энгельс писал: «... законы мышления и законы природы необходимо согласуются между собой, если только они надлежащим образом познаны» [155, с. 193].

Наиболее сложным типом связи, оказавшимся непосильным для догматического мышления, является взаимодействие противоположностей, в то время как в материалистической диалектике категория «противоречие» является главной. В учении о противоречиях она вскрывает движущую силу и источник всякого развития; в нем содержится ключ ко всем остальным категориям и принципам диалектического развития [143, с. 122]. 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. 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» [58, с. 160] (курсив наш. – С.П.).

Взаимодействие, как показано выше, не является однозначным процессом. В одних случаях воздействие между объектами приводит к их деградации, разрушению, снижению уровня организации, в других – к объединению, созданию более сложной системы, у которой возникает новое качество. Второй тип взаимодействия охарактеризован нами ранее как сопряжение. Признание сопряжения как важнейшей стороны взаимодействия между структурными элементами материи, которое приводит к созданию качественно новой системы, позволяет перенести этот принцип в образовательную область и использовать его как методологическую основу для выявления механизма образования понятий, а также взаимосвязи между предметными, естественнонаучными и философскими понятиями.

Новые понятия формируются в соответствии с основным законом природы – единства и борьбы противоположностей. Единство (взаимосвязь) двух понятий обуславливает та область знаний, которая является для них общей и ее, по-видимому, можно обозначить как «сопряженное понятийное поле». А противоположность ограничивает перекрывание этих полей, сохраняя тем самым индивидуальность каждого из понятий. Так, например, содержание важнейшего общебиологического понятия «метаболизм» раскрывается через понятия «анаболизм» и «катаболизм», которые имеют как общие признаки, так и особенные [8, с. 353].

В учении о противоречиях содержится ключ ко всем остальным категориям и принципам диалектического развития. Особое значение в понимании и развитии естественно-научного мышления имеют такие философские категории, как «единичное», «особенное» и «всеобщее». Подчеркивая методологическую роль этих категорий, вслед за Гегелем Ф. Энгельс писал: «Единичность, особенность и всеобщность – вот те три определения, в которых движется все «Учение о понятии» [155, с. 194].

Категории «единичное», «особенное» и «всеобщее» выражают объективные связи мира, а также ступени их рационального познания. Логический процесс перехода между этими ступенями осуществляется за счет обобщения знаний. «При этом, по мнению Ф. Энгельса, восхождение от единичного к особенному и от особенного к всеобщему совершается не одним, а многими способами ...» [155]. Обобщение влечет за собой появление новых научных понятий, законов, теорий [116, с. 906]. Диалектическая логика в отличие от формальной логики не довольствуется простым перечислением форм движения мышления, т.е. форм суждений и умозаключений, а выводит эти формы одну из другой, устанавливает между ними отношение субординации, развивает более высокие формы из нижестоящих [155, с. 191]. Получение обобщенного знания означает более глубокое отражение действительности, проникновение в ее сущность.

Центральная задача диалектической логики – исследование того, как выразить в понятиях проявления действия законов диалектики в вещах, предметах и т.п. С этим связана другая основная задача диалектической логики – изучение развития самого мышления. Диалектическая логика выделяет законы и формы развития мышления в ходе развития познания и исторической общественной практики человечества. В качестве общего

логического принципа диалектическая логика использует способ восхождения от абстрактного к конкретному. Другой общий принцип диалектической логики – единство исторического и логического. Оба принципа внутренне взаимосвязаны, взаимодействуют друг в друга.

Диалектическая логика по самому своему существу должна представлять собой систему логических категорий, которые выступают как синтез результатов познавательной и практической деятельности человечества. Лишь во взаимосвязи, т.е. в системе логических категорий, можно отобразить развитие в мышлении и понять развитие самого мышления [143, с. 123]. Усвоение принципов диалектической логики, отражающих через систему философских категорий развитие и взаимосвязь объектов и явлений природы, их иерархию, позволяет студентам после их осмысления использовать эти принципы в учебном процессе как методы и способы выведения понятий, их обобщения, установления между ними иерархичности и объединения в целостную систему. В процессе такой мыслительной деятельности происходит развитие самого мышления, оно переходит на более высокую ступень абстракции, что позволяет вывести рациональное познание на качественно новый уровень и на его основе штурмовать более высокие уровни обобщения понятий, законов и теорий. Таким образом, категории «обобщение» и «развитие» выступают как сопряженная диалектическая пара развития рационального познания студентов в вузе. Осмысление студентами сущности данных категорий, их диалектической связи вооружает их эффективным средством познавательной деятельности для овладения всеми степенями научного знания в процессе обучения в вузе: предметном, естественно-научном, философском.

Актуальность и востребованность подобной стратегии диктуется практикой. Так, анализируя причины непрочного усвоения знаний учащимися учебного материала, Н.М. Верзилин и В.М. Корсунская отмечают, что их знания остаются на стадии восприятия и представления. «Понятия, образуемые на одном уроке или одной теме, в дальнейшем не развиваются и не связываются с другими понятиями. Учителю необходимо знать, как происходит движение понятий из темы в тему, из курса в курс. Важно отчетливо выявить, где понятия связываются и обобщаются, переходят из одного порядка в другой» [19, с. 105]. Авторы подчеркивают, что установление логических связей в понятиях из различных предметов должно проводиться не только учителем, но к этому необходимо систематически приучать самих учащихся во всех видах их учебной деятельности. Понятие есть единство противоположных моментов, единство общего и единичного, конкретного и абстрактного, «...уже самое простое обобщение, первое и простейшее образование понятий (суждений, заключений etc), – подчеркивал В.И. Ленин, – означает познание человека все более и более глубокой объективной связи мира» [69, с. 161]; оно является некоторым итогом, результатом развития соответствующей области науки.

Без методологической основы, указывает Б.Д. Комиссаров, невозможно ставить и решать проблемы самостоятельности биологии как учебного предмета, возможности и целесообразности ее интеграции и координации с другими отраслями знаний. Именно отсутствие такой основы привело к тому, что категории «научная картина мира» и «методология познания» не освоены биологическим образованием.

По мнению Н.М. Верзилина, «пути движения понятий полезно представить графически» [19, с. 105]. Такая идея зафиксирована и в определении естественнонаучного мышления, которое рекомендует диалектические связи между структурными компонентами физических, химических и биологических знаний выразить в форме модели. И это третье ключевое положение данного определения, реализация которого в практике обучения будет способствовать развитию теоретического мышления у студентов вуза.

В целях реализации данной идеи целесообразно использовать обобщенную модель (схему), отражающую взаимосвязи и иерархию основных понятий, законов, теорий на предметном, метапредметном и философском уровнях (рис. 1). При этом в модели важно обозначить общую методологию (через категории), которая является принципом формирования и развития понятий, законов и теорий на всех отмеченных уровнях познания.

В качестве такой методологической основы в разработанной нами модели (рисунок) является сопряженная диалектическая пара понятий «обобщение – развитие», которая определяет весь онтогенез рационального познания в процессе изучения естественных дисциплин в вузе. Категория «сопряжение», отражающая взаимосвязь объектов и явлений в природе, в данном случае проявляется в том, что мыслительная деятельность, связанная с обобщением, выводит мышление на качественно новую ступень его развития. Более развитое теоретическое (рациональное) мышление, в свою очередь, позволяет делать обобщения на более высоком уровне познания материи. Таким образом, категории «обобщение» и «развитие» тесно сопряжены и как бы переходят друг в друга, позволяя рациональному познанию постигать все более и более глубокую сущность бытия.

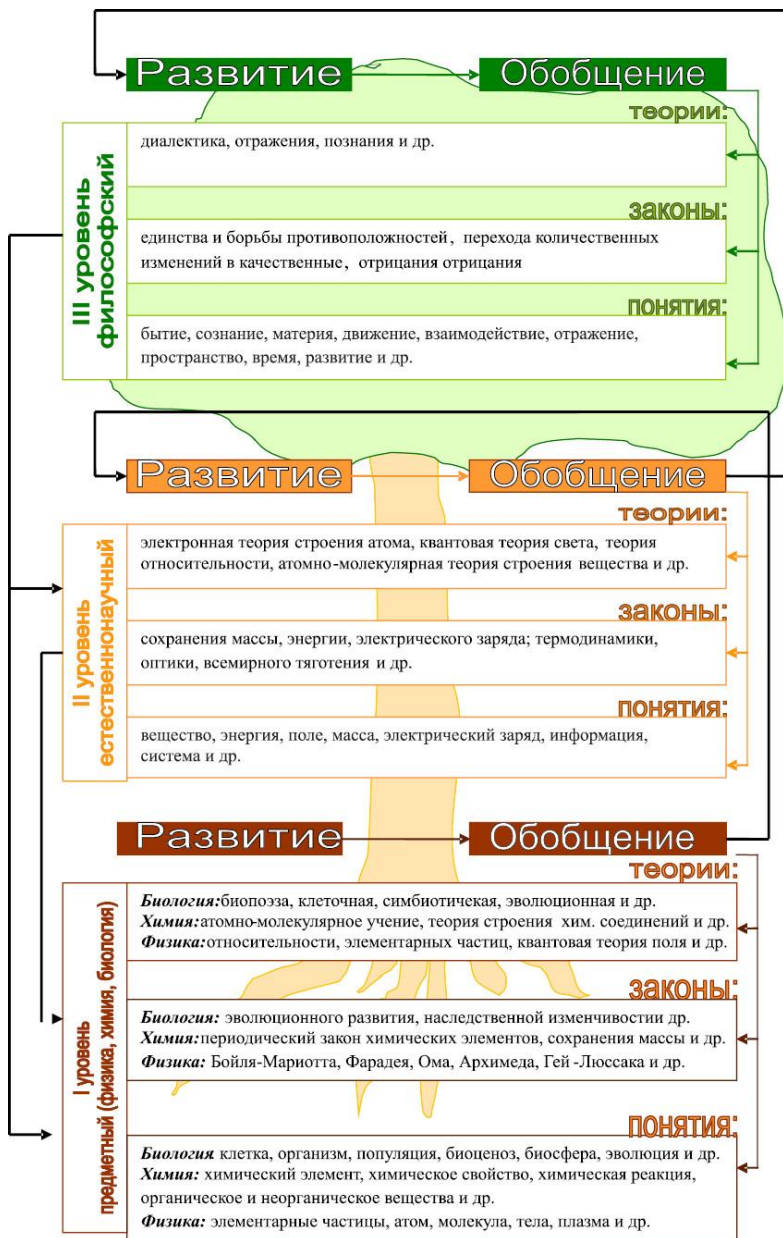


Рис. 1. Рациональное познание как сопряженная система

Данная модель после ее осмысления может являться стратегией развития рационального познания каждого студента и одновременно критерием уровня сформированности его мышления на конкретном этапе обучения. Подтверждением правильности выбранной нами стратегии конструирования модели онтогенеза рационального познания является название теорий, разработанных В.В. Давыдовым: «Теория развивающего обучения» и «Теория содержательного обобщения». В этих теориях ключевыми понятиями являются развитие и обобщение. Данные теории и те идеи, которые являются их основой, тесно сопряжены между собой, а реализация их на практике позволяет воспроизвести в учебной деятельности детей даже начальной школы логику научного познания, которая детерминирует формирование мышления на теоретическом уровне.

Таким образом, определение естественнонаучного мышления, данного с позиций диалектического материализма, имеет исключительное значение для процесса познания и преобразования окружающей нас действительности, а также мышления самого человека. Ключевые положения диалектической логики, отраженные в этом определении, определяют стратегию познания любой естественно-научной дисциплины, а вместе с тем и сам механизм формирования и развития теоретического мышления в целом.

1.5. АТРИБУТИВНАЯ МОДЕЛЬ ПОНЯТИЯ «МАТЕРИЯ» КАК МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ (МЕТАПРЕДМЕТНАЯ) ОСНОВА ПОСТРОЕНИЯ И РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННОЙ ОБЩЕНАУЧНОЙ КАРТИНЫ МИРА

Современная стратегия теоретического естествознания и естественно-научного образования направлена на *формирование целостного миропонимания и современного научного мировоззрения*. Новая парадигма меняет узкоспециализированные цели на приобретение *обобщенных знаний о глубинных сущностях окружающего мира, на развитие **научных форм мышления***.

В рамках философского знания функцию интегрально-обобщенной формы выполняет система философских категорий и принципов, которые составляют ядро ***научной картины мира***. В научной картине мира различают *частные и общие научные картины мира (ОНКМ)*. Из них ОНКМ обладают самым *мощным методологическим потенциалом*. Это обусловлено тем, что ее основу образуют наиболее *общие философские категории и принципы* [79 с. 340]. Ключевым понятием ОНКМ является понятие ***«материя»***. Поэтому неслучайно В.И. Ленин подчеркивал, что «картина мира есть картина того, *как материя движется и как «материя мыслит»* [68, с. 375]. Категория материи как самое общее понятие является основной содержательной формой постижения самых общих закономерностей бытия. Обладая самым мощным методологическим потенциалом, данная категория определяет стратегию решения самых глобальных проблем, возникающих в разных сферах человеческой деятельности.

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

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

- способность быть связующим звеном между наукой, теорией, философией и культурой;
- обеспечение наглядности ненаглядным теоретическим конструктам;
- наличие эвристического потенциала, участие в выдвижении и элиминации гипотез;
- ориентация субъекта на способы решения научных проблем и выбора возможных средств;
- связь теоретического уровня с эмпирическим, содействие выработке экспериментальных схем и интерпретации полученных результатов;
- объединение научного сообщества, обеспечение единого пространства понимания изучаемых процессов [61, с. 246] (курсив наш.– С.П.);

– *сопряжение онтологии и гносеологии (объективное знание и познавательный прием);*

– *способность выступать в качестве парадигмы, исследовательской программы, стиля научного мышления.*

Целостное и систематизированное представление об изучаемой действительности целесообразно выразить в форме идеализированной схемы (модели), которая отразит ее фундаментальные объективные законы, и сделает их сущность наглядной. В качестве такой схемы автором предлагается «Атрибутивная модель понятия «материя» (рис. 2).

Философское определение понятия «материя» строится на основе системы атрибутов (неотъемлемых, существенных свойствах объекта), раскрывающих ее сущность. Такими атрибутами материи выступают, прежде всего, *движение, взаимодействие и отражение*. По определению В.И. Ленина, мир есть **движущаяся** материя. Понятие материи отражает ту сторону предмета научного познания, которая характеризуется как его *содержание*; понятие движения – сторону, характеризующуюся как *форма*, присущая этому содержанию, следовательно, как способ бытия материи [69, с. 281–290]. Общее положение диалектического материализма о неразрывности материи и движения (содержания и формы) имеет исключительную методологическую значимость при изучении специфических видов материи, понимание сущности которых возможно лишь, когда специфика конкретного вида материи исследуется в неразрывности со специфической формой его движения.

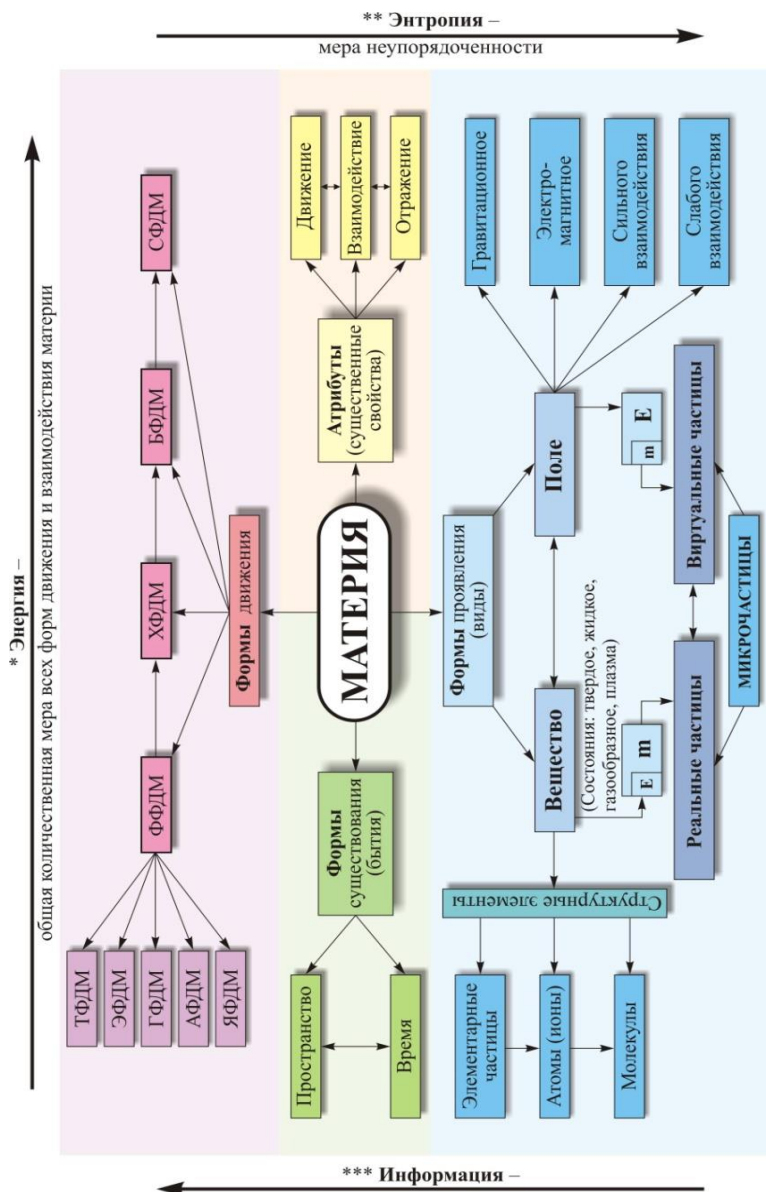


Рис. 2. Атрибутивная модель (схема) понятия «материя»
*, **, *** – мерные характеристики атрибутов материи

Раскрытие природы любой формы движения материи, а также установление генетической связи между различными формами движения невозможно без понимания сущности второго важнейшего атрибута материи – **взаимодействия**, которое является следствием и основным проявлением движения. Взаимосвязь данных атрибутов материи хорошо выражена в одном из общих определений: «Движение – это изменение вообще, всякое взаимодействие материальных объектов и смена их состояний» [143, с. 108]. Взаимодействие – это процесс взаимного влияния тел друг на друга путем переноса материи и движения, универсальная форма изменения состояний тел. Данное свойство 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 [143, 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» [155, с. 199].

В любой целостной системе взаимодействие сопровождается взаимным **отражением** телами свойств друг друга, в результате чего они могут меняться. В философском смысле под отражением понимают непрерывное воспроизведение признаков, свойств и отношений объектов реальности. По мере развития материи изменялись способность и характер отражения у систем различного уровня ее организации.

Отражение считают одним из основных понятий материалистической теории познания. Являясь одним из важнейших свойств материи, отражение (наряду с другими ее свойствами) тесно связано с основным вопросом философии. Как показал В.И. Ленин, «...в основе теории познания диалектического материализма лежит признание внешнего мира и отражение его в человеческой голове» [155, с. 5]. Материалистическое решение основного вопроса философии есть в то же время формулирование основных принципов теории отражения.

Признание существования внешнего мира независимо от сознания, отображаемого независимо от отображающего, – это фундаментальное положение ленинской теории отражения, всей марксистской философии. Признание отражения всеобщим свойством материи означает признание возможности адекватного отражения одним материальным объектом других материальных объектов. В своей теории В.И. Ленин подчеркивал, что отражение, по существу, родственно ощущениям [155, с. 91].

Таким образом, даже краткий анализ содержания атрибутов материи позволяет констатировать, что они диалектически связаны и взаимообусловлены: отражение зависит от взаимодействия, которое является следствием и основным проявлением движения, а одновременно и условием движения и взаимодействия, т.е. выступает в качестве источника дальнейшего развития объекта.

Материя и ее атрибуты являются философскими абстракциями, формирующими совокупность наших представлений о реальном мире. Естествознание, не претендуя на изменение смысла понятия «материя», использует ряд категорий, позволяющих конкретизировать и обобщить все явления окружающей действительности на основании качественных и количественных характеристик.

Таковыми категориями являются понятия *энергии, информации и энтропии*. Они имеют абстрактный смысл, т.е. недоступны прямому наблюдению, их значения определяются расчетным путем с использованием результатов замера других наблюдаемых величин. Тем не менее в общем виде они выступают как мерные характеристики атрибутов материи, и поэтому должны быть включены в *атрибутивную модель понятия материи*.

Раскрытие содержания понятий *энергии, информации и энтропии*, установление взаимосвязи между ними и другими философскими (естественно-научными) понятиями имеют важное методологическое значение, так как позволят глубже понять неотъемлемые свойства материи (движение, взаимодействие, отражение), а через них и материю в целом. Из всех мерных характеристик атрибутов материи в последние годы наиболее пристальное внимание уделяют информации, которую в современной философии и естествознании тесно связывают с понятием «отражение». Понятие «информация» (от лат. information – ознакомление, разъяснение) как мера организованности системы в противоположность понятию энтропии как меры неорганизованности получило фундаментальный статус в естествознании (кибернетике) относительно недавно [23]. Кибернетика выявляет зависимость между информацией и другими характеристиками систем. Ей удалось установить обратно пропорциональную зависимость между информацией и энтропией. С повышением энтропии уменьшается информация (поскольку все усредняется) и наоборот – понижение энтропии увеличивает информацию. Связь информации с энтропией свидетельствует о связи информации с энергией [37].

Естественнонаучная атрибутивная модель понятия материи может быть построена лишь с учетом совокупности взглядов

на конкретные *формы (виды) проявления*, а также *формы существования* (бытия) материального мира. Для целостности понимания сущности материи необходимо рассмотреть ее проявление на конкретных объектах (видах материи) реального мира.

До открытия элементарных частиц и их взаимодействий наука выделяла два вида материи: ***вещество и поле***. Многообразие микромира предполагает его единство через *взаимопревращаемость частиц и полей*, которые лежат в самом фундаменте материи, и предопределяет ее бесконечное движение в пространстве и во времени.

Как всеобщие формы существования материи ***пространство и время*** должны быть включены в атрибутивную модель понятия «материя», а это, в свою очередь, требует рассмотрения их сущности хотя бы в кратком виде. Пространство как форма существования материи характеризует структурность и протяженность материальных систем. Время – форма последовательной смены явлений и состояний материи, оно характеризует длительность их бытия. Пространство и время имеют объективный характер, они неотделимы от материи, неразрывно связаны с ее движением и друг с другом, обладают количественной и качественной бесконечностью [46].

Даже краткий анализ содержания понятий пространства и времени позволяет констатировать, что они играют исключительно важную методологическую роль в процессе познания объективной реальности, как на эмпирическом уровне познания, так и на теоретическом. На эмпирическом уровне результатом наблюдений и экспериментов является фиксация пространственно-временных совпадений. Вместе с тем пространство и время служат важнейшими средствами конструирования теоретических моделей, интерпретирующих экспериментальные данные. В этой связи

данные понятия, безусловно, должны быть включены в атрибутивную модель понятия «материя», которая призвана сыграть исключительно важную методологическую роль при изучении предметов естественного цикла в целом и при формировании понятий «вещество» и «энергия» в частности.

Предложенную атрибутивную модель понятия «материя» можно рассматривать как средство реализации интегративных тенденций науки в сфере образования. Данная модель может определять стратегию изучения не только частных, но и интегративных курсов, положительно влиять на качество усвоения учащимися и студентами фундаментальных естественно-научных понятий, законов, теорий и служить методологической основой построения и развития современной общенаучной (естественно-научной) картины мира в целом.

1.6. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ КАТЕГОРИИ СОПРЯЖЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СТРУКТУРНОЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИИ

Анализ современного естественно-научного знания свидетельствует, что среди основных философских понятий всевозрастающее значение в настоящее время приобретает категория «взаимодействие». Особое значение имеют исследования внутренних сторон взаимодействия, которые отражают взаимные превращения и переходы, взаимную обусловленность и взаимную связь объектов и явлений. Понимание этих механизмов позволяет

решать важнейшие проблемы человечества. В предыдущем исследовании нами дано 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 неживой и живой природы [96]. После усвоения данной категории она станет мощным методологическим средством рациональной познавательной деятельности учащихся, студентов и преподавателей.

Методологический потенциал сопряжения как естественно-научной категории познания достаточно ярко высвечивается при изучении биологической формы движения материи, которая «в скрытом виде» включает в себя физическую и химическую формы движения. Этот потенциал нами раскрыт на различных уровнях:

– *осмысления* диалектических связей между фундаментальными естественнонаучными понятиями и философскими категориями отображенных в «атрибутивной модели понятия “материя”», которые тесно *сопряжены* и могут определять общую стратегию формирования современной *общенаучной картины мира* у студентов при изучении естественно-научных дисциплин [97];

– *понимания* генетических связей методологических подходов изучения биологических объектов, отраженных в авторской модели «Общая характеристика живых систем», где логично сопряжены философские, естественно-научные 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 [159];

– *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 естественно-научного 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 [96];

– 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 [159];

– 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 [101];

– *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 [126];

– *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 [103];

– *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 [99];

– *выявления* особенностей формирования физиологических понятий «фотосинтез» и «дыхание» в системе целого растения. Авторы работы на данном материале раскрывают методологический потенциал, обоснованной ими ранее категории сопряжения. Сознательное применение данной категории обучающимися при формировании и развитии понятий «фотосинтез» и «дыхание» одновременно вооружить их и эффективным методологическим средством познания, способствующим формированию научной картины мира и мировоззрения в целом [102];

– *конструирования* образно-знаковой модели «Эмблемы жизни», раскрывающей в определенной степени содержание понятия «жизнь», которое является ключевым понятием биологической картины мира, точно так же как понятие «материя» является ключевым для общенаучной картины мира. Разработанная эмблема является достаточно цельным символом жизни, так как в ней нашли отображение фундаментальные основы живой материи, связанные с превращением вещества, энергии, информации и формы; важнейший принцип самоорганизации – принцип сопряжения, который лежит в основе зарождения, сохранения и эволюции живых систем, начиная с клетки и заканчивая биосферой (изменение формы); взаимосвязь с окружающей средой; природоохранные мероприятия. Последовательные сопряженные процессы выступают как существенная сторона организации динамических неравновесных систем, при этом усложнение биологических систем происходит на основе усиления сопряженности их отдельных структур и процессов.

Практическое использование данной модели при изучении биологии внесет определенный вклад не только в формирование целостной биологической (естественно-научной и общенаучной) картины мира, но и будет инициировать у школьников и студентов эмоционально-ценностное отношение не только к изучаемому материалу, но и к конкретным биологическим объектам природы [98];

– обоснования и возведения понятий «сопряжение» и «разобшение» в ранг диалектической пары, которая способствует более полному раскрытию сущности важнейшего атрибута материи – взаимодействия. Выдвинутый теоретический постулат нашел свое конкретное подтверждение при методологическом анализе становления и развития хемиосмотической теории Митчелла. Нами достаточно убедительно показано, что понятия «сопряжение – разобшение» были положены Митчеллом в основу основных постулатов его теории, определили стратегию разработки ее теоретических положений и опытов для их проверки. Следует отметить, что методологическая значимость понятий «сопряжение» и «разобшение» лишь косвенно высвечивается при анализе научной литературы. В вузовских учебниках, где рассматривается теория Митчелла, понятие «сопряжение» хотя и используется, но не несет методологической нагрузки, а понятие «разобшение» вообще не используется. Многолетняя практика авторов свидетельствует, что выпускники школ не понимают сущности хемиосмотической теории, а большинство студентов испытывают значительные затруднения в ее интерпретации. Усвоение и сознательное применение данных категорий внесет определенный вклад в формирование целостного диалектического мышления не только у школьников и студентов, но и у учителей школ и преподавателей вузов [103];

– *раскрытия* информационной емкости категории сопряжения в понимании сущности уникальных свойств биологически активных молекул. У всех высокомолекулярных соединений важнейшую роль в перераспределении электронной плотности играет сопряженная система чередующихся (многократно) σ - и π -связей. В результате такого сопряжения электроны становятся подвижными, а молекула становится биологически активной и способна выполнять не только определенные свойства, но и функции. По мнению Б. Пюльман и А. Пюльман, к таким молекулам следует отнести DNK, RNK, ATP, NAD, FAD [160]. Этот список следует дополнить такими уникальными соединениями как хлорофиллы, фикобилины и каротиноиды. Все вышеотмеченные биологические молекулы определяют сущность клеточного метаболизма, в котором постоянно происходит превращение *веществ, форм энергий и информации*.

Таким образом, биологическая форма движения материи эффективно использует *сопряжение* как общий принцип организации материи. Этот принцип работает на электронном уровне, предопределяя физические и химические свойства биологически активных молекул, которые в своей совокупности обеспечивают функционирование клетки как сопряженной системы [126];

– *углубления* методологического потенциала категории «сопряжение» как внутренней стороны взаимодействия на примере изучения механизмов взаимосвязи между уникальными процессами растительной клетки – фотосинтезом и дыханием на электронном уровне. Для изучения более глубоких механизмов взаимодействия между этими процессами в качестве методологического средства были задействованы и принципы электронной теории вещества. Синтез таких методологий не случаен в силу того, что «в процессе химической эволюции при наличии

всех необходимых для нее условий происходит усиление роли сопряженности. Последовательные сопряженные процессы выступают как существенная сторона организации динамических неравновесных систем». Примерами подобных систем являются возникшие в ходе химической эволюции каталитические сопряженные системы, к которым относятся процесс фотосинтеза и дыхание. Элементарные стадии этих процессов оказываются неразделенными, потому что имеют общие метаболиты 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 [129];

– *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 [126];

– *понимания* принципа сопряжения как эффективного механизма реализации межпредметных связей физики, химии и биологии. Если принцип *сопряжения* обеспечивает *непрерывность* природных объектов и явлений, то в образовательной области он должен обеспечить непрерывность (*сопряжение*) всех

понятий, приведение их в единую систему, которую, по-видимому, можно обозначить как *сопряженное понятийное поле*. Отдельные понятия отражают не только сущность объектов и явлений, но и их взаимодействие (сопряжение) с другими объектами. «Каждое понятие находится в известном отношении, в известной связи со всеми со всеми остальными» [69, с. 179]. Отсюда следует, что принцип *сопряжения* как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – *методологическом и общедидактическом*.

Методологический аспект сопряжения высвечивается, во-первых, в том, что оно является одной из внутренних сторон важнейшего атрибута материи – *взаимодействия*, а, во-вторых, отражает сущность организации, функционирования и эволюции любой природной и социальной системы. Методологическая функция данного принципа просматривается и через призму основного закона развития природы – *единства и борьбы противоположностей*, который является не только законом развития объективного мира, но и законом познания. Этот закон служит ядром диалектики и объясняет *внутренний источник всякого развития*. «Диалектическое мышление не рассекает целое, абстрактно разделяя крайности, а, напротив, осваивает целое как органическое, как систему, в которой противоположности взаимодействуют (*сопряжены* прим. автора), обуславливая весь процесс ее развития» [143, с. 141].

По выражению В.И. Ленина: «...Диалектика есть изучение противоречия в самой *сущности предметов...*» [69, с. 227]. Основными ступенями противоречия являются *тождество, различие, противоположность*. Категория тождества обозначена приоритетной не случайно. Противоречие разрешается только

в том случае, когда в противоположностях находятся тождественные (одинаковые) предметы и явления, которые, взаимодействуя между собой, образуют *сопряженные* (общие) области. Эти области сопряжения обеспечивает взаимосвязь между противоположностями, и на этой основе возникает система с новым качеством.

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

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

Сопряжение как принцип обучения способствует реализации других педагогических принципов и прежде всего принципа межпредметных связей (МПС). Взаимосвязь этих принципов можно рассматривать как диалектическую пару, в которой один принцип (межпредметных связей) является *формой*, второй же принцип (сопряжения) является *содержанием* [104];

– осмысления необходимости творческого развития материалистической диалектики, к «пересмотру» содержания ее категорий, внесению в них необходимых изменений, которые требуются ходом движения научного знания, *созданию новых или углублению философских понятий*. Более глубокому раскрытию сущности категории взаимодействия, которая играет ключевую роль в раскрытии сущности всех объектов и явлений природы, будет способствовать понятие сопряжения. В предыдущих исследованиях нами было обосновано, что понятие «сопряжение» отражает одну из внутренних сторон взаимодействия и возведено в ранг *естественнонаучной категории*. Категория взаимодействия является мощным философским методом исследования, однако не дает всеобъемлющего представления об объекте и, неизбежно, как всякая *абстракция*, обедняет исследуемую реальность и детерминирует необходимость своей конкретизации при изучении объектов и явлений материального мира. Отражая сущность одной из внутренних сторон взаимодействия, категория сопряжения расширяет границы нашего осмысления сущности принципов структурной организации материи в целом, благодаря чему открываются новые перспективы, новые подходы к решению важнейших проблем науки и их роли в понимании структуры *рационального познания*. Как логическая форма мышления *сопряжение выражает содержание других форм рационального познания*, и в частности, такой формы нормативного знания, как *стиль научного мышления*, который востребован в настоящее время, как в области науки, так и в области образования. Усвоение обучающимися методологического потенциала данной категории внесет существенный вклад в формирование и развитие у них современного *диалектического стиля мышления* [100].

Таким образом, сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия раскрывает один из фундаментальных принципов организации и развития материи. В процессе эволюции материи происходит усиление сопряженности между ее структурными элементами, что повышает уровень ее организации и возникновение качественно новых объектов и явлений. При изучении конкретных явлений живой природы в предметах биологического цикла перед студентами обнажается реальная диалектика развития материи, поэтому важно обобщить конкретно-научные и философские представления о мире. Особое значение при этом приобретает овладение категорией сопряжения, которая позволяет конкретизировать идеи диалектического материализма, усвоить их как метод познания и преобразования материального мира. Проведенные нами исследования свидетельствуют, что принцип сопряжения позволяет понять сущность объектов и явлений на разных уровнях организации материальных объектов, начиная электронным уровнем и заканчивая биосферным. 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.

1.7. МЕТАПРЕДМЕТНАЯ ФУНКЦИЯ КАТЕГОРИИ СОПРЯЖЕНИЯ В СОЗДАНИИ И ПОНИМАНИИ СУЩНОСТИ ХЕМИОСМОТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ П. МИТЧЕЛЛА

Стратегические направления модернизации общеобразовательной школы касаются, прежде всего, естественнонаучного образования в силу того, что именно эта область человеческих знаний в основном определяет темпы научно-технического развития любого государства и его статус на мировой арене. Новое качество естественнонаучного образования может быть обеспечено лишь на основе *современных обобщенных знаний, умений, навыков и способов умственных действий*, которые формируются в процессе *различных видов учебно-познавательной деятельности* учащихся, а впоследствии превращаются в *универсальную систему познания и деятельности* будущих специалистов.

При изучении конкретных явлений природы в предметах естественнонаучного цикла перед учащимися обнажается реальная *диалектика развития материи*. По мнению В.Н. Максимова, «важно обобщить конкретно-научные и философские представления о мире. Обобщающую функцию выполняют межпредметные философские связи. Они помогают учащимся овладеть

ведущими идеями диалектического материализма, усвоить их как *метод познания* и преобразования материального мира. Одновременно с философским обобщением знаний необходимо развитие *диалектического мышления* учащихся. Особое значение при этом приобретает овладение *категориями диалектики*» [76, с. 28] (курсив наш. – С.П.).

Особое внимание методологической функции философских категорий уделяет академик РАО А.В. Усова, которая отмечает, что формирование философских категорий имеет важное мировоззренческое значение. «Учебный процесс должен всемерно способствовать выработке у учащихся научного мировоззрения. Формирование научных понятий может и должно сыграть ведущую роль в решении этой важнейшей задачи» [135, с. 248].

Сознательное применение категорий диалектики позволяет разработать эффективную стратегию экспериментального и теоретического исследования в конкретной области науки, которая обеспечит максимальную результативность научного поиска. В свою очередь, успешное применение диалектических категорий к анализу конкретной ситуации, сложившейся в развитии общества, науки, культуры в целом, укрепляет саму диалектику как *метод мышления*.

При формировании *целостного диалектического мышления* особую значимость имеет приобретение *способности* постигать в формах категориального аппарата диалектической логики всеобщую объективную связь и развитие. В этой способности диалектическое мышление приобретает высшую – синтетическую, категориальную форму, форму всеобщего метода познания и преобразования действительности [153, с. 10].

Научное знание развивается путем смены понятий и принципов, выдвижения новых идей и построения на их основе теорий. По мнению П.В. Копнина, «... сама философия уже не может служить поставщиком готовых естественнонаучных идей. Последние рождаются в тяжелых муках самими науками.

Новые идеи и построения в науке возникают в результате теоретического синтеза, который в качестве своего момента содержит категории философского мировоззрения, выступающие методом научно-теоретического мышления» [58; 82].

Опыт свидетельствует, что развивающаяся наука требует совершенствования системы диалектических категорий. Категории материалистической диалектики тесно связаны с понятиями других наук, являются их обобщением.

В предыдущем исследовании нами было дано философское и естественнонаучное обоснование сущности *сопряжения* как важнейшей стороны взаимодействия. Осмысление и понимание *сопряжения* как фундаментального принципа организации и развития материи позволяет возвести данное понятие в ранг категории, спроецировать его в образовательную область и рассматривать в качестве важнейшего *методологического средства познания* [93].

Категории являются универсальной формой человеческого мышления. Особое значение для развития диалектики имеет формирование парных категорий, отражающих «полярные» стороны целостных явлений, процессов. Диалектический характер отношений «причина – следствие», «случайность – необходимость», «возможность – действительность» и других выражается в противоположных, но неразрывно *связанных понятиях, их единстве, переходах друг в друга, взаимодействии*. В сочетании, взаимодополнении категории диалектики образуют

подвижную сеть универсальных понятий, способных отражать живую подвижность, переходы, противоречия бытия. В жестких формах мышления этого сделать нельзя. Понятия должны быть «гибки, подвижны, релятивны, взаимосвязаны, едины в противоположностях, дабы обнять мир» [69, с. 131].

Вышесказанное предопределило наше дальнейшее теоретическое исследование, которое было направлено на поиск второй диалектически противоположной категории по отношению к понятию «*сопряжение*». Таким понятием, по-видимому, является понятие «*разобщение*». Разобщить, по Ожегову, – значит «отделить одного (или одно) от другого, разъединить, *прекратить связь*, общение между кем-чем-нибудь. Сущ. разобщение» [87, с. 566]. В то время как понятие «*сопряженный*» трактуется как «*взаимно связанный*, непременно сопровождаемый чем-нибудь» [87, с. 650] (курсив наш. – С.П.). Таким образом, понятие «*сопряжение*» отражает ту сторону *взаимодействия* между объектами природы, которая приводит к образованию связей между ними и созданию систем с новым качеством. В то время как понятие «*разобщение*» отражает разрыв связи между элементами системы и ее деградацию.

Приведенные логические рассуждения дают основание для предположения о том, что понятия «*сопряжение*» и «*разобщение*» можно считать диалектической парой, которая более полно раскрывает содержание такого важнейшего атрибута материи, как «*взаимодействие*». Данные категории исключительно важны для формирования диалектического мышления, которое «есть только отражение господствующего во всей природе движения путем противоположностей» [76, с. 525].

Анализируя филогенез различных типов мышления, Г.А. Твердохлебов отмечает: «Понятийный вид мышления, используя все вышеперечисленные методы мышления, на определенном уровне своего развития рождает новый метод – *диалектический метод мышления*, суть которого – через ассоциации по контрасту объединение противоположностей в диалектические системы, отклонение от состояния равновесия которых (нарушение их гомеостаза), порождая «борьбу» противоположностей, является движущей силой развития всех процессов мира» [121, с. 5] (курсив наш. – С.П.). Таким образом, метод мышления посредством ассоциаций по контрасту лежит в основе диалектического стиля мышления, при котором происходит возбуждение временных связей, формирующих абстрактный образ какого-либо класса объектов при одновременном восприятии мозгом объектов противоположного класса, в итоге происходит сравнение противоположностей.

Усвоение в полной мере смысла *диалектически противоположных категорий* возможно лишь при их конкретном применении в той или иной области науки и образования. Одним из примеров использования диалектической пары противоположностей «*сопряжение – разобщение*» может служить история разработки «хемиосмотической теории» П. Митчеллом (за которую он получил Нобелевскую премию) и понимание ее сущности учащимися и студентами.

Хемиосмотическая теория объясняет механизм преобразования энергии электронного возбуждения и запасаения ее в конечном итоге в химической форме, в виде АТФ, которая служит универсальной энергетической «валютой» живой клетки. Иначе говоря, в данной теории расшифровывается механизм фотосинтетического и окислительного фосфорилирования при

транспорте электронов по цепи переносчиков локализованных в мембранах хлоропластов, митохондрий и бактерий.

Основным понятием, которое было положено в основу разработки данной теории (первоначально гипотезы) было понятие **«сопряжение»**. Вместе с тем важную роль сыграли и результаты предыдущих исследователей (модельные опыты Пекера и Хинда), в которых было показано, что при освещении изолированных тилакоидов *in vitro* происходит подщелачивание внешнего раствора. На основании этого был выдвинут «основной постулат» хемиосмотической гипотезы: *«энергетическое сопряжение осуществляется через электрохимический градиент протонов»*. А затем и сформулирован хемиосмотический принцип *энергетического сопряжения*, который гласит, что «электронпереносящие цепи митохондрий, хлоропластов и бактерий *сопряжены* с системой синтеза АТФ через разность электрохимических потенциалов протонов ($\Delta\mu\text{H}^+$) на *сопрягающих* мембранах».

Наиболее привлекательной чертой хемиосмотической гипотезы для исследователей, занимающихся биоэнергетикой, было то, что она позволяла сразу предложить ряд экспериментов, в которых можно было проверить ее предсказания.

Эти опыты можно разделить на две группы. Первая группа опытов была направлена на доказательство того, что электрохимический градиент протонов действительно выполняет функцию *сопряжения* между током электронов по электронтранспортной цепи (ЭТЦ) и синтезом АТФ на сопрягающих мембранах. Это опыты с «кислотно-основными переходами», в которых $\Delta\mu\text{H}^+$ создавался искусственно и при этом регистрировался синтез АТФ.

Вторая группа – опыты с *разобщителями*, в которых использовали соединения, «подавляющие» образование $\Delta\mu\text{H}^+$. В таких опытах ток электронов по ЭТЦ имел место, но синтез АТФ

не регистрировался, и это указывало на то, что $\Delta\mu\text{H}^+$ действительно выполняет функцию фактора *энергетического сопряжения*.

Таким образом, можно констатировать, что в основе разработки хемиосмотической теории и ее экспериментального подтверждения методологическую функцию выполняла такая диалектическая пара категорий, как «сопряжение – разобщение». Именно эта пара категорий определила верность основного теоретического постулата хемиосмотической теории и стратегию тех опытов, которые блестяще подтвердили теоретические положения данной теории.

Следует отметить, что методологическая значимость понятий «сопряжение» и «разобщение» лишь косвенно высвечивается при анализе научной литературы. В вузовских учебниках, где рассматривается теория Митчелла, понятие «сопряжение» хотя и используется, но не несет методологической нагрузки, а понятие «разобщение» вообще не используется [93]. В некоторых школьных учебниках общей биологии делается попытка использовать положения хемиосмотической теории Митчелла для объяснения механизма синтеза АТФ. Однако авторы этих учебников весьма смутно представляют сущность данной теории, а понятия «сопряжение» и «разобщение» не используют [85; 86]. По-видимому, по этой же причине, авторы наиболее распространенного учебника общей биологии (Б.Д. Захаров и др., 1999) механизм синтеза АТФ вообще не рассматривают [84].

Многолетняя практика автора свидетельствует, что выпускники школ не понимают сущности хемиосмотической теории, а большинство студентов испытывают значительные затруднения в ее интерпретации. (Между тем значимость открытия, сделанного в рамках этой теории, сопоставляется с расшифровкой

структуры DNK). Основная причина этого – игнорирование (скорее всего, непонимание) авторами учебников методологических основ данной теории, в которых определяющую роль играет диалектическая пара понятий «сопряжение – разобщение». Именно эта пара понятий определила стратегию создания хемиосмотической теории, и она же должна определять стратегию ее познания учащимися и студентами при изучении курса биологии.

Усвоение и сознательное применение данных категорий внесет определенный вклад в формирование целостного диалектического мышления не только у школьников и студентов, но и у учителей школ и преподавателей вузов.

1.8. МЕТАПРЕДМЕТНАЯ РОЛЬ КАТЕГОРИИ СОПРЯЖЕНИЯ В РАЗВИТИИ ДИАЛЕКТИЧЕСКОГО СТИЛЯ МЫШЛЕНИЯ

Стратегия развития диалектического стиля мышления как самой интегративной формы знания проявляется, главным образом, в совершенствовании категориального аппарата философии и реализуется 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 настоящем исследовании имеет место углубление философской категории взаимодействия, одной из ее внутренних сторон, которая обозначена нами ранее как сопряжение. Как логическая форма мышления естественно-научная категория сопряжения выражает содержание других форм рационального познания, и в частности такой формы нормативного

знания, как стиль диалектического мышления, который востребован в настоящее время, как в области науки, так и в области образования.

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 являются самым мощным систематизирующим фактором во всех сферах человеческой деятельности, позволяющим развивать мышление до теоретического уровня и «интегрировать различные формы культуры» [141, 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 [141]. 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, «...философской основой 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» [54].

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.

Приоритет категорий диалектического материализма в научном познании определяется прежде всего 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, а изучает 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 названиях 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 всеобщие и универсальны, поэтому и методы познания данной философии также универсальны. Диалектическая логика не игнорирует формальную логику, а лишь уточняет и конкретизирует методологический потенциал ее законов. Отсюда следует, что методологические потенциалы диалектики и формальной логики являются общей основой и должны быть умело использованы *любой наукой* при формировании и развитии научного знания. Эти логики тесно *сопряжены*, и поэтому для эволюции научного знания их законы и категории должны применяться в единстве. Конкретные науки разрабатывают свои *прикладные логики*, которые создают специфические методы и подходы для исследования своих объектов. Однако эти методы должны применяться в тандеме с методологическими подходами диалектической и

формальной логики. Только в этом случае можно правильно понять сущность изучаемого объекта или явления и выразить его содержание средствами формальной логики.

Приведенные выше основания позволяют констатировать, что для формирования диалектического стиля мышления необходимы обе логики, которые вооружают субъекта (как ученого, так и студента) одновременно формально-логическими средствами и диалектическим методом познания бытия. «Чтобы изучать какую-либо форму мышления (например, гипотезу или даже понятие), надо к ней подойти во всеоружии как современного философского метода, так и формального аппарата» [58, 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» [58, с. 84]. Такой социальный запрос можно удовлетворить двумя путями: углублением уже существующих категорий или выдвижением новых категорий на основе синтеза современных научных знаний, и, прежде всего, – естественно-научных.

Фундаментальные естественно-научные понятия служат связующим звеном между категориями философии, которые они конкретизируют и общими понятиями, используемыми физической, химической, биологической и другими науками. Такое положение естествознания между самой общей наукой – философией и частными науками позволяет ему возвести фундаментальные естественно-научные понятия в статус метапредметных. Метапредметные понятия обладают существенным познавательным потенциалом в силу того, что *сопрягают* онтологию и эпистемологию (объективное знание и познавательный прием), эмпирический и теоретический уровень знаний, содействуют проектированию экспериментальных схем и аргументации полученных результатов.

Одной из причин снижения интереса к диалектическому материализму, по-видимому, является несоответствие темпов

развития философских категорий с темпами развития общенаучных понятий и прежде всего естественно-научных, которые, в свою очередь, служат основным фундаментом для выдвижения новых философских категорий и углубления уже существующих. В этих условиях весьма актуальной является проблема формирования диалектического стиля мышления как интегративной формы знания и фундаментальной единицы, позволяющей определить стратегию сопряженного развития 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 [96]. Развивая это положение, Б.И. Пружинин отмечает, что «...стиль может претендовать на роль основного методологического фактора, ориентирующего познавательную деятельность ученого» [107, 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 [107].

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 настоящий период развития человеческой цивилизации такие требования детерминированы революцией в естествознании, которая переросла в глобальную научно-техническую революцию. В этих условиях возникла проблема изменения формы материалистической диалектики. Общие принципы диалектики должны быть приложены к современным научным знаниям, и прежде всего, к естественно-научным. На основе такой интеграции возник системный подход, который, конкретизируя принципы диалектики, приобрел статус современного научного стиля мышления.

Идеи диалектики как наивысшей формы абстрактного знания конкретизируются в общенаучных методах познаний. Важнейшим из них является системный (системно-синергетический) подход, который широко используется при изучении неживой и живой природы. В свою очередь сущность принципов диалектики и системного подхода раскрывается через философские категории, среди которых особо востребованной в настоящее время является категория взаимодействия. Это обусловлено

высокими темпами научно-технической революции, которая детерминирует поиск более эффективных методов познания бытия. В свою очередь методы познания являются отражением тех или иных сторон *взаимодействия* и развития явлений мира. Взаимодействие является результатом движения материи, поэтому оно также неисчерпаемо, как движущаяся материя. Отсюда следует, что проблема понимания механизмов взаимодействия конкретных объектов на разных уровнях организации материи всегда будет актуальной и насущной. Методологический анализ данной категории позволяет констатировать, что взаимодействие имеет как внешние, так и внутренние стороны, которые конкретизируются принципами второго порядка. Так, принцип суперпозиции (наложения) отражает внешние стороны взаимодействия, через которые высвечиваются некоторые черты причинных зависимостей. Поэтому ко всему содержанию взаимодействия он является лишь формой, поскольку дает приближенную картину взаимодействия. В предыдущих исследованиях нами показано, что одну из внутренних сторон взаимодействия выражает принцип сопряжения (взаимосвязи), который обеспечивает целостность любой материальной или идеальной системы и, следовательно, ее особое качество [103; 127].

Сопряжение необходимо рассматривать дополнение к системному подходу, как один из общих механизмов его реализации при изучении отдельных объектов и явлений. Системный подход как общенаучная методология определяет общую стратегию познания материальных систем. Однако не указывает конкретные механизмы (принципы), обеспечивающие объединение элементов в целостную систему, у которой на основе этого механизма возникнет особое качество. В процессе эволюции материи происходило усиление сопряженности между материальными

элементами, что обеспечило качественную особенность физической, химической, биологической форм движения материи и их взаимосвязь.

Сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия и естественнонаучный принцип организации материи конкретизирует не только системный, но и деятельностный подход. Данный принцип одновременно предписывает и нахождение элементов у зарождающейся системы и выявляет сопряженную (общую) область между структурными элементами и механизмом их взаимосвязи. Принцип сопряжения, обеспечивающий интеграцию природных объектов и явлений, следует перенести в образовательную область, где он позволит выявить сопряженные пункты взаимосвязи наиболее общих понятий, законов, теорий и в конечном итоге, на их основе, создать научную картину мира, адекватную уровню развития современной цивилизации. Таким образом, принцип сопряжения может выполнять методологическую функцию в области науки и дидактическую в области образования.

Методологическая функция сопряжения позволяет конкретизировать главную ступень основного закона диалектики – единства и борьбы противоположностей, которая в диалектическом материализме обозначена как «тождество». Выделение этой категории в качестве приоритетной не случайно. Конкретные противоречия разрешаются только в том случае, когда в противоположностях отыскиваются тождественные элементы, которые могут сопрягаться друг с другом и образовывать качественно новые системы. В образовательной области нахождение обучающимися тождественных элементов в определениях понятий позволит создать целостную понятийную систему. В процессе формирования такой понятийной системы на предметном, метапредметном и

философском уровнях у обучаемых будет формироваться диалектический стиль мышления. Формирование знаний такого рода будет ответом на социальный заказ, обозначенный в государственных стандартах, о приоритетности методологических основ обучения в школе и вузе.

Таким образом, развитие диалектического стиля мышления проявляется, прежде всего, в совершенствовании категориального аппарата философии, которое осуществляется по двум направлениям: либо в обосновании и выдвижении новых категорий, либо в углублении уже существующих категорий на основе современных обобщенных (прежде всего, естественнонаучных) научных знаний и фиксации их в определенном понятии.

В нашем исследовании имеет место углубление философской категории взаимодействия, одной из ее внутренних 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 естественно-научной 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.

1.9. МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ КАТЕГОРИИ СОПРЯЖЕНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ

Опираясь на ранее обоснованное положение о сущности сопряжения как внутренней стороны взаимодействия и фундаментального принципа организации и развития материи, автор настоящей работы предлагает 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 естественно-научной 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.

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...» [55, с. 240].

Анализ содержания авторефератов диссертационных исследований свидетельствует о постоянной востребованности методологического анализа подходов, которые авторы используют к исследованию состояния и преобразования педагогической реальности. О важности «выбора и конструирования методологических подходов с целью построения целостного методологического пространства (конструкта), в котором осуществляется познание и преобразование педагогической действительности», свидетельствует вышеприведенное высказывание А.А. Арламова [2, 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. Ред.) вещей. Мы не можем пойти дальше познания этого взаимодействия именно потому, что позади него нечего больше познавать» [155, 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» [61, 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» [61]. 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 ...» [157, с. 30–39].

Анализ современных естественнонаучных знаний, которые отражают результаты познания объективной реальности, позволил выявить, что среди основных философских понятий всё 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 естественно-научных знаний, отражающих сущность различных форм движения материи, была выдвинута идея о том, что одну из внутренних сторон взаимодействия может в полной мере отражать понятие «*сопряжение*», которое трактуется как взаимосвязь и достаточно часто используется в естествознании при изучении механизмов взаимодействия (внутренней стороны) физической, химической и биологической форм движения материи. При изучении биологических явлений, в основе которых лежат явления физические и химические, это понятие используется особенно часто, в силу того, что сопряжение имеет

место на каждом уровне организации живой системы, начиная электронным уровнем и заканчивая – биосферным. Вместе с тем анализ смыслового содержания понятия «сопряжение», применяемого в курсах физики, химии и биологии, позволяет констатировать, что во всех частных применениях (значениях) этого понятия оно не несет методологической нагрузки. И только после того как будут раскрыты генетические связи понятия «сопряжение» с философскими категориями (автор выявил такую связь с категорией взаимодействия) данное понятие будет выполнять функцию *естественно-научной категории*, обозначая общую закономерность для всех объектов природы, понимание которой продвигает научное (рациональное) знание вперед. Признание сопряжения как важнейшей внутренней стороны взаимодействия между структурными элементами материи, которое приводит к созданию качественно новой системы, позволяет, по мнению автора, перенести этот принцип в образовательную область и использовать его как методологическую основу (дидактический принцип) для выявления взаимосвязи между фундаментальными естественно-научными понятиями, которая будут способствовать формированию научной картины мира [130].

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

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

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

По мнению Н.С. Пурышевой, системно-деятельностный подход «не противоречит компетентностному, а, напротив, интегрирует его лучшие достижения как в педагогической науке, так и в практике обучения» [108, с. 11]. Компетентностный подход можно рассматривать, по-видимому, как методологию обособления и становления теоретической педагогики на основе компенсаторности и единства антропосоциального, системного и деятельностного подходов [2, с. 25]. Поэтому, не случайно, школьные и вузовские стандарты ориентированы не только на усвоение выпускниками методологий системного и деятельностного

подходов, которые направлены на усвоение *предметных, межпредметных* понятий, законов, теорий и *универсальных учебных действий*, но и 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» [139, 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» [2, с. 11].

При компетентностно-ориентированном обучении учащиеся и студенты всегда получают творческий продукт своей деятельности, при этом усваивают *способ, прием, метод, подход, стиль* эффективной работы. Именно в продукте, созданном ими, воплощается совместное творчество учителя и ученика [44].

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 – взаимобусловленного, *сопряженного*, гармоничного развития системы «природа – жизнь – общество» [149] (курсив наш. – С.П.).

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

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...» [155, с. 194].

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) [139]. 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» [92, с. 134]. Личностный подход является базовой ценностной ориентацией педагога, которая должна определять его стратегию во взаимодействии с каждым ребенком и коллективом в целом. Такой подход инициирует воспитанника в осознании себя личностью, в выявлении, раскрытии своих огромных потенциальных возможностей, становлении самосознания, в осуществлении личностно значимых и общественно приемлемых *самоопределения, самоорганизации, самореализации* и самоутверждения. Своеобразие личностных характеристик всех членов коллектива и их *сопряжение* во время учебно-воспитательного процесса позволяет учителю вывести в режим творчества не только каждого ученика, но и коллектив в целом.

Таким образом, проекция 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. Диалектический материализм как современная методология познания объективной реальности позволяет определить потенциальные возможности и границы применения как специальнаучных методологий, так и общенаучной методологии, их взаимосвязь и эволюцию, что имеет исключительное значение для процесса познания и преобразования окружающей нас действительности и самого человека. Эта методологическая система служит главным основанием для определения стратегии преемственности между курсами физики, химии и биологии, реализуемой посредством использования *фундаментальных (метапредметных) понятий, законов, теорий, общих для данных дисциплин*, с целью раскрытия сущности изучаемых ими объектов неживой и живой природы.

2. Роль философских знаний на современном этапе развития науки возрастает, что обусловлено, с одной стороны, ее *дифференциацией*, направленной на изучение глубинных явлений всех форм движения материи, а с другой – обширной *интеграцией* не только естественно-научных, но и гуманитарных знаний. Данная интеграция способствует выявлению общенаучных законов природы и общества.

Для нашего исследования актуальными были два положения: а) материалистическая диалектика как мировоззрение оказывает воздействие на ход научного знания *в виде метода и теории познания*; б) новые идеи и построения в современной науке возникают в результате ***теоретического синтеза***, выступающего *методом научно-теоретического мышления*.

3. В понимании иерархической организации научного знания очень четко проявляется общая диалектика взаимодействия цели и средства деятельности, а именно *знания более высокого уровня абстракции выполняют методологические (метапредметные) функции по отношению к более конкретному знанию*, т.е. то, что было целью в одной системе деятельности, становится средством в другой системе. Однако проблемы современной методологии не исчерпываются пониманием этого взаимодействия, так как методологическое (*метапредметное*) знание все более и более приобретает специальный статус, что требует его специального изучения.

4. Разработанная нами *«Атрибутивная модель понятия “материя”»* в должной мере отражает и интерпретирует сущность *диалектического материализма* как основного метода познания материального мира. Поэтому она может претендовать на роль *метамодели естествознания* и определять *общую стратегию изучения всех естественных дисциплин, их преемственность и интеграцию, способствовать развитию теоретического мышления и научного мировоззрения* не только у студентов, но и учителей и преподавателей вуза.

5. 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 автором настоящей работы 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.

6. Важную методологическую (*метапредметную*) функцию категория *сопряжения* выполняет в понимании сущности развития *рационального* познания на предметном, естественно-научном и философском уровнях. Для конкретизации этой идеи автором разработана модель (схема) «Онтогенез рационального познания как сопряженная система». В качестве такой методологической основы данной модели выбрана диалектическая пара понятий «*обобщение*» и «*развитие*». Данные понятия являются ключевыми в определении естественнонаучного мышления и определяют весь онтогенез рационального познания в процессе изучения естественных дисциплин в вузе. Диалектическая взаимосвязь между этими понятиями достаточно убедительно раскрыта через «сопряжение», которое ранее было обосновано и возведено в ранг естественно-научной категории.

7. В образовательной области «Естествознание» осуществление преемственности учебного познания происходит путем формирования системы обобщенных знаний учащихся на основе *внутрипредметных, межпредметных (метапредметных) и межцикловых связей*, что ведет к формированию целостного образа мироздания.

При изучении биологии в условиях нашего исследования категория «*сопряжение*» позволила обучающимся проследить *эволюцию природных форм*, изучаемых физикой, химией и биологией. В свою очередь понимание сущности преобразования одних форм в другие помогало им понять *механизмы формирования идеализированных форм в мышлении, так как закономерности развития природы и мышления едины*.

ГЛАВА 2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТАПРЕДМЕТНОГО ПОДХОДА ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ

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

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

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

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

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

Биологию как учебную дисциплину по-прежнему считают относительно несложной и не требующей опоры на курсы физики и химии.

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

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

Определяя содержание трех компонентов школьного биологического образования, авторы отмечают: «Второй компонент представляет в основной общеобразовательной школе, где изучается систематический курс биологии, который призван обеспечить овладение всеми учащимися необходимым *минимумом биологических знаний*» (Леднев В.С. и др., 1998). Данная формулировка является весьма неопределенной и не соответствует никаким критериям, используемым для определения

уровня научного знания (здесь уместно напомнить, что в школе закладываются элементы научного знания). Приведенные факты наглядно свидетельствуют о том, что реформы, проводимые в образовательной области «Биология», так и не решили ее фундаментальной проблемы – не поставили преподавание биологии на научные «рельсы».

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

По мнению Л.М. Фридмана, разрешение этого противоречия возможно, но «для этого в высшем образовании должны получить приоритет *методологические основы содержания обучения, овладение студентами основными познавательными средствами, методами и приемами изучаемых наук с тем, чтобы создать необходимую базу для непрерывного самообразования и самосовершенствования.* «И лишь на базе методологических основ в учебных предметах вуза должно изучаться *все остальное содержание обучения как конкретизация и реализация этих основ*» [146, с. 121].

Вполне очевидно, что овладение научными методологиями изучения тех или иных предметов следует начинать еще в школе. На этом особо акцентируют внимание авторы экспериментальных программ по биологии, усматривая в этом научный инструмент познания объективной реальности (Б.Д. Комиссаров и др., 1999). Следует отметить, что эта идея частично нашла свое

воплощение в Учебных стандартах школ России. Так, в разделе общая характеристика образовательной области «Биология» отмечается, что «Все закономерности, проявляющиеся на каждом структурно-функциональном уровне организации, опираются на эволюционную теорию как методологическую основу биологии».

Хорошо известно, что эволюционная теория практически сразу после создания была воспринята большинством ученых как новая концепция, новый принцип изучения органического мира, вызвавший полную перестройку теоретических основ биологии, а также способа мышления в этой науке. Совершенно естественно, что этот способ мышления был перенесен и в образовательную область, где он играет исключительно важную роль при изучении всех биологических объектов как научная методология.

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

В одних школьных учебниках по общей биологии рассматриваются естественные предпосылки возникновения учения Чарлза Дарвина. Среди них выделяют общественно-экономические условия, успехи в области естествознания, личные качества исследователя и др. (Ю.И. Полянский и др. 1987). Авторы учебника «Общая биология» под редакцией А.О. Рувинского (1993) вообще опускают вопрос о предпосылках возникновения эволюционной теории. Приведенные факты свидетельствуют, что одни авторы учебника «Общая биология» вообще не считают нужным

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

Об огромной возможности исторического подхода в исследованиях по биологии писал выдающийся физиолог К.А. Тимирязев (1939) в своей книге «Исторический метод в биологии». Именно исторический подход к явлениям индивидуального развития способствовал открытию биогенетического закона Ф. Мюллером и Э. Геккелем. Данный подход лег в основу классических сравнительно-эмбриологических исследований А.О. Ковалевского и И.И. Мечникова. Он ярко проявился в теории филэмбриогенеза А.Н. Северцева. Этот же подход был положен в основу трудов И.И. Шмальгаузена по сравнительной анатомии и эволюционной морфологии. Широко используют данный подход и современные ученые в разных областях как биологии, так и в целом естествознании.

Приведенные рассуждения позволяют констатировать, что своему становлению эволюционная теория как методология, во многом обязана более общей методологии – историческому подходу и является конкретизацией его принципов. Подобное заключение позволяет высказать мысль о том, что в школьных

стандартах в разделе 1.1. Общая характеристика образовательной области «Биология» составителям следовало бы указать, что эволюционное учение как методология логически вытекает из исторического метода. То есть, в данном случае, мы сталкиваемся с проявлением *второго важнейшего принципа, лежащего в организации и развитии материи вообще – принципа иерархии*. Этот очень важный научный принцип необходимо использовать не только при исследовании уровней структурной или функциональной организации материальных объектов, но и для понимания сущности и логических связей всеобщих, общих и частных методов и приемов, используемых для изучения этих объектов в совокупности называемых методологией.

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

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

Из приведенных выше рассуждений логически вытекает необходимость существования более общей методологии, которая включает в себя и исторический подход. Такой всеобщей

методологией современного научного познания, как известно, является диалектический материализм, который зародился и развивается в рамках философии. Взаимосвязь между историческим подходом и диалектическим методом очень точно подметил С.Р. Микулянский (1972): «Отражение в историко-научном исследовании процесса познания природы невозможно фактически (что бы ни говорил и не думал о себе историк науки) никогда не осуществляется без определенного философского подхода». Успехи отечественной историографии во многом обусловлены тем, что она опирается на диалектико-материалистическую методологию. В свою очередь философский анализ проблем теории истории познания опирается на выявленные и обобщенные историографией науки – реальные, конкретные формы, в которых происходило развитие знаний в различных областях науки. Подчеркивая взаимосвязь этих методологий, В.И. Ленин включил историю отдельных наук в число тех областей знания, из которых должны складываться теория познания и диалектика.

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

В процессе исторического развития человеческого знания менялись не только философия и различные специальные науки, но и само взаимоотношение между философией и этими науками. В настоящее время, по мнению П.В. Копнина (1973), «... сама философия уже не может служить поставщиком готовых естественно-научных идей. Последние рождаются в тяжелых муках самими науками. Новые идеи и построения в науке возникают в результате теоретического синтеза, который в качестве своего момента содержит категории философского мировоззрения, выступающего методом научно-теоретического мышления».

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

Системный подход основан на принципе системности: целостность, структурность, иерархичность взаимосвязь внутренних структур целого и его связь со средой. Рассмотрение предметов и явлений с позиций разных структурных уровней организации – важнейшее естественнонаучное обобщение XX века. Согласно теории структурных уровней организации живой природы, материя в процессе эволюции последовательно проходит все более высокие порядки (уровни) сложности и интеграции систем. При этом каждый уровень отличается целостностью, своеобразием свойств и явлений, особой структурой этой целостности. Системный подход – это методология научного познания, в которой системное видение предметов составляет основу «познавательной технологии».

Использование системного подхода в биологии позволяет изучать живые объекты различных уровней сложности как биологические системы, для которых присущи все основные явления живой материи и иерархичность строения. При изучении биологических систем различного уровня сложности данный подход предполагает абстрагирование от несущественных (в том или ином отношении) связей и признаков, построение теоретически идеализированных объектов. Это позволяет поставить в центр

внимания изучение общебиологических законов и специфических закономерностей. Такой подход предусматривает также изучение всех взаимодействий и связей между подсистемами и частями. Таким образом, взятие на вооружение системного подхода позволяет изучать сложные биологические объекты на теоретическом уровне, что, в конечном итоге, поможет сформировать у школьников научно-теоретическое мышление.

Усвоение системного подхода как научной методологии позволяет:

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

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

а она в свою очередь – биологическую форму движения материи (БФДМ). В то время как ныне существующие образовательные системы (концепции), в области биологии, в той или иной мере являются искусственными.

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

Использование методологии системного подхода в определенной мере имело место и при разработке образовательной области «Биология» в ныне действующих учебных стандартах школ России (1998) и, в частности, ее содержательных линий. В структуре образовательной области «Биология» авторы выделяют три содержательных линии, и в двух из них присутствует термин «система»: «организм – биологическая система», «надорганизменные системы». Третья содержательная линия называется «многообразие и эволюция органического мира». Попутно можно отметить, что в предыдущем временном проекте

государственного образовательного стандарта (1993) она называлась «система и эволюция органического мира». Возможно, что название третьей содержательной линии следовало сохранить, и это давало бы основание констатировать, что в качестве общей методологии при разработке всех трех содержательных линий образовательной области «Биология» был взят единый системный подход. Можно согласиться и с тем вариантом названия третьей содержательной линии, который имеет место в действующих учебных стандартах. Однако в этом случае в разделе общая характеристика образовательной области «Биология» следовало указать, что в качестве универсальной методологии изучения курса биологии является системный подход, а эволюционная теория является конкретизацией его принципов при изучении БФДМ.

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

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

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

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

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

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

Краткий анализ научных методологий, используемых при изучении материальных систем, в том числе и биологических,

позволяет говорить о их взаимосвязи и иерархичности. Применение этих методологий для изучения объектов неживой и живой природы станет эффективным, если будет соответствие между уровнем организации изучаемой системы и уровнем обобщенности (научным потенциалом) используемого метода.

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

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

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

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

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

2.2. СОПРЯЖЕНИЕ КАК УНИВЕРСАЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМНО-ДЕЯТЕЛЬНОСТНОГО ПОДХОДА

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

Усвоение сущности категорий диалектики, их взаимосвязей, а, следовательно, и сущности общих законов природы создает методологический фундамент для формирования теоретического естественно-научного мышления. Это возможно потому, что общими законами мышления, согласно Ф. Энгельса, являются общие законы природы: «... законы мышления и законы природы необходимо согласуются между собой, если только они надлежащим образом познаны» [155, с. 193]. Анализируя этот тезис П.В. Копнин, отмечает: «мысль движется по законам предмета, иначе на основе человеческих идей нельзя было бы создать в практике вещей, объектов. После того, как законы и формы развития познаны, они превращаются в сознательно используемые принципы и приемы теоретического мышления, а потому диалектика как теория развития явлений объективного мира становится *логикой*, наукой о постигающем этот мир мышлении, его законах и формах» [58, с. 45] (курсив наш.– С.П.). Материалистическая диалектика, таким образом, является логикой не потому, что она изучает мышление, а потому, что, вскрывая

законы движения материи, она становится и методом (логикой) движения мышления при выявлении объективной природы предмета. Именно это имел в виду Гегель, когда писал: «Логика есть учение не о внешних формах мышления, а о законах развития „всех материальных, природных и духовных вещей”» [32, с. 206].

Развитие диалектической логики означает дальнейшую разработку категорий материалистической диалектики, обогащение их содержания, *выдвижение новых понятий, выступающих в роли категорий диалектики*, установление связи между ними, построение системы, позволяющей в наиболее полном виде выражать их содержание и двигать научное знание вперед. Законы и категории материалистической диалектики служат основой *синтеза знания*, направляют мышление на поиск решения новых проблем в науке. В свою очередь диалектический метод мышления возникает на базе *обобщения результатов познания предмета*, его закономерностей, знание которых используется как орудие его дальнейшего познания. Эти обобщенные результаты фиксируются в категориях и законах материалистической диалектики, которые являются универсальными формами познания бытия. Одним из таких результатов обобщения науки полученных нами является естественно-научная категория сопряжения [11; 103].

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

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

Принцип как *категория педагогического знания* есть научное положение, которое, с одной стороны, *отражает познанную и обоснованную закономерность*, а с другой – *предписывает*, как правильно строить процесс обучения и воспитания в соответствии с познанной закономерностью [92, с. 217]. Первое положение данного определения, касающееся сопряжения как научного принципа, отражающего *организацию, функционирование и эволюцию различных форм движения материи*, как уже было отмечено выше, нами уже обосновано. Остается решить вторую важнейшую задачу, то есть показать, как, руководствуясь данной закономерностью, необходимо выстроить весь процесс обучения и воспитания при изучении студентами биологических дисциплин в вузе. И тем самым доказать, что категория сопряжения может выполнять функцию современного и эффективного *дидактического принципа* обучения и воспитания. Кроме того, теоретические выкладки должны быть проверены на практике.

Методологическую основу *сопряжения* как современного дидактического принципа обучения составляет положение материалистической диалектики о всеобщей связи всех процессов и явлений в природе и обществе, о материальном единстве мира. Это положение воплощается в диалектическом методе познания, требующем рассматривать все процессы и явления в их *развитии, во взаимосвязи, в единстве и борьбе противоположностей*. Диалектический метод конкретизируется в системном (системно-синергетическом) подходе, предполагающем изучение

объектов как *систем*, имеющих свою структуру, иерархию, связь элементов и свои особенные свойства и функции. Применение диалектического метода и системного подхода к изучению живой природы позволили Ч. Дарвину создать эволюционное учение, которое является метатеорией всей биологической науки и методологией ее развития. Таким образом, иерархия методов познания отображает *системный принцип организации материи*, поэтому при изучении природного объекта определенного уровня организации необходимо подобрать и соответствующий метод познания.

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

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

основное внимание уделяется *закономерностям развития организации* [11]. По мнению И.В. Прангишвили и В.И. Садовского, организация является важнейшим признаком развивающихся систем [106; 114].

Общие принципы организации и эволюции материи имеют исключительное значение в понимании сущности организации живых систем. Одним из них является *принцип сопряжения*. Сопряжение как *внутренняя сторона взаимодействия* сыграло и играет важнейшую роль в эволюции материи, в том числе и в возникновении и эволюции биологической формы движения материи, которая возникла на основе физической и химической форм движения. Доказательством этого положения является высказывание видных ученых, которые подчеркивают, что «в процессе химической эволюции при наличии всех необходимых для нее условий происходит *усиление роли сопряженности*. *Последовательные сопряженные процессы выступают как существенная сторона организации динамических неравновесных систем*» [142, с. 165] (курсив наш.— С.П.). Остается только добавить, что к таким динамическим неравновесным системам относятся все живые системы разных уровней организации: начиная с клетки и заканчивая биосферой. Таким образом, повышение уровня организации систем в процессе эволюции материи обусловлено *увеличением сопряженности между ее элементами*.

В отличие от *системного подхода*, который декларирует необходимость изучения *связи* между элементами любой системы, *принцип сопряжения* предписывает выявление *механизма взаимосвязи* между компонентами изучаемых систем, то есть выявление той *области сопряжения* между элементами системы, которая является *общей* для них и обеспечивает *целостность* этой системы, а, следовательно, и ее *качественную*

особенность. Сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия является одним из механизмов, с помощью которого происходит *взаимосвязь* между элементами системы и с помощью которого можно управлять данной системой.

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

Если принцип *сопряжения* обеспечивает *непрерывность* природных объектов и явлений, то в образовательной области он должен обеспечить непрерывность (*сопряжение*) всех понятий, приведение их в единую систему, которую, по-видимому, можно обозначить как *сопряженное понятийное поле*. Отдельные понятия отражают не только сущность объектов и явлений, но и их взаимодействие (*сопряжение*) с другими объектами. «Каждое понятие находится в известном отношении, в известной связи со всеми со всеми остальными» [69, с. 179]. Отсюда следует, что принцип *сопряжения* как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – *методологическом* и *общедидактическом*.

Методологический аспект сопряжения высвечивается, во-первых, в том, что оно является одной из внутренних сторон важнейшего атрибута материи – *взаимодействия*, а, во-вторых, отражает сущность организации, функционирования и эволюции любой природной и социальной системы. Методологическая

функция данного принципа просматривается и через призму основного закона развития природы – *единства и борьбы противоположностей*, который является не только законом развития объективного мира, но и законом познания. Этот закон служит ядром диалектики и объясняет *внутренний источник всякого развития*. «Диалектическое мышление не рассекает целое, абстрактно разделяя крайности, а, напротив, осваивает целое как органическое, как систему, в которой противоположности взаимодействуют (*сопряжены* прим. автора), обуславливая весь процесс ее развития» [143, с. 141].

По выражению В.И. Ленина: «...Диалектика есть изучение противоречия в самой *сущности предметов...*» [69, с. 227]. Основными ступенями противоречия являются *тождество, различие, противоположность*. Категория тождества обозначена как приоритетная не случайно. Противоречие разрешается только в том случае, когда в противоположностях находятся тождественные (одинаковые) предметы и явления, которые, взаимодействуя между собой, образуют *сопряженные* (общие) области. Эти области сопряжения обеспечивает взаимосвязь между противоположностями и на этой основе возникает система с новым качеством.

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

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

По мнению Н.С. Пурышевой, общая стратегия реализации школьных и вузовских стандартов предусматривает последовательную методологизацию изучаемых предметов, т.е. «превращение *общекультурных (метапредметных) универсальных знаний и умений*, связанных с освоением общекультурных способов организации и осуществления своей учебной и иной деятельности, в центральное и ведущее звено всего образовательного процесса» [108, с. 11]. К таким универсальным (метапредметным) знаниям в полной мере можно отнести естественно-научную категорию сопряжения, которая, являясь одной из важнейших внутренних сторон взаимодействия, подчёркивает философскую фундаментальность предмета, превосходящую научно-экспериментальный уровень его освоения.

Как уже было отмечено выше, категория «сопряжение» не только отражает один из механизмов организации и эволюции материи, но и является тем методологическим (дидактическим) принципом, который после усвоения его содержания становится

эффективным средством познавательной деятельности учащихся, студентов и преподавателей при изучении конкретных объектов неживой и живой природы. Такой вывод согласуется с мнением А.В. Хуторского, который подчеркивает, что наиболее общие фундаментальные понятия и категории также являются фундаментальными образовательными объектами, поскольку, благодаря глубинному смыслу, принадлежат как реальному, так и идеальному миру [147].

Сопряжение как принцип обучения способствует реализации других педагогических принципов и прежде всего принципа межпредметных связей. Взаимосвязь этих принципов можно рассматривать как диалектическую пару, в которой один принцип (межпредметных связей) является *формой*, второй же принцип (сопряжения) является *содержанием*. Доказательством этого служит как этимология данных терминов, так и существующие разночтения авторов о дидактическом статусе межпредметных связей. Одни авторы рассматривают межпредметные связи как дидактическое *условие* дальнейшего повышения качества знаний учащихся [133, с. 9], другие – как современный принцип обучения [74, с. 29]. По мнению В.Н. Максимовой, межпредметные связи как принцип обучения *способствует* реализации всех функций обучения: образовательной, развивающей и воспитывающей [74, с. 32] (курсив наш. – С.П.). Из этого тезиса следует, что сам принцип является формальным (он лишь *способствует*), а не содержательным, который бы указывал на механизм организации и функционирования системы. Формальность принципа межпредметных связей подтверждается и многолетней педагогической практикой, которая свидетельствует, что интерес педагогической науки и практики к принципу межпредметных связей значительно снизился.

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

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

Перенос принципа сопряжения из науки в образовательную область биологии особенно актуален. Это обусловлено спецификой биологической формы движения материи, которая в скрытом виде содержит физическую и химическую формы движения. Отсюда вытекают два принципиальных положения, служащими методологической основой изучения курса биологии.

Первое положение определяет стратегию изучения биологической формы движения материи, принципы организации и развития (эволюции) которой отражены в законах и категориях материалистической диалектики. Второе положение направлено на решение тактических задач, связанных с изучением конкретных явлений и процессов жизнедеятельности организмов, в основе которых лежат физико-химические явления. Отсюда следует, что понимание сущности живого возможно лишь на основе взаимосвязи (сопряжения) философских, естественнонаучных и биологических понятий, законов и теорий.

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

2.3. СОПРЯЖЕНИЕ КАК ОДИН ИЗ ПРИНЦИПОВ ИНТЕГРАЦИИ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

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

Эта стратегия развития науки в современных условиях находит отражение и в сфере образования, однако зачастую здесь предпринимаются попытки использовать для разработки образовательных концепций лишь отдельные принципы интеграции, что приводит к искажению сущности самой теоретической идеи и негативным последствиям в практическом обучении учащихся и студентов. В частности это выражается в резком сокращении часов для изучения фундаментальных дисциплин и тенденции к сворачиванию дифференцированного обучения в будущем.

Механизм интеграции наук и научных знаний обусловлен диалектико-материалистическим соотношением форм движения материи, совпадением логического и исторического. Что касается уровней интеграции, то можно выделить несколько форм ее проявления, которые тесно связаны между собой. Прежде

всего следует выделить основные блоки системы научных знаний, внутри которых происходит интеграция понятий, законов и теорий. Таковыми являются *предметные, метапредметные и философские знания*.

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

Эволюция трактуется как необратимый процесс исторического изменения живого. Из этого следует, что понятие «жизнь» является ключевым в этом определении, интегрирующим фундаментальные знания о сущности биологической формы движения материи. Конкретизируя это положение, нами разработана идеализированная модель живой системы под названием «Эмблема жизни», которую можно считать достаточно цельным символом жизни, так как в ней нашли отображение фундаментальные основы живой материи, связанные с превращением вещества, энергии, информации и формы; важнейший принцип самоорганизации – *принцип сопряжения*, одним из механизмов которого является механизм обратной связи, лежащий в основе зарождения, сохранения и эволюции живых систем, начиная с клетки и заканчивая биосферой (изменение формы); взаимосвязь с окружающей средой; природоохранные мероприятия (рис. 3).

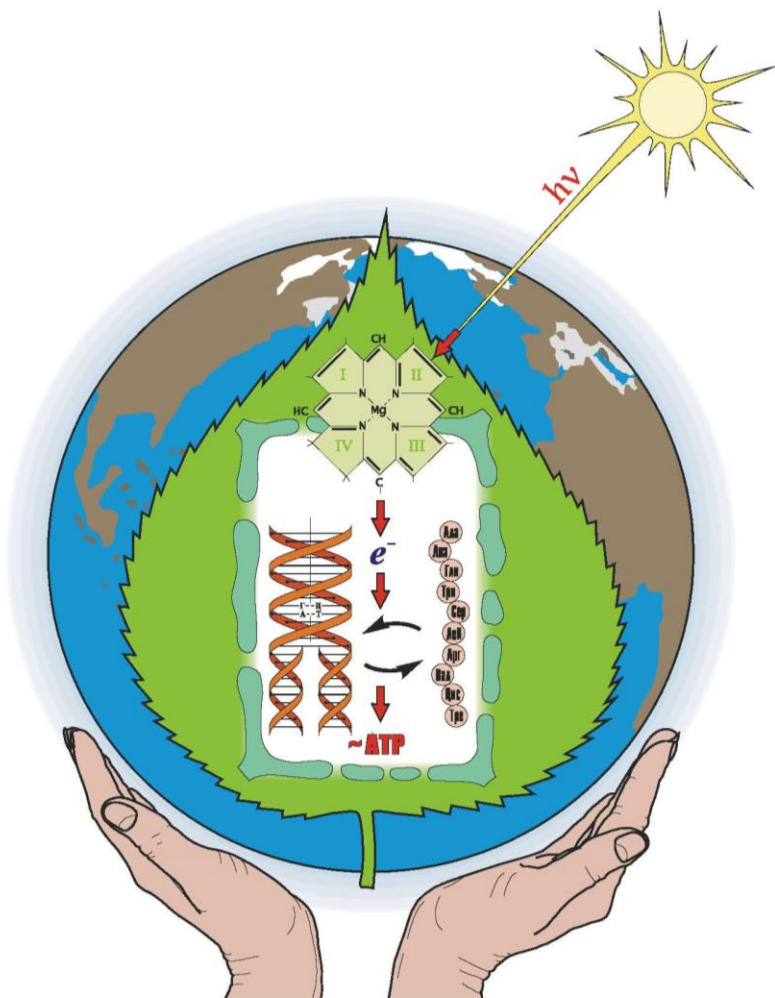


Рис. 3. Эмблема жизни (идеализированная теоретическая модель живых систем)

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

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

Тенденция к усилению взаимодействия естественных наук является отражением *естественного механизма усиления интеграции* между структурными элементами материи в процессе ее эволюции. Эта естественная закономерность нашла свое отражение в сфере науки, где предопределила интеграцию научных знаний *на метапредметном уровне*. Такой метапредметной наукой о неживой и живой природе служит естествознание, которое интегрирует самые фундаментальные знания частных наук и отражает их в наиболее общих понятиях, законах и теориях, которые используют в качестве общей методологии частные науки

в соответствующих областях исследования. К таким фундаментальным естественнонаучным знаниям относятся, прежде всего, такие понятия, как «вещество», «поле», «энергия», «информация» и др.; законы термодинамики, оптики, всемирного тяготения, сохранения и превращения энергии, сохранения массы и др.; электронная теория строения атома, квантовая теория света, теория относительности, атомно-молекулярная теория строения вещества и др.

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

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

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

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

Категория «взаимодействие» является существенным методологическим *принципом познания* природных и общественных явлений. Любой объект может быть понят и определен лишь в системе отношений и взаимодействий с другими окружающими явлениями, их частями, сторонами и свойствами. Познание вещей означает познание их взаимодействия и само является результатом взаимодействия между субъектом и объектом. «Исследование особенностей этого взаимодействия, *природы взаимодействующих систем*, и субъекта прежде всего, является ключом к пониманию *сущности мышления*» [58, с. 160] (курсив наш. – С.П.).

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

Целостное и систематизированное представление об изучаемой действительности целесообразно выразить в форме идеализированной схемы (модели), которая отразит ее фундаментальные объективные законы и сделает их сущность наглядной.

В качестве такой схемы предлагается «Атрибутивная модель понятия «материя», которая интегрирует в себе базовые категории философии и естествознания (рис. 2). Данную модель можно рассматривать как средство реализации интегративных тенденций науки в сфере образования. Данная модель может определять стратегию изучения не только частных, но и интегративных курсов, положительно влиять на качество усвоения учащимися и студентами фундаментальных естественнонаучных понятий, законов, теорий и служить методологической основой построения и развития современной общенаучной (естественнонаучной) картины мира в целом.

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

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

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

В современный период развития науки особенно усиливается и становится более зримой *фундаментальная роль философских категорий* и принципов, содержание которых *обогащается*

и в значительной мере обновляется благодаря их переплетению с конкретно-научными началами. Среди основных философских понятий всё возрастающее значение в настоящее время приобретает категория «взаимодействие». Особое значение имеют исследования внутренних сторон взаимодействия, которые отражают взаимные превращения и переходы, взаимную обусловленность и взаимную связь объектов и явлений. Понимание этих механизмов позволяет решать важнейшие проблемы человечества.

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

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

Взаимосвязь, обозначенных выше фундаментальных блоков интеграции научных знаний целесообразно выразить обобщенно-образной моделью, отражающую взаимосвязи и иерархию основных понятий, законов, теорий на предметном, метапредметном и философском уровне. При этом в модели важно обозначить общую методологию (через категории), которая является принципом формирования и развития понятий, законов и теорий на всех отмеченных уровнях познания. В качестве такой методологической основы в разработанной нами модели является сопряженная диалектическая пара понятий «обобщение – развитие», которая определяет весь онтогенез рационального познания в процессе изучения естественных дисциплин в вузе (рис. 1). Категория «сопряжение», отражающая взаимосвязь объектов и явлений в природе, в данном случае проявляется в том, что мыслительная деятельность, связанная с обобщением, выводит мышление на качественно новую ступень его развития. Более развитое теоретическое (рациональное) мышление, в свою очередь, позволяет делать обобщения на более высоком уровне познания материи. Таким образом, категории «обобщение» и

«развитие» тесно сопряжены и как бы переходят друг в друга, позволяя рациональному познанию постигать все более и более глубокую сущность бытия. Данная модель, после ее осмысления, может являться стратегией развития рационального познания каждого студента и одновременно критерием уровня сформированности мышления на конкретном этапе обучения. Подтверждением правильности выбранной нами стратегии конструирования модели онтогенеза рационального познания является название теорий, разработанных В.В. Давыдовым: «Теория развивающего обучения» и «Теория содержательного обобщения». В этих теориях ключевыми понятиями являются «развитие» и «обобщение». Данные теории и те идеи, которые являются их основой, тесно сопряжены между собой, а реализация их на практике позволяет воспроизвести в учебной деятельности детей даже начальной школы логику научного познания, которая детерминирует формирование теоретического мышления как высшей формы научных знаний.

Если принцип *сопряжения* обеспечивает *непрерывность* природных объектов и явлений, то в образовательной области он должен обеспечить непрерывность (*сопряжение*) всех понятий, приведение их в единую систему, которую, по-видимому, можно обозначить как *сопряженное понятийное поле*. Отдельные понятия отражают не только сущность объектов и явлений, но и их взаимодействие (сопряжение) с другими объектами. «Каждое понятие находится в известном отношении, в известной связи со всеми со всеми остальными» [69, с. 179]. Отсюда следует, что принцип *сопряжения* как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – *методологическом и общедидактическом*.

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

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

Содержательное реформирование и модернизация школьного и вузовского образования возможны только на основе фундаментальных идей, которые 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...» [74, с. 240].

Анализ содержания авторефератов диссертационных исследований свидетельствует о постоянной востребованности методологического анализа подходов, которые авторы используют к исследованию состояния и преобразования педагогической реальности. О важности «выбора и конструирования методологических подходов с целью построения целостного методологического пространства (конструкта), в котором осуществляется познание и преобразование педагогической действительности», свидетельствует вышеприведенное высказывание А.А. Арламова [33, с. 24].

Философские и фундаментальные естественно-научные идеи кристаллизуются в процессе как минимум двух типов *взаимодействий*: 1) при *взаимодействии* субъекта познания и объектов действительности и 2) при *взаимодействии* субъекта познания с другими исследователями. Взаимодействие как атрибут материи и категория познания содержит в себе огромный методологический потенциал, который раскрыл Ф. Энгельс. Он отмечал, что сущность объектов и явлений познается при взаимодействии: «... взаимодействие является истиной *causafinalis* (конечной причиной. – Ред.) вещей. Мы не можем пойти дальше познания этого взаимодействия именно потому, что позади его нечего

больше познавать» [9, 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» [92, 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» [92]. 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...» [156, с. 30–39].

Анализ современных естественно-научных знаний, которые отражают результаты познания объективной реальности, позволил выявить, что среди основных философских понятий всевозрастающее 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 естественно-научных знаний, отражающих сущность различных форм движения материи, была выдвинута идея о том, что одну из внутренних сторон взаимодействия может в полной мере отражать понятие «*сопряжение*», которое трактуется как взаимосвязь и достаточно часто используется в естествознании при изучении механизмов взаимодействия (внутренней стороны) физической, химической и биологической форм движения материи. При изучении биологических явлений, в основе которых лежат явления физические и химические, это

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

Отражая сущность одной из внутренних сторон взаимодействия, категория сопряжения расширяет границы нашего осмысления сущности принципов структурной организации материи в целом, благодаря чему открываются новые перспективы, новые подходы к решению важнейших проблем науки и их роли в понимании структуры *рационального познания*. Как логическая форма мышления *сопряжение выражает содержание других форм рационального познания*, и в частности такой

формы нормативного знания, как *стиль научного мышления*, который востребован в настоящее время как в области науки, так и в области образования. Сопряжение как принцип внутреннего взаимодействия между структурными элементами материи, который приводит к созданию качественно новой системы, спроецирован нами в образовательную область и использован как методологическая основа для конкретизации таких важнейших общенаучных методов познания, как системный и деятельностный подходы, положенные в основу разработки современных школьных и вузовских стандартов.

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

По мнению Н.С. Пурышевой, системно-деятельностный подход «не противоречит компетентностному, а, напротив, интегрирует его лучшие достижения как в педагогической науке, так и в практике обучения» [133, с. 11]. Компетентностный подход можно рассматривать, по-видимому, как методологию обособления и становления теоретической педагогики на основе компенсаторности и единства антропосоциального, системного и деятельностного подходов [33, с. 25]. Поэтому не случайно школьные и вузовские стандарты ориентированы не только

на усвоение выпускниками методологий системного и деятельностного подходов, которые направлены на усвоение *предметных, межпредметных* понятий, законов, теорий и *универсальных учебных действий*, но и на становление *личностных* характеристик выпускника. Такое сопряжение методологий, отражающих развитие природы и социума, позволит сформировать основы саморазвития и самовоспитания в соответствии с общечеловеческими ценностями и идеалами гражданского общества; готовность и способность к самостоятельной, творческой и ответственной деятельности. Итогом такого обучения и воспитания выпускников школ и вузов в конечном итоге должно явиться мировоззрение, соответствующее «современному уровню развития науки и общественной практики, основанного на диалоге культур, а также различных форм общественного сознания, осознание своего места в поликультурном мире» [155, 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» [58, с. 11].

При компетентностно-ориентированном обучении учащиеся и студенты всегда получают творческий продукт своей деятельности, при этом усваивают *способ, прием, метод, подход, стиль* эффективной работы. Именно в продукте, созданном ими, воплощается совместное творчество учителя и ученика [69].

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 – взаимобусловленного, *сопряженного*, гармоничного развития системы «природа – жизнь – общество» [156] (курсив наш. – С.П.).

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

Профессиональная компетентность учителя как интегральная характеристика личности формируется в образовательном

процессе как *сопряжение ключевых базовых и специальных компетенций*. Данная стратегия во многом согласуется с основными принципами «Учения о понятии» Ф. Гегеля, которое Ф. Энгельс приводит в своем знаменитом труде «Диалектика природы»: «*Единичность, особенность и всеобщность* – вот те три определения, в которых движется все "Учение о понятии". При этом восхождение от единичного к особенному и от особенного к всеобщему совершается не одним, а многими способами...» [155, с. 194] (курсив наш.– С.П.).

Принципы данного учения позволяют выявить в *общих чертах* сущность отдельных компетенций, их методологический потенциал, взаимосвязь и общую стратегию их формирования. Так, *ключевые компетенции* можно определить как **всеобщую** стратегию и способности учителя для приложения их ко всем областям его профессиональной деятельности. *Базовые компетенции* следует трактовать как **особенные** (специфические), методологический потенциал которых приложим к педагогической деятельности. *Специальные компетенции* отражают **единичную** специфику конкретной предметной сферы профессиональной деятельности, в которой реализуются ключевые и базовые компетенции в области того или иного учебного предмета. Приоритетность выбора той или иной компетенции будет зависеть от уровня сложности (общности) анализируемой проблемы. Методологический потенциал компетенции должен соответствовать уровню сложности (общности) решаемой проблемы. При этом менее интегральные компетенции также могут быть востребованы для выявления конкретных механизмов и путей решения отдельных задач. Таким образом, ключевые, базовые и специальные компетенции могут эффективно использоваться лишь

как *сопряженная система*, позволяющая решать учителю профессиональные задачи разного уровня сложности и в разных условиях педагогической среды.

Принципы, лежащие в основе «Учения о понятии», позволяют глубже раскрыть не только сущность личностных характеристик учителя с позиции его профессиональной компетентности, но и личностные характеристики ученика, которые представляют собой диалектическое единство *общего* (социально-типического), *особенного* (классового, национального и т.д.) и *отдельного* (индивидуального) [155]. В современных условиях личность выступает как целостность, которая задана определенной социальной системой, стратегия которой отражена в Федеральном государственном образовательном стандарте второго поколения основного общего образования. Стандарт ориентирован на становление личностных характеристик выпускника, основой которых являются предметные, метапредметные знания и универсальные учебные действия.

Категория сопряжения раскрывает более полно не только сущность компетентностного подхода, но и такого ключевого принципа педагогики, лежащего в основе учебно-воспитательной работы, как «педагогическое взаимодействие». Педагогическое взаимодействие является сложным процессом, включающим дидактические, воспитательные и социально-педагогические взаимодействия, сущность которых обусловлена конкретными целями и задачами реализуемых Государственных образовательных стандартов. Современный образовательный стандарт, в основе которого лежит методология компетентностного подхода, предусматривает такое педагогическое взаимодействие, которое основано на равенстве отношений между воспитателем и воспитанником, при этом педагоги и родители выступают в

роли наставников. Реализация принципов компетентностного подхода при педагогическом взаимодействии между воспитателем и воспитанником в ходе учебно-воспитательной работы способствует не только становлению личности ученика, но и творческому росту педагога.

В основу педагогического взаимодействия должен быть положен также и *личностный подход* – «последовательное отношение педагога к воспитаннику как к личности, как к самостоятельному ответственному субъекту собственного развития и как к субъекту воспитательного взаимодействия» [103, с. 134]. Личностный подход является базовой ценностной ориентацией педагога, которая должна определять его стратегию во взаимодействии с каждым ребенком и коллективом в целом. Такой подход инициирует воспитанника в осознании себя личностью, в выявлении, раскрытии своих огромных потенциальных возможностей, становлении самосознания, в осуществлении личностно значимых и общественно приемлемых *самоопределения, самоорганизации, самореализации* и самоутверждения. Своеобразие личностных характеристик всех членов коллектива и их сопряжение во время учебно-воспитательного процесса позволяет учителю вывести в режим творчества не только каждого ученика, но и коллектив в целом.

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

2.5. СОПРЯЖЕНИЕ МЕТОДОЛОГИЙ КАК ОБЩАЯ СТРАТЕГИЯ ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

На основе принципа системности и категории «сопряжение» разработана модель, логически синтезирующая философские, естественно-научные и общебиологические подходы. Данная модель может исполнять роль матрицы и способна определить общую стратегию изучения всех биологических систем – от клетки до биосферы. При этом и сама модель выполняет методологическую функцию, отражая в определенной степени целостность организации, функционирования биологической формы движения материи и ее эволюцию. Ключевые слова: методология, диалектика, система, эволюция, «часть – целое», взаимодействие, сопряжение, моделирование, обучение.

Одной из главных целей биологического образования, как и любого другого, является способность выпускников школ и вузов к самообразованию и непрерывному самообучению. Это возможно лишь в том случае, если приоритет получают методологические основы содержания обучения. «И лишь на базе методологических основ в учебных предметах... – по мнению Л.М. Фридмана, – должно изучаться все остальное содержание обучения как конкретизация и реализация этих основ» [146, с. 121]. Вполне очевидно, что знакомство с научными методологиями при изучении тех или иных предметов следует начинать еще в школе.

В процессе исторического развития человеческого знания менялись не только философия и различные специальные науки, но и само взаимоотношение между философией и этими науками. Философски выраженное мировоззрение должно быть

конкретизировано естественно-научной картиной мира, интегрирующей в единое целое наиболее принципиальные и характерные достижения наук о природе. Результатом такого творческого взаимодействия между философией и естествознанием явилось рождение системного подхода (системно-синергетического), который, конкретизируя принципы диалектического материализма, становится наиболее универсальной методологией современных научных исследований и формой мировоззрения не только ученых, но и учащихся.

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

Системный подход – это методология научного познания, в которой системное видение предметов составляет основу «познавательной технологии». Задача системного подхода как методологического направления в науке состоит в разработке методов исследования и конструирования сложноорганизованных объектов – систем разных типов и классов. Наиболее широкое применение методы системного подхода находят при исследовании сложных развивающихся объектов, многоуровневых, иерархических, как правило, самоорганизующихся биологических, психологических, социальных, а также больших технических систем и т.д.

Теоретической базой для разработки системного подхода является диалектико-материалистический принцип системности, глубокий анализ которого дали К. Маркс и В.И. Ленин. Э.Г. Юдин считает, что системный подход должен применяться для рассмотрения явлений, исходя из их целостности, взаимосвязи, взаимодействия составных компонентов. При этом суть его состоит в умении не просто описать множество структур, а выделить единственный конечный вариант, необходимый для реализации заданной цели [156]. По мнению В.Г. Афанасьева, сущность системного подхода состоит в том, что исследуемое явление не вырывается из комплекса других, с ним связанных, а рассматривается как некоторая часть целостности, зависящая от других ее компонентов и, в свою очередь, воздействующая на них. При этом главной отличительной чертой системного подхода является целостность восприятия исследуемого объекта.

Объектом же системного подхода может стать явление, которое не сводимо к сумме составляющих элементов, а представляет собой расчлененную в интересах глубокого познания целостность [5]. Из принципов системного подхода при разработке представлений о структуре деятельности исходит и А.Н. Леонтьев, который специально подчеркивает, что структурные компоненты деятельности – «единицы» деятельности – не имеют своего отдельного существования, но в совокупности представляют целостную систему [71].

Вторым постулатом системного подхода, лежащим в основе организации и развития материи вообще, является принцип иерархичности. Этот очень важный научный принцип необходимо использовать не только при исследовании уровней структурной и функциональной организации материальных объектов,

но и для понимания сущности и логических связей всеобщих, общих и частных методов и приемов, используемых для изучения этих объектов, в совокупности называемых методологией. В настоящее время общеизвестным является положение о том, что изучать определенный уровень организации того или иного материального объекта вне связи с другими уровнями его организации, а также с условиями внешней среды неперспективно. Точно так же бесперспективна попытка научить какой-то одной методологии без связи с более общими и более частными методами и приемами познания действительности. Какую бы отрасль биологии мы ни взяли, увидим, что непосредственным условием перехода к новой, более высокой ступени познания объекта или процесса всегда являлось возникновение нового метода исследования.

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

Огромная значимость и эффективность указанных методологий, по-видимому, требует и их формального статуса (наряду

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

Принципы системного подхода сами детерминируют его применение в системе научных методологий. Только в этом случае системный подход выполнит функцию методологии формирования естественно-научного мышления и мировоззрения у обучаемых при изучении естественных дисциплин. Использование системного подхода в биологии позволяет изучать живые объекты различных уровней сложности как биологические системы, для которых присущи все основные явления живой материи и иерархичность строения. При изучении биологических систем различного уровня сложности данный подход предполагает абстрагирование от несущественных (в том или ином отношении) связей и признаков, построение теоретически идеализированных объектов. Это позволяет поставить в центр внимания изучение общебиологических законов и специфических закономерностей. Такой подход предусматривает также изучение всех взаимодействий и связей между подсистемами и частями. Деятельность учащихся и студентов по установлению этих связей между

элементами изучаемых природных систем способствует формированию у них системного мышления, которому присуща внутренняя противоречивость, проявляющаяся в парадоксе целостности и парадоксе иерархичности [31].

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

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

2) исследование структуры теорий систем и различных системных концепций;

3) построение обобщенных моделей систем, моделей разных классов и специфических свойств систем. Важной особенностью системного подхода является то, что не только объект, но и сам процесс исследования выступает как сложная система, задача которой состоит в соединении в единое целое различных моделей объекта [143]. Системный подход, как и метод моделирования, разработан в рамках общенаучной методологии. Из этих двух методологий системный подход, конкретизирующий принципы диалектического материализма, является более общим, поэтому он может использоваться не только для изучения

объектов и явлений природы, общества и мышления, но и вполне применим для конструирования моделей, отражающих эти объекты и явления.

Многие исследователи связывают моделирование непосредственно с системным представлением исследуемого объекта. Например, К. Боришполец считает системный подход методологической основой, главным методическим средством моделирования [16, с. 5]. Существенное повышение роли научных методологий в биологической подготовке учащихся и студентов требует разработки соответствующих технологий для их эффективного усвоения и использования в учебном процессе. В качестве технологического приема, который позволит постоянно держать в центре внимания всеобщие и общие научные методологии при изучении биологических объектов разного уровня сложности, может выступить использование обобщающих опорных схем (моделей), отражающих эти методологии и их взаимосвязь.

Сопряжение методологий разного уровня общности в единую логическую систему, выраженную в форме модели, позволяет определить общую стратегию изучения биологических систем, начиная с клетки и заканчивая биосферой в целом. Разработанная нами модель под названием «Общая характеристика живых систем» (рис. 4) результативно используется на протяжении ряда лет в процессе преподавания биологических дисциплин, как в вузе, так и в школе. В основу схемы положено пять научных методологий: диалектический материализм, отражающий взаимосвязь и генезис основных форм движения материи и обязывающий изучать биологическую форму движения материи на основе физической и химической форм движения материи; эволюционная теория (исторический метод), подтверждающая общие закономерности движения материи на биологическом

уровне и указывающая на новые качественные признаки этой более высокоорганизованной формы движения материи, начавшей свое существование с клеточного уровня и развившейся до биосферного; системно-синергетический подход, позволяющий изучать любой уровень организации живой природы как биологическую (живую) систему на основе общих принципов организации материальных объектов (целостности, иерархичности, взаимосвязи с окружающей средой и др.); теория происхождения жизни (определение жизни), в которой отражены общие явления живых систем (открытость, саморегуляция, самовоспроизведение) и их вещественная и информационная основа (биополимеры – белки и нуклеиновые кислоты).

В процессе изучения механизмов преобразования вещества, энергии и информации в живых системах разного уровня организации большое значение имеет также основополагающее учение диалектики об отражении как всеобщем свойстве материи. Всю эволюцию живого на нашей планете нужно рассматривать как активный процесс отражения через взаимодействия организмов и условий среды. Развивая эту идею, Н.П. Дубинин отмечает: «Историзм отражения для живых систем – генетическая информация, записанная в молекулах ДНК, которая имеет сведения об истории влияния среды в процессах саморазвития видов. Сигналом этой информации служит действие генов в открытой живой системе, что обеспечивает ее жизнедеятельность и развитие при наличии определенных условий среды» [41, с. 539]. Эта важнейшая идея о диалектическом единстве организма и среды также отражена в модели и выполняет методологическую функцию (пятая методология). Разработанная модель применялась при изучении всех живых систем, начиная с клетки и заканчивая биосферой.

Невозможность отделения организмов от непосредственно окружающей их среды, вместе с которой они образуют одну систему, была постулирована А. Тэнсли в его концепции экосистемы, которая в настоящее время является основополагающей в экологии [140]. Изложенное выше позволяет утверждать, что концептуальная идея о диалектическом единстве организма и среды должна быть постоянно в поле зрения как преподавателей, так и учащихся (студентов) и наполняться конкретным содержанием при изучении всех уровней организации живого. Данная идея также нашла отражение в предлагаемой нами модели. Таким образом, предложенная модель является в определенной степени результатом сопряжения (теоретического синтеза) философских, естественнонаучных и общебиологических подходов к изучению объектов живой природы на теоретическом уровне и может исполнять роль матрицы. При этом и сама модель выполняет методологическую функцию, отражая в определенной степени целостность организации, функционирования биологической формы движения материи и ее эволюцию. Использование этой модели при изучении биологических систем разного уровня иерархичности в школьных (и вузовских) курсах биологии приводило к глубокому осмыслению учащимися (и студентами) научных методологий, пониманию взаимосвязи между ними и выработке умений по их использованию при формировании системы естественно-научных и биологических понятий. Это, в свою очередь, способствовало формированию естественно-научного мировоззрения и развитию способностей школьников (студентов) к самообразованию, самосовершенствованию и творческой деятельности.

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

Философской предпосылкой постановки проблемы межпредметных связей является положение о необходимости раскрытия взаимосвязи различных явлений природы, общества и мышления, отражаемых современной наукой. «Соответственно тому, – пишет академик Б.М. Кедров, – как совершается все более полное и всестороннее раскрытие связей и переходов между различными формами движения в природе, происходит все более тесное и глубокое переплетение соответствующих естественных наук между собой, их взаимное проникновение. В результате такого их взаимопроникновения друг в друга обнаруживается не только диалектика самой природы, отражаемая современным естествознанием, но и диалектика процесса познания природы человеком, т.е. диалектика развития всего естествознания [52, с. 288].

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

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

В рамках современного учения о материи происходит все более глубокое переосмысление исходных принципов ее организации и функционирования. Это обусловлено теми фундаментальными открытиями естественных наук в области микромира, которые позволили выйти на новый уровень понимания материального мира. Особое значение в этом аспекте имеют исследования *внутренних сторон взаимодействия*, которые отражают взаимные превращения и переходы, взаимную обусловленность и взаимную связь объектов и явлений природы. Учитывая актуальность данного направления исследования, нами ранее дано философское и естественно-научное обоснование сущности *сопряжения* как одной из внутренних сторон *взаимодействия*, которая позволяет глубже понять организацию и функционирование биологической формы движения материи, так и ее взаимосвязь с физической и химической формами движения материи [103].

Сопряжение как *внутренняя сторона взаимодействия* сыграло и играет важнейшую роль в эволюции материи, в том числе и в возникновении и эволюции биологической формы движения материи. Доказательством этого положения является высказывание видных ученых, которые подчеркивают, что

«в процессе химической эволюции при наличии всех необходимых для нее условий происходит усиление роли сопряженности. Последовательные сопряженные процессы выступают как существенная сторона организации динамических неравновесных систем» [142, с. 165] (курсив наш.— С.П.). Остается только добавить, что к таким динамическим неравновесным системам относятся все живые системы разных уровней организации: начиная с клетки и заканчивая биосферой. Принцип сопряжения обеспечил не только эволюцию конкретных форм движения материи, но и их генетическую связь.

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

Принцип как *категория педагогического знания* есть научное положение, которое, с одной стороны, *отражает познанную и обоснованную закономерность*, а с другой – *предписывает*, как правильно строить процесс обучения и воспитания в соответствии с познанной закономерностью [92, с. 217]. Первое положение данного определения, касающееся сопряжения как научного принципа, отражающего организацию, функционирование и эволюцию различных форм движения материи,

как уже было отмечено выше, нами уже обосновано. Остается решить вторую важнейшую задачу, то есть показать, как, руководствуясь данной закономерностью, необходимо выстроить весь процесс обучения и воспитания при изучении студентами естественных дисциплин в вузе.

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

Сущность диалектического метода и системного подхода раскрывается через категории, одной из которых является *сопряжение*. Сопряжение как принцип организации материи необходимо рассматривать как дополнение к системному подходу. В отличие от *системного подхода*, который декларирует

необходимость изучения **связи** между элементами любой системы, *принцип сопряжения* предписывает выявление **взаимосвязи** между компонентами изучаемых систем, то есть выявление той **области сопряжения** между элементами системы, которая является *общей* для них и обеспечивает *целостность* этой системы, а, следовательно, и ее *качественную* особенность. Понятие «сопряжение» отражает тот *механизм*, с помощью которого происходит *взаимосвязь* между элементами системы и с помощью которого можно управлять данной системой.

Если принцип *сопряжения* обеспечивает *непрерывность* природных объектов и явлений, то в образовательной области он должен обеспечить непрерывность (*сопряжение*) всех понятий, приведение их в единую систему, которую, по-видимому, можно обозначить как *сопряженное понятийное поле*. Отдельные понятия отражают не только сущность объектов и явлений, но и их взаимодействие (*сопряжение*) с другими объектами. «Каждое понятие находится в известном отношении, в известной связи со всеми со всеми остальными» [69, с. 179]. Отсюда следует, что принцип *сопряжения* как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – *методологическом и общедидактическом*.

Методологический аспект сопряжения высвечивается, во-первых, в том, что оно является одной из внутренних сторон важнейшего атрибута материи – *взаимодействия*, а, во-вторых, отражает сущность организации, функционирования и эволюции любой природной и социальной системы. Методологическая функция данного принципа просматривается и через призму основного закона развития природы – *единства и борьбы противоположностей*, который является не только законом развития объективного мира, но и законом познания. Этот закон служит

ядром диалектики и объясняет *внутренний источник всякого развития*. «Диалектическое мышление не рассекает целое, абстрактно разделяя крайности, а, напротив, осваивает целое как органическое, как систему, в которой противоположности взаимодействуют (*сопряжены* прим. автора), обуславливая весь процесс ее развития» [143 с. 141].

По выражению В.И. Ленина: «...Диалектика есть изучение противоречия в самой *сущности предметов...*» [69, с. 227]. Основными ступенями противоречия являются *тождество, различие, противоположность*. Категория тождества обозначена приоритетной не случайно. Противоречие разрешается только в том случае, когда в противоположностях находятся тождественные (одинаковые) предметы и явления, которые, взаимодействуя между собой, образуют *сопряженные* (общие) области. Эти области сопряжения обеспечивает взаимосвязь между противоположностями и на этой основе возникает система с новым качеством.

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

Принцип сопряжения способствует снятию существующего в предметной системе обучения *противоречия между разрозненным по предметам усвоением знаний студентов*

и необходимостью их синтеза, комплексным применением интегрированных знаний не только учителями в педагогической практике, но и любыми специалистами в их профессиональной деятельности. Вооружение выпускников вузов знаниями и умениями такого рода есть актуальная социальная задача, обусловленная тенденциями интеграции в науке и практике и востребованностью творческого подхода к решению проблем в условиях научно-технического прогресса.

Сопряжение как принцип обучения способствует реализации других педагогических принципов и прежде всего принципа межпредметных связей (МПС). Взаимосвязь этих принципов можно рассматривать как диалектическую пару, в которой один принцип (межпредметных связей) является *формой*, второй же принцип (сопряжения) является *содержанием*. Доказательством этому служит как этимология данных терминов, так и существующие разночтения авторов о дидактическом статусе межпредметных связей. Одни авторы рассматривают межпредметные связи как дидактическое *условие* дальнейшего повышения качества знаний учащихся [133, с. 9], другие – как современный принцип обучения [74, с. 29–45]. По мнению В.Н. Максимовой, межпредметные связи как принцип обучения *способствуют* реализации всех функций обучения: образовательной, развивающей и воспитывающей [74, с. 2] (курсив наш.– С.П.). Из этого тезиса следует, что сам принцип является формальным (он лишь *способствует*), а не содержательным, который бы указывал на механизм организации и функционирования системы. Формальность принципа межпредметных связей подтверждается и многолетней педагогической практикой, которая свидетельствует, что интерес педагогической науки и практики к принципу межпредметных связей значительно снизился.

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

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

При изучении курсов физики, химии, биологии в условиях нашего исследования категория *сопряжения* позволила студентам проследить *эволюцию природных форм*, изучаемых данными дисциплинами. Овладение данной категорией дает возможность конкретизировать идеи диалектического материализма, *усвоить их как метод познания и преобразования*

материального мира. В свою очередь понимание сущности преобразования одних форм движения материи в другие помогло преподавателям понять механизмы формирования идеализированных форм в мышлении студентов, так как закономерности развития природы и мышления едины.

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

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

Движение частиц среды, приводящее к переносу веществ и выравниванию концентраций или к установлению равновесного распределения частиц данного сорта в среде, называемое диффузией, является конкретным случаем проявления фундаментальной формы движения материи – механической, которая предопределяет развитие всех остальных форм движения материи и сохраняется в них в качестве исходной. Диффузия молекул (атомов) определяется их тепловым движением (так называемая

молекулярная диффузия). При наличии в среде стационарных перепадов температуры, электрических полей и т.п. диффузия приводит к установлению равновесного распределения концентраций, характеризуемого соответствующими градиентами (термодиффузия, электродиффузия и т.д.) [116, с. 398].

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

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

Таким образом, единство геосферы (литосферы, атмосферы, гидросферы и биосферы), ее саморегулирование и развитие обеспечивается вследствие непрерывного движения (круговорота)

вещества и потоков энергии, в основе которых лежит процесс диффузии. Она является фундаментальным процессом, лежащим в основе функционирования и живых систем любого уровня организации, начиная с уровня элементарных частиц (электронная диффузия) и заканчивая биосферным уровнем (круговорот веществ в биосфере). Вполне естественно, что для всех уровней организации живого процесс диффузии имеет как общие закономерности своего проявления, так и частные особенности.

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

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

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

По мере повышения уровня организации живых систем, от пробионта до человека, совершенствовались соответственно и механизмы вовлечения вещества и энергии окружающей среды, необходимые для их построения и функционирования. Внутренняя организация содержания всех существующих на нашей планете организмов, как известно, проявляется (выражается) через форму. Поэтому не случайно один из основоположников популяционной генетики Н.В. Тимофеев-Ресовский подчеркивал: «Эволюционный прогресс через пусковые механизмы, интегрирующие деятельность элементарных структур, явлений, материала, факторов эволюции, неизбежно приводит к формообразованию...» [124, с. 193].

Одним из таких стратегических эволюционных направлений, касающихся изменения формы, явилось *увеличение площади тела по отношению к его объему*. Данная тенденция прослеживается уже в эволюции примитивных микроорганизмов – бактерий, у которых шаровидная форма тела в последующем преобразовалась в палочковидную, извитую и т.п. В результате таких морфологических преобразований поверхность тела бактерий по отношению к объему возросла, а это, в свою очередь, усилило поглощение веществ, в том числе и за счет диффузии.

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

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

На уровне листа имеется несколько приспособлений к увеличению диффузии. Большинство типичных листьев имеют плоскую форму, что значительно увеличивает поверхность их соприкосновения с воздушной средой. Газообмен листьев с внешней средой осуществляется через сеть мелких отверстий – устьиц, которые в открытом состоянии занимают всего 1–2% площади листа. Остальная поверхность листа покрыта плохо проницаемой для газов кутикулой. Однако даже при наличии кутикулы углекислый газ входит в лист через устьица за единицу времени почти в таком же количестве, как и без нее [93, с. 111]. Это согласуется с законом Стефана, согласно которому скорость перемещения

молекул газа через мелкие отверстия пропорциональна их окружности, а не площади. У края отверстия молекулы в меньшей степени сталкиваются друг с другом и быстрее диффундируют.

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

Огромную роль диффузия играет в поглощении воды и минеральных солей растением из почвы. Эти вещества находятся в данной среде еще в более рассеянном состоянии, поэтому для контакта с ними и поглощения требуется еще большая поверхность по сравнению с листьями. Такие морфологические адаптации были «наработаны» в ходе эволюции растительных организмов. В среднем площадь корневой системы больше площади листьев примерно в 130 раз. Увеличение площади корневой системы происходит за счет огромного числа корневых волосков, которые представляют собой одиночные вытянутые клетки. Так, например, у одного растения ржи 14 млрд корневых волосков с площадью поверхности 399 м^2 . Суммарная площадь корней и корневых волосков у этого растения составляет 631 м^2 , и они размещаются в $0,05 \text{ м}^3$ почвы [93, с. 198]. Следует заметить, что при выращивании растений в «водной культуре» корневые волоски

практически не образуются. Это обусловлено тем, что в этих условиях вода и элементы минерального питания находятся в концентрированном виде, и для их поглощения путем диффузии не требуется большая поверхность. Вышеизложенное позволяет констатировать, что в живой природе диффузия непрерывно обеспечивает обмен веществом, энергией и информацией между организмами и окружающей средой.

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

Процесс диффузии лежит в основе обмена веществ и энергии не только автотрофных, но и гетеротрофных организмов и проявляется на всех уровнях их организации. Наиболее разнообразно он представлен у животных организмов, которые являются наиболее высокоорганизованными гетеротрофами. Они, как и растительные организмы, являются открытыми системами. Однако в отличие от растений они получают из окружающей среды уже готовые органические вещества, изначально созданные растениями, которые находятся в концентрированной форме (в виде пищи), и для их поглощения не требуется большая поверхность тела. Однако органические вещества, входящие в состав пищи, являются лишь резервом энергетического и пластического материала и не могут быть использованы непосредственно для построения и функционирования животных организмов; их утилизация происходит в процессе катаболизма.

Важнейшим звеном катаболизма является дыхание, благодаря которому все клетки животного организма обеспечиваются энергией в форме АТФ и всем разнообразием промежуточных

метаболитов, необходимых для синтеза собственных (специфических для данного вида) органических соединений: белков, нуклеиновых кислот и т.д. Для осуществления этого процесса животным организмам, как и растительным, необходимы не только субстраты дыхания – органические вещества, но и кислород, который используется как окислитель этих соединений.

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

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

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

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

4) дыхательная поверхность должна иметь большую площадь, которая позволяет обмениваться с окружающей средой достаточным количеством газов в соответствии с потребностями организма [38, с. 60].

В процессе длительной эволюции животных их органы дыхания «получили» такие свойства (структурные и функциональные адаптации), которые делают дыхательную поверхность максимально эффективной для диффузии. Так, основной дыхательный орган наземных животных – легкие – имеют большую дыхательную поверхность в виде сотен альвеол с общей

площадь в десятки квадратных метров. В то время как толщина их стенок составляет всего лишь 0,0001 мм. Снаружи стенки альвеол покрыты густой сетью кровеносных капилляров. Все они берут начало от легочной артерии, объединяются и образуют легочную вену.

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

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

Вода в природе играет исключительно важную роль. Ее главное значение заключается в том, что она является одним из важнейших (а в геологическом плане, вероятно, важнейшим) организующих начал природной среды. В природном пространстве вода выполняет одновременно две главнейшие функции. Она выступает как важнейший фактор дифференциации природных

систем, обособляющий их друг от друга. Вместе с тем благодаря своей способности сохранять во всех своих состояниях некоторые универсальные свойства, прежде всего подвижность и сплошность (неразрывность), вода формирует каналы взаимосвязи между природными системами, обуславливая их вещественно-энергетическое (и информационное) взаимодействие. Тем самым вода выступает в природном пространстве как важнейший фактор интеграции природных систем, «стягивающий» их в единое целое.

Содержание воды в живых организмах в среднем составляет 80% и это не случайно. Она является той средой, в которой растворяются газы и твердые вещества, поступающие извне, она же предопределяет и их перемещение внутрь клеток путем диффузии. Через фосфолипидные мембраны быстро диффундируют газы (O_2 и CO_2), перемещаясь по диффузионному градиенту, т.е. из области с высокой концентрацией в область с низкой концентрацией. Гораздо медленнее через полупроницаемую мембрану диффундируют ионы и малые полярные молекулы, такие как глюкоза, аминокислоты, жирные кислоты и глицерол. Более быстро через мембраны проходят незаряженные и жирорастворимые (липофильные) молекулы. Модификацией этого механизма является так называемая облегченная диффузия, при которой веществу помогает пройти через мембрану какая-либо специфическая молекула. У этой молекулы может быть особый канал, пропускающий вещества только одного типа. Примером такого перемещения служит поступление глюкозы в эритроциты; оно не нарушается ингибиторами дыхания и, следовательно, не является активным процессом [38, с. 221].

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

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

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

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

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

Центральной проблемой биоэнергетики на протяжении более 30 лет было выяснение механизма, с помощью которого энергия, освобождаемая при окислении субстратов или при поглощении света, может использоваться для катализа энергетически независимых процессов, таких как синтез АТФ из АДФ и P_i (окислительное и фотосинтетическое фосфорилирование) или перенос ионов через мембрану против градиента их концентрации [83, с. 9]. Значительная часть АТФ образуется в ферментативных комплексах, локализованных в так называемых сопрягающих мембранах. К ним относятся: плазматическая мембрана прокариотических клеток (бактерий и сине-зеленых водорослей), внутренняя мембрана митохондрий и мембрана тилакоидов хлоропластов.

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

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

В результате неравномерного распределения H^+ по обе стороны мембраны создается разность химических потенциалов ионов водорода, которая детерминирует возникновение электрохимического потенциала протонов ($\Delta\mu_{H^+}$), включающего две составляющие: концентрационную (ΔpH), возникающую в результате неравномерного распределения ионов H^+ по обе стороны мембраны, и электрическую, обусловленную возникновением противоположного заряда на поверхности мембран, т.е. образованием мембранного потенциала [111, с. 207]. Таким образом, при фотосинтетическом фосфорилировании

энергия электронов первоначально запасается в виде электрохимического мембранного потенциала протонов. В последующем при участии АТРа_з (сопрягающего фактора) происходит разрядка мембраны тилакоидов, и протоны путем диффузии перетекают на внешнюю сторону тилакоидной мембраны, ликвидируя ранее созданный электрохимический градиент ионов водорода. Энергия, которая при этом освобождается, используется на химическую работу – синтез АТР из АDР и Р_i.

В сопрягающих мембранах, кроме редокс-цепей и Н⁺ – АТРа_{зы}, имеются и другие насосы, создающие электрохимические потенциалы: Na⁺, K⁺ – АТРа_{за}, Са⁺ – АТРа_{за}, анионная АТРа_{за}. Их функционирование создает электрохимические мембранные потенциалы – (ΔμNa⁺), (Δμк⁺) и др. Все перечисленные выше электрохимические мембранные потенциалы, являясь резервными формами энергии, способны к взаимопревращениям, а также могут быть использованы в химической, осмотической, тепловой и других видах работ [93, с.18]. Во всех этих превращениях важную роль играет диффузия.

Приведенные выше рассуждения позволяют заключить, что диффузия, как фундаментальное явление материи, лежит в основе превращения и вещества и энергии. Ее проявление имеет место на всех уровнях организации природных систем на нашей планете, начиная с уровня элементарных частиц и заканчивая геосферой. В живой природе диффузия непрерывно обеспечивает обмен веществом, энергией и информацией между организмами и окружающей средой, в результате чего они могут поддерживать свою структурную и функциональную организацию на определенном уровне и даже повышать ее в процессе онтогенеза и филогенеза, сохраняя и развивая тем самым биологическую форму движения материи в пространстве и во времени.

Диффузия, как фундаментальное естественнонаучное понятие, отражает взаимодействие дискретных элементов материи на всех уровнях ее организации. Усвоение данного понятия на теоретическом уровне вооружит учащихся и студентов мощным методологическим приемом познания объектов материального мира и материи в целом. Планомерное и систематическое развитие данного понятия в курсах физики, химии, биологии, географии и др. является исключительно важным, так как позволит интегрировать знания на теоретическом уровне, который является основой для научного мировоззрения. В то время как «Современное содержание предметов естественного цикла, – по мнению одного из ведущих методистов современности А.В. Усовой, – не обеспечивает раскрытия перед учащимися взаимосвязи физических, химических и биологических форм движения материи, общности фундаментальных естественнонаучных понятий, законов, теорий, общности методов исследования» [137, с. 5].

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

Выход молекулярной биологии на передовые позиции биологической науки во многом должен определять стратегию содержания биологического образования в силу того, что основополагающим принципом его содержания является принцип научности. Отсюда следует, что изучение и понимание процессов на молекулярном и субмолекулярном уровнях в курсе общей

биологии возможно только *на понятийной основе физики, химии и математики*. Следует постоянно помнить, что биология не только должна опираться на понятия, законы и теории этих курсов, но и развивать (углублять) их при изучении объектов и явлений живой природы. Только в этом случае будет реализован главный принцип теории развития понятий, согласно которому *понятия формируются в развитии и взаимосвязи*. При реализации такого принципа на практике в школе и вузе можно надеяться, что знания обучаемых достигнут теоретического уровня, который будет являться базой для будущих специалистов при выдвижении 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»* [28, с. 173]. В процессе изучения этого курса в 9 классе понятия «окисление» и «восстановление» используются при рассмотрении свойств металлов, галогенов и кислорода, что дает основание для утверждения о том, что происходит их дальнейшее развитие, однако в диалектическом единстве, как «окислительно-восстановительная реакция», они не применяются.

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

Учитывая генетическую связь между неорганической и органической природой вещества, вполне резонно предположить, что окислительно-восстановительный принцип взаимодействия атомов и молекул будет работать и в органической химии. Однако в школьном курсе органической химии окислительно-восстановительный принцип классификации органических реакций вообще не используется [27]. Вместе с тем при изучении биохимических реакций в школьном курсе общей биологии понятие «окислительно-восстановительная реакция» вновь начинает работать в той или иной степени. Такой парадокс в «логике развития» (а точнее неразвития) данного химического понятия негативно сказывается на понимании сущности физиолого-биохимических процессов (фотосинтеза, дыхания и др.), изучаемых на молекулярном уровне в школьном курсе общей биологии.

Исследование данной проблемы позволило выявить, что ее возникновение обусловлено как объективными, так и субъективными факторами. Объективным фактором, обуславливающим появление подобной проблемы, является специфика предмета изучения органической химии – гидридов углерода (углеводородов) с их особыми свойствами, которых нет у гидридов других элементов. Специфика этих соединений заложена в своеобразных и неповторимых свойствах атома углерода, обусловленных его электронной структурой. Атом углерода находится в четвертой группе

периодической системы Д.И. Менделеева, и после его возбуждения, необходимого для химического взаимодействия, он не имеет на валентной оболочке ни электронных пар, ни вакантных низколежащих орбиталей. Поэтому в соединениях углерода, использовавшего все четыре валентных электрона в сигма-связях, возникают стабильные электронные состояния без свободного химического сродства. Это валентно-насыщенные молекулы.

Несмотря на это, ведущие специалисты допускают использование понятия «окислительно-восстановительная реакция» в органической химии. Так, например, Б.Д. Березин и Д.Б. Березин отмечают, что *«органические реакции так же, как и неорганические, могут быть классифицированы по общим признакам на реакции переноса: единичного электрона (окислительно-восстановительные реакции), электронных пар (реакции комплексообразования), протона (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, свободнорадикальные реакции замещения или присоединения); 2) по изменению числа частиц в ходе реакции (замещение, присоединение, диссоциация, ассоциация); 3) по частным признакам (гидратация и дегидротация, гидрирование и дегидрирование и др.)...»* [7, с. 183–184].

Подобную точку зрения высказывает Х. Беккер, который в разделе «Окисление и дегидрирование» приводит следующую трактовку понятия «окислительно-восстановительная реакция»: *«Окислительно-восстановительная (редокс-) реакция состоит в передаче электронов от восстановителя (донора*

*электронов, нуклеофильного соединения) к окислителю (акцептору электронов, электрофильному соединению); при этом восстановитель окисляется, а окислитель восстанавливается» [89, 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» [89, с. 5].*

Приведенные аргументы свидетельствуют, что при изучении курса органической химии, понятие «окислительно-восстановительная реакция» может быть применено при рассмотрении механизмов протекания некоторых органических реакций, например, реакций гидрирования-дегидрирования, в которых они являются практически синонимами. Из этого следует, что при изучении курса органической химии учителю следует на соответствующем материале *развивать понятие «окислительно-восстановительная реакция», т.е. показывать, что одна и та же реакция в зависимости от используемой классификации может интерпретироваться по-разному (субъективный фактор).* Такой подход будет методологически и методически обоснован, так как обеспечит дальнейшее углубление и расширение важнейшего естественно-научного понятия «окислительно-восстановительная реакция», что создаст необходимый фундамент для изучения механизмов биохимических реакций, которые будут рассматриваться в курсе общей биологии.

Подобный вывод согласуется с мнением известного философа – В.С. Вязовкина, который указывает, что «...от современного химика требуется избавиться от шор узкопрофессиональных представлений, диктуемых его наукой. Он должен уметь усваивать опыт родственных химии наук (например, физики и биологии), видеть связи, существующие между химической проблемой и сходными проблемами пограничных отраслей знания, оперировать понятиями и теоретическими представлениями смежных наук. В нынешних условиях способность взглянуть на проблему с точки зрения «чужой» науки содействует успешной работе творческого мышления» [25, 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 [25, с. 167].

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

Результатом разрешения противоречий в химической форме движения материи явилось возникновение на ее основе более высокоорганизованной формы движения материи, которая именуется жизнью. Возникновение жизни на нашей планете, по мнению Н.П. Дубинина, связано, прежде всего, с актом появления в целостной системе взаимодействия *специфических веществ, энергии и информации* [41, с. 6].

Главным функциональным критерием всего живого, по определению Ф. Энгельса, является *обмен веществ*. Поэтому неслучайно корифеи методики биологии – Н.М. Верзилин и В.М. Корсунская – подчеркивают, что «важнейшее понятие об обмене веществ, связанном с жизненными функциями и условиями жизни, требует особого внимания... Планомерному развитию понятия об обмене веществ мешает отсутствие должного внимания обмену внутриклеточному, внутритканевому и превращениям энергии» [19, с. 90, 93].

В основе обмена веществ биологических систем разного уровня организации с окружающей их средой лежат физические и химические явления, обуславливающие превращения вещества и энергии. Поэтому и содержание понятия «обмен веществ» раскрывается через понятия «вещество» и «энергия», что четко отражено в одном из его определений: «*Обмен веществ* (метаболизм – от греч. *metabole* – перемена) – совокупность всех *химических изменений* и *всех видов превращений веществ и энергии* в организмах, обеспечивающих развитие, жизнедеятельность и самовоспроизведение организмов, их связь с окружающей средой и адаптацию к изменениям внешних условий. Основу обмена веществ составляют взаимосвязанные процессы *анаболизма и катаболизма*, направленные на непрерывное обновление живого материала и обеспечение его необходимой энергией» [116, с. 905] (курсив наш. – С.П.). В приведенном определении обмена веществ в связи с рассматриваемой проблемой следует выделить два момента: 1) в основе обмена веществ (метаболизма) лежат химические изменения, т.е. реакции; 2) развитие данной функции организмов определяет диалектическая пара: анаболизм – катаболизм.

Применяя законы формальной логики, нетрудно предсказать, что в основе анаболизма и катаболизма также лежат явления превращения вещества и энергии, обусловленные, в первую очередь, химическими реакциями. Эти моменты зафиксированы в энциклопедических словарях, интерпретирующих понятия анаболизма и катаболизма [122, с. 419]. Наиболее важный процесс анаболизма, имеющий планетарное значение, – *фотосинтез*, катаболизма – *дыхание*. Основой этих процессов также являются химические (биохимические) реакции, среди которых исключительно важную роль играют реакции окислительно-восстановительного типа.

Приведенные логические рассуждения дают основание для утверждения, что раскрытие содержания фундаментальных биологических понятий: обмена веществ (метаболизма), анаболизма, катаболизма, фотосинтеза, дыхания во многом будет определяться степенью сформированности базового для них понятия «окислительно-восстановительная реакция» в курсах неорганической и органической химии.

Важнейшей особенностью живой материи является ее способность извлекать из окружающей среды и преобразовывать энергию, которая расходуется на построение и поддержание характерной для живого сложной структурной организации, причем в качестве сырья используются простые исходные материалы. Рассматривая вопрос об энергетической составляющей живого, К. Вилли отмечает: «Нескончаемый поток энергии в клетке, поток энергии от одной клетки к другой или от одного организма к другому и составляет сущность жизни» [22, 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» [47, с.120]. «Основным источником полезной энергии в биологических процессах являются реакции окисления–восстановления» [47, с. 139] (курсив наш.– С.П.).

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

Из приведенных выше аргументов следует, что основными процессами живой природы, позволяющими поглощать (использовать) энергию внешней среды, запастись ее в виде устойчивых

связей органических соединений и при необходимости переводить в лабильную форму энергии макроэргических связей АТФ, являются процессы фотосинтеза и дыхания. Фотосинтез и дыхание также необходимо рассматривать как диалектическую пару, которая составляет сущность углеводного обмена, играющего исключительно важную роль в обеспечении энергетическим и пластическим материалом все другие частные обмены (белковый, липидный, нуклеиновый и т.д.).

Понимание сущности фотосинтеза и дыхания на молекулярном и субмолекулярном уровнях при изучении их в школьном курсе биологии во многом зависит от того, насколько глубоко сформировано у школьников понятие «сопряженная окислительно-восстановительная реакция». Необходимость такого требования вытекает из того, что данный тип реакций лежит в основе этих процессов, о чем свидетельствуют мнения ряда видных специалистов как в области химии, так и в области биохимии и физиологии клетки. Так, например, видный специалист в области органической химии Б.Д. Березин пишет: «По современным представлениям, фотосинтез в зеленом листе – это самый сложный физический, химический и биологический процесс *окислительно-восстановительного превращения* H_2O и CO_2 в углеводы и другие органические соединения, инициируемый хлорофиллом *a* в фотосинтетическом аппарате» [7, 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*» [62, с. 275]. Анализируя физико-химические основы фотосинтеза,

Г.Г. Комиссаров отмечает: «Фотосинтез – сложный биологический процесс, состоящий из большого числа сопряженных окислительно-восстановительных реакций» [57, 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* [111, с. 43].

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

На основании вышеизложенного можно утверждать, что окислительно-восстановительные реакции играют важную роль

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

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

Дыхание – второе важнейшее звено углеводного обмена, в основу которого природа также «положила» окислительно-восстановительные реакции. В понимании химизма дыхания большое значение сыграли работы Баха и Палладина. Заслуга первого ученого состоит в том, что его опыты заложили основы современного понимания механизмов активации кислорода путем образования пероксидов [6]. Второй исследователь доказал, что кислород необходим для отнятия электронов и протонов от субстрата, в результате чего образуется вода [91]. Следовательно, вышеназванные ученые доказали, что по своей сути *дыхание представляет окислительно-восстановительный процесс*.

В дальнейших исследованиях по изучению механизма дыхания данное положение нашло полное подтверждение. Примером тому являются высказывания ученых с мировым именем.

Так один из ведущих биохимиков А. Ленинджер при общей характеристике брожения и дыхания констатирует: «... все гетеротрофные организмы в конечном счете получают энергию в результате *окислительно–восстановительных реакций*, иными словами, таких реакций, в которых электроны переносятся от доноров электронов, т.е. восстановителей, к акцепторам электронов, т.е. окислителям» [70, с. 362]. Другие, не менее известные ученые в области биологии – К. Вилли, В. Датъе – 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*» [22, 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 $ДН_2$ (который окисляется) к акцептору $А$ (который восстанавливается): $ДН_2 + А \rightarrow Д + АН_2$ » [159, с. 213].

Для окисления углеводов, белков и жиров, которые являются основными субстратами дыхания, достаточно трех реакций: подготовительной (реакция гидролиза), дегидрирования и декарбоксилирования. Из них ключевую роль в энергетическом смысле играют реакции *дегидрирования*, которые по своей сущности являются реакциями *окислительно-восстановительного типа*. На этом делают акцент ведущие специалисты, как в области биологии, так и биохимии. Так, например, вышеупомянутые биологи К. Вилли и В. Датье подмечают, что *«все реакции дегидрирования – это, по определению, окислительные реакции, сопровождающиеся отнятием электронов»* [22, 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 [71, с. 425].

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

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

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

Восстановленные NADH и NADPH не могут реагировать с кислородом: их электроны должны пройти через промежуточные акцепторы переноса электронов (цитохромы и др.), прежде чем они смогут быть переданы на кислород. Движение электронов (H) по электронтранспортной цепи происходит по термодинамическому градиенту и сопровождается поэтапным выделением энергии. При наличии сопрягающих механизмов (АТФаз) 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. Дальнейшая химическая эволюция вещества, в основе которой лежит взаимодействие неорганических веществ и органических – углеводов, привела к созданию новых классов органических соединений, прежде всего биополимеров: белков и нуклеиновых кислот, которые составляют основу живой материи. Создание этих соединений привело к тому, что *механизмы окислительно-восстановительных реакций, лежащие в основе биологических процессов, играют важную роль в обеспечении*

клетки энергий и промежуточными метаболитами, стали более разнообразными и занимают центральное место.

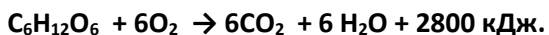
Приведенные аргументы свидетельствуют о том, что по мере эволюции вещества совершенствовались формы и повышалась значимость окислительно-восстановительных реакций. Биологическая форма движения материи использует все виды окислительно-восстановительных реакций, характерных как для неорганических веществ,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

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

Как уже отмечалось выше, формирование понятия «окислительно-восстановительная реакция» в школе начинается в курсе неорганической химии, и его содержание увязывают только с принятием и отдачей электронов атомами или ионами, которые участвуют в реакции, и это вполне оправдано. Однако в школьном курсе общей биологии это понятие не развивается. Это негативно отражается на понимании обучающимися таких важнейших биологических процессов, как катаболизм и анаболизм. Остановимся на конкретном примере неумелого использования понятия «окислительно-восстановительная реакция»

в учебнике общей биологии под редакцией В.Б. Захарова, который доминирует в большинстве школ [45, с. 123–126].

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



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

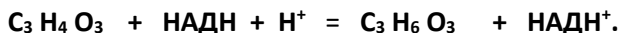
Следует особо отметить, что на понимание сущности окислительно-восстановительных реакций при формировании понятия дыхания (а также фотосинтеза) негативно сказывается исключение из содержания материала в разделе «Цитология» понятий «НАД⁺» и «НАДФ⁺». Поэтому авторы вышеупомянутого учебника по общей биологии,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

По-видимому, данной фразой авторы учебника запутывают не только учащихся, но и самих себя. В научном стиле и смысле данная фраза должна звучать так: ...в мышцах в результате анаэробного дыхания молекула глюкозы окисляется до двух

молекул пировиноградной кислоты. Отнятые от данной молекулы водороды идут на восстановление НАД⁺ до НАДН + Н⁺. В дальнейших превращениях судьба пировиноградной кислоты может быть двоякой: при наличии кислорода она будет окисляться до углекислого газа (с образованием промежуточных метаболитов); при его отсутствии – восстанавливаться до молочной кислоты, используя для этого водороды молекулы НАДН + Н⁺ и окисляя последнюю до НАД⁺. При таком подходе в качестве иллюстрации сущности процесса гликолиза в общем виде можно было привести следующее общее уравнение:



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



Вышесказанное позволяет заключить, что важнейшее понятие «окислительно-восстановительная реакция», которое закладывается в курсе неорганической химии, в дальнейшем не развивается ни в органической химии, ни в курсе общей биологии. Это является грубейшей методологической ошибкой, так как нарушается основной принцип формирования понятий, согласно которому понятия формируются в развитии и взаимосвязи [19, с. 86; 70, с. 55].

Большое значение в понимании механизмов окислительно-восстановительных реакций, лежащих в основе фотосинтеза и дыхания, имеет изучение структуры и свойств основных веществ (компонентов) электронтранспортных цепей (ЭТЦ). Не менее важным для понимания механизмов преобразования энергии электрона в энергию макроэргических связей АТФ являются и представления о пространственном расположении

компонентов ЭТЦ в мембранах хлоропластов и митохондрий. В школьных и вузовских учебниках чаще всего отдельно рассматривается структура данных органоидов и отдельно их функции. При таком подходе вряд ли можно говорить о применении в учебном процессе методологии системного подхода, который в настоящее время является ведущей методологией познания не только в науке, но и в образовании.

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

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

Молекулы DNK, как известно, несут информацию о первичной структуре всех белков клетки, которые ей будут «необходимы» в процессе онтогенеза. Отсюда следует, что для понимания явления наследственности структура и свойства белков также должны быть рассмотрены на молекулярном уровне, что и имеет место в школьных учебниках. Авторы вполне резонно

начинают представление белков с рассмотрения общей структуры их мономеров – аминокислот. Выделение карбоксильной (кислотной) и аминогруппы (основной) у аминокислот позволяет показать принцип взаимодействия данных соединений друг с другом, в результате которого образуется полимерная цепь – первичная структура белка. Подобный материал имеет важное методологическое значение, так как на его примере показывается *новый фундаментальный принцип организации вещества* (которого нет у неорганической материи) – *принцип биополимеризации*, лежащий в основе построения молекул жизни – ДНК и белков. Достаточно наглядно представлен материал по образованию вторичной, третичной и четвертичной структуры белковых молекул, что имеет немаловажное значение при изучении их функций.

Следует отметить, что *понимание перехода от свойства молекул к их функциям имеет особое методологическое значение при изучении живого как нового уровня организации материи*. На этом акцентируют внимание специалисты в области органической химии Б.Д. Березин и Д.Б. Березин, которые отмечают, что химические свойства несложных органических молекул проявляются в химических реакциях, где изменению подвергаются обычно один или ограниченное число реакционных центров. Сложнейшие по структуре макромолекулы биополимеров – белков и нуклеиновых кислот – также содержат реакционные центры ($-\text{NH}$, $-\text{C}-$, $-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$, $-\text{SH}$, $=\text{N}-$ и т.д.), которые характеризуются известными химическими свойствами, однако у них появляются черты, которые называются функциями. По мнению данных авторов, функции возникают в результате появления новых структурных *форм* молекул, так называемых *надмолекулярных структур*, которые являются результатом

межмолекулярного взаимодействия двух макромолекул биополимеров [7, с. 719]. Ярким примером этого являются двуспиральные молекулы ДНК и белки, имеющие третичную и четвертичную структуры. Такие молекулы приобретают формы спиралей, двойных спиралей, клубков, имеющих внешнюю поверхность и внутренние каналы, полости разнообразной формы. У таких молекул происходит экранирование большинства реакционных центров окружающими их остатками из атомов органогенов, особенно углеводородными фрагментами. Как отмечают 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.)» [7].

Таким образом, эволюция вещества, приведшая к возникновению биологической формы движения материи, уже на молекулярном уровне обеспечила появление качественно новых взаимоотношений биологических объектов с окружающей их средой, что является одним из важнейших условий существования и развития живого. Взаимодействия в системе *организм – среда* в полной мере соответствуют основному закону философии – *единства и борьбы противоположностей*. Биологические объекты в процессе эволюции приспособились к избирательному поглощению вещественных, энергетических и информационных факторов, необходимых для их существования, и одновременно выработали механизмы защиты от неблагоприятных условий на разных уровнях их организации, начиная молекулярным и заканчивая биосферным. Так, экранирование реакционных центров гидрофобными группировками остатков углеводов приводит к снижению скорости биохимических реакций и их избирательности, что, несомненно, замедляет метаболизм клетки

и увеличивает ее время жизни. На биосферном уровне живые организмы защищаются от жесткого ультрафиолетового излучения благодаря озоновому экрану, который сформировался за счет кислорода, выделенного в процессе фотосинтеза растительными организмами.

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

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

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

которые играют ключевую роль в процессах фотосинтеза и дыхания, выполняя функцию либо посредников между метаболитами углеводного обмена, либо сами являются метаболитами углеводного обмена.

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

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

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

Так, сведения о строении и свойствах *хлорофилла* не рассматриваются ни в одном учебнике, в то время как именно *это*

соединение снабжает всю биосферу солнечной энергией, поэтому неслучайно основоположник учения о фотосинтезе К.А. Тимирязев писал: «Хлорофилловое зерно служит, ...посредником между всей жизнью на земле и солнцем» [121, 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 [45; 85; 86].

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 [86, с. 78].

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

В осуществлении механизмов фотосинтетического и 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 [83]. 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 [85, с. 77]. Данный механизм вносит определенный вклад в создание протонного градиента по разные стороны мембран тилакоидов, но не является главным. Основным же механизмом по созданию данного градиента является работа «протонной помпы», для понимания которой необходимы знания о структуре и свойствах хотя бы основных компонентов электронтранспортной цепи: цитохромов, пластохинонов и убихинонов, но они в данном учебнике даже не упоминаются. Большинство авторов других отечественных учебников вообще не привлекают теорию Митчелла для объяснения механизма образования АТФ.

В учебнике по общей биологии под редакцией А.О. Рувинского (для 10–11 классов школ с углубленным изучением биологии) вновь делается попытка использовать основные положения хемиосмотической теории П. Митчелла для объяснения механизма синтеза АТФ. Для этих целей авторы указывают (называют)

основные компоненты ЭТЦ, локализованные в мембранах хлоропластов и митохондрий, но при этом не рассматривают их химической структуры [86, с. 70, 81–83]. Итог такого подхода малоэффективен: при объяснении фосфорилирования, имеющего место в световой фазе фотосинтеза, основные идеи вышеупомянутой теории вообще не используются, а при объяснении механизма окислительного фосфорилирования такая попытка делается, но вряд ли она приводит к пониманию механизмов создания электрохимического градиента протонов, так как учащиеся не имеют ни малейшего представления о химической структуре компонентов ЭТЦ, и поэтому понять механизм работы всего этого комплекса на уровне терминов весьма затруднительно.

Приведенные факты и логические рассуждения дают основание для утверждения, что изучение химической структуры и свойств таких соединений, как *органические кислоты, углеводы, хлорофиллы, цитохромы, пиридиновые и флавиновые нуклеотиды (NAD⁺, NADP⁺, FAD, FMN), пластохинон и убихинон*, 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 физико-химические знания создают условия для целенаправленного использования и углубления понятия «*окислительно-восстановительная реакция*» при изучении сущности фотосинтеза и дыхания, которые, являясь звеньями углеводного обмена, обеспечивают энергетическим и пластическим материалом все другие частные обмены клетки. При таком подходе к изучению данных процессов будут отражены и современные достижения науки в понимании механизмов метаболизма клеток.

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

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

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

В предыдущем исследовании нами дано естественно-научное и философское обоснование сущности понятия «сопряжение» как одной из внутренних сторон взаимодействия, которое послужило основой для рекомендации возведения данного понятия в ранг естественнонаучной категории познания неживой и живой природы [128]. Одним из важнейших механизмов, отражающих и конкретизирующих внутреннюю (содержательную) сторону взаимодействия на молекулярном уровне, является механизм сопряжения окислительных и восстановительных реакций, сыгравших важнейшую роль в зарождении и в последующей эволюции жизни на Земле. Сопряженными называют «химические реакции, которые протекают только при наличии хотя бы одного общего реагента, причем одна из реакций возбуждает или ускоряет другую» [116]. Суть явления сопряжения в данном случае проявляется в том, что самопроизвольно протекающая в системе химическая реакция индуцирует протекание в той же системе другой химической реакции, неосуществимой в отсутствие первой. Такое сопряжение химических реакций иначе называют химической индукцией. Явление химической индукции было подробно изучено Н.А. Шиловым на примере сопряженных реакций окисления. Им же было дано объяснение этому явлению, согласно которому химическая индукция обусловлена тем, что сопряженные реакции протекают через общие активные промежуточные вещества [154].

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

1) индуктор – компонент, взаимодействие которого с одним из исходных веществ индуцирует превращение другого исходного вещества;

2) актор – исходное вещество, реагирующее с индуктором;

3) акцептор – компонент, который может вступать в реакцию с актором только в условиях химической индукции. В такой системе сопряженных реакций можно выделить два направления: индуцирующее направление – взаимодействие актора с индуктором в отсутствие акцептора – и индуцируемое направление – реакция превращения акцептора.

Явление химической индукции лежит в основе важнейших физиолого-биохимических процессов, сопровождающихся увеличением энергии Гиббса системы (G), что позволяет клетке получать продукты в концентрациях, значительно превышающих термодинамически равновесные. Это касается, прежде всего, синтеза таких жизненно значимых биополимеров, как белки и нуклеиновые кислоты. Биосинтез этих соединений осуществляется сопряженно с реакцией гидролиза одной из пирогосфатных связей молекулы аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ). Этот процесс сопровождается уменьшением энергии Гиббса и служит универсальным источником энергии для осуществления множества разнообразных химических процессов в клетке. В то же время процессы биологического окисления, являющиеся первичным источником энергии клеток, проходят сопряженно с обратной реакцией – присоединением остатка фосфорной кислоты к аденозиндифосфорной кислоте с образованием АТФ, что сопровождается увеличением энергии Гиббса. Следовательно, чтобы

в системе могла происходить реакция, сопровождающаяся увеличением G , необходимо совершать работу над системой, т.е. необходимо наличие источника работы. По отношению к индуцируемой реакции таким источником может служить индуцирующая реакция, сопровождающаяся уменьшением энергии Гиббса [154].

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

1. Сопряжение возбужденной светом молекулы хлорофилла с фотоокислением воды и восстановлением $NADP^+$ до NADPH.
2. Сопряжение светоиндуцируемого транспорта электронов с синтезом ATP (фотофосфорилирование).

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

сторону их взаимодействия с энергетической точки зрения. Трансмембранные электрохимические потенциалы ионов водорода могут служить источником энергии не только для синтеза АТФ, но и для транспорта веществ, движения бактериальных клеток и других энергозависимых процессов. Это указывает на то, что $\Delta\mu\text{H}^+$ сопряжен не только с синтезом АТФ, но и другими жизненно важными процессами клеточного метаболизма.

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

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

FMN и FAD служат простетическими группами для определенного класса окислительно-восстановительных ферментов, известных под названием флавинодегидрогеназ.

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

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

Выход молекулярной биологии на передовые позиции биологической науки во многом должен определять стратегию содержания биологического образования не только в вузе, но и в школе, в силу того, что основополагающим принципом его содержания является принцип научности. Отсюда следует, что изучение и понимание процессов на молекулярном и субмолекулярном уровнях в курсе общей биологии возможно только на методологической (метапредметной) основе диалектики и содержательной основе курсов физики, химии. При этом биология

не только должна опираться на понятия, законы и теории этих курсов, но и развивать (углублять) их при изучении объектов и явлений живой природы. Только в этом случае будет реализован главный принцип теории развития понятий, согласно которому понятия формируются в развитии и взаимосвязи.

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

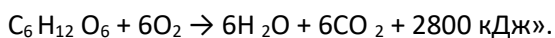
С методологической и методической точек зрения очень важно проследить развитие и взаимосвязь основных теорий, законов и понятий, которые отражают эволюцию (усложнения и разнообразия) вещества как одной из форм существования материи. Одним из основных понятий химии, выполняющих методологическую функцию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

реакции во многом определяют эволюцию вещества, подчиняясь основному закону природы – единства и борьбы противоположностей.

Понятие «окислительно-восстановительная реакция» начинают формировать в школьном курсе неорганической химии и его содержание увязывают только с принятием и отдачей электронов атомами или ионами, которые участвуют в реакции. Данный тип окислительно-восстановительных реакций является исключительно важным, но не единственным. При изучении органической химии учащиеся сталкиваются с другим типом окислительно-восстановительной реакции – отдачей и принятием атомов водорода, однако эти реакции называются – дегидрирования-гидрирования [26]. Авторы школьного учебника органической химии, по-видимому, допускают методическую (методологическую) ошибку, так как не показывают, что реакции дегидрирования-гидрирования также относятся к типу окислительно-восстановительных реакций, тем самым не развивая данное понятие. На этом особо заостряет внимание известный биохимик А. Ленинджер: «Окислительно-восстановительными называются такие реакции, в процессе которых происходит перенос электронов от донора электронов (восстановителя) к акцептору электронов (окислителю). В некоторых окислительно-восстановительных реакциях перенос электронов осуществляется путем передачи атомов водорода; таким образом, дегидрирование и окисление представляют собой по существу два эквивалентных процесса» [71].

Отмеченный выше недостаток, касающийся развития понятия «окислительно-восстановительная реакция» в курсе органической химии, существенно сказывается на использовании и раз-

витии 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 [45, с. 123–126]. Основу катаболизма, как известно, составляет процесс дыхания, и авторы учебника вполне обоснованно приводят общее уравнение этого процесса. Комментарий же к нему следующий: «При расщеплении глюкозы энергия выделяется поэтапно при участии ряда ферментов согласно итоговому уравнению:



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

Существенные пробелы в формировании понятий «дыхание», «фотосинтез» и метаболизма в целом во многом детерминированы отсутствием в содержании материала понятия «NAD» («NADP»). Поэтому авторы учебника по общей биологии, рассматривая анаэробный этап дыхания – гликолиз, вынуждены прибегать к менее научным терминам: «...в мышцах в результате анаэробного дыхания молекула глюкозы распадается (следовало сказать окисляется, прим. автора) на две молекулы пировиноградной кислоты (C₃H₄O₃), которые затем восстанавливаются в молочную кислоту (C₃H₆O₃)». По-видимому, данной фразой авторы

учебника запутывают не только учащихся, но и самих себя в силу того, что подобная интерпретация дыхания является некорректной, так как используются не сопряженные понятия, распад – восстановление. Если следовать законам формальной логики, то понятие «распад» должно использоваться в паре с понятием «синтез», а понятие «восстановление» – с понятием «окисление». Кроме того, химической наукой доказано, что реакции окисления–восстановления являются сопряженными и они во многом обуславливают друг друга.

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

Вышесказанное позволяет заключить, что важнейшее понятие «окислительно-восстановительная реакция», которое закладывается в курсе неорганической химии, в дальнейшем не развивается ни в органической химии, ни в курсе биологии. Это является грубейшей методологической ошибкой, так как нарушается основной принцип формирования понятий, согласно которому понятия формируются в развитии и взаимосвязи [19, с. 86].

Приведенные факты свидетельствуют о непонимании авторами учебников методологической роли понятия сопряжения, содержание которого во многом определяет применение и

развитие понятия «окислительно-восстановительная реакция», которые только во взаимной связи между собой (сопряжении) могут играть важнейшую методологическую роль в превращении вещества и энергии во всех типах клеток, существующих на Земле.

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

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

Развитие диалектической логики означает дальнейшую разработку категорий материалистической диалектики, обогащение их содержания, выдвижение *новых понятий*, выступающих в роли категорий диалектики, установление связи между ними, построение системы, позволяющей в наиболее полном виде выражать их содержание и продвигать научное знание вперед. Опираясь на это фундаментальное положение, авторы статьи дали в предыдущем исследовании достаточно глубокое философское обоснование сущности *сопряжения* как важнейшей стороны *взаимодействия* [8].

Взаимодействие не является однозначным процессом. В одних случаях воздействия между объектами приводят к их деградации, разрушению, снижению уровня организации, в других – к объединению, созданию более сложной системы, у которой возникает *новое качество*. Второй тип (сторона) взаимодействия нами был охарактеризован как *сопряжение*. В словаре русского языка С.И. Ожегова понятие «сопряженный» трактуется как «взаимно связанный, непременно сопровождаемый чем-нибудь» [13, с. 650].

Проведенный ранее теоретический анализ показал, что природа широко использует *сопряжение* как принцип эволюции вещества. Действие этого принципа имеет место во всех природных формах движения материи: физической, химической и биологической [13]. Особенно важен этот принцип при возникновении новой формы движения материи, у которой возникает абсолютно *новое качество*.

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

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

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

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

Сама теория эволюции сегодня и обосновывается, и обогащается в двух противоположных направлениях: 1) по линии «перевода» ее основных понятий и законов на язык физики и химии и доказательства полной совместимости «дарвиновской эволюции» с известными физико-химическими законами (работы Н. Пригожина, М. Эйгена, А.П. Руденко, С.Э. Шноля и др.); 2) по линии все более органического и глубокого «привития» к современным эволюционным представлениям идей целостности, системности, организованности живого, столь плодотворно начатое русской морфологической школой А.Н. Северцева – И.И. Шмальгаузена [84, с. 61]. Второе направление дает основание для утверждения, что новые, диалектически обоснованные философские идеи, принципы и категории позволят выявить стратегию более глубоких механизмов, лежащих в основе эволюции живого.

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

В истории биологической науки довольно долго *организм и среда* противопоставлялись друг другу. Этому способствовала, в частности, и концепция «сверхорганизма» Ф. Клементса, согласно которой биоценоз есть своего рода сверхорганизм. Из этого положения неизбежно следовало противопоставление биоценоза биотопу так же как организма – окружающей его неживой среде. По-видимому, эта точка зрения сказалась и на содержании определения понятия «коэволюция» (от лат. *со-эволюция*), которая в биологическом словаре трактуется как «эволюционные взаимодействия организмов разных видов, не обменивающихся генетической информацией, но тесно связанных биологически. В процессе коэволюции складываются такие отношения, при которых виды-партнеры становятся в определенном смысле взаимно необходимыми. Результатом коэволюции являются взаимные адаптации (коадаптации) двух видов, обеспечивающие возможность их совместного существования и повышение устойчивости биоценоза как целостной системы» [97, с. 290].

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

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

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

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

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

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

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

На заре биологической эволюции атмосфера была восстановленной, а в мировом океане было растворено значительное количество органических соединений, созданных в результате абиогенного синтеза. В основе обмена первичных гетеротрофных организмов лежал малоэффективный, с энергетической и пластической точек зрения, процесс *брожения*. Вместе с тем этот тип обмена веществ значительно повысил концентрацию углекислого газа в атмосфере. Истощение запаса всех органических веществ первобытного океана означало трагический конец этапа *первичной гетеротрофии*, а вместе с ним и самой жизни на планете Земля. Выход из сложившегося кризиса стал возможен благодаря уникальной способности живых систем – изменчивости, которая во многом обусловлена действием внешних факторов на генную систему организмов, в результате чего возникали крупные мутации. Появление таких ароморфозов (по А.Н. Северцеву) или, скорее, арохимозов (по А.В. Благовещенскому) вывело на алтарь эволюции новые типы обмена веществ, прежде всего, такой как *хеморедукция (анаэробный хемосинтез)*, которая позволила существенно снизить в атмосфере концентрацию таких вредных газов, как сероводород, водород и аммиак. Наряду с хеморедукцией природа за счет крупных мутаций «предложила» и

другие типы обменов, которые попали под контроль естественного отбора. Наибольший приоритет в процессе отбора получили механизмы автотрофной ассимиляции – *фотосинтез*, обеспечивший мощное ускорение темпов развития жизни. Приоритет этого типа обмена веществ обусловлен тем, что в нем используются *огромные исходные ресурсы внешней среды (энергия солнца и вода)*. В то же время сам процесс явился основой анаболизма на планетарном уровне, обеспечивая все другие организмы энергетическим и пластическим материалом для их жизнедеятельности в форме органических веществ. Эта огромная возобновляемая биомасса явилась основой не только для ускорения биологической эволюции животных, но и социальной эволюции человека благодаря модификации части органических веществ в каменный уголь, нефть, газ и т.п.

Кислород, выделяющийся в процессе фотосинтеза, существенно преобразовал атмосферу планеты, сделав ее *окисленной* (появилась *вторичная гетеротрофия, хемосинтез*). *Анаэробное дыхание* сменилось *аэробным*, обеспечивающим организмы большим количеством энергетического и пластического материала. Часть кислорода атмосферы преобразовалась в *озоновый экран*, который защитил все живое от жесткого ультрафиолетового излучения. Снижение ультрафиолетового излучения позволило организмам мирового океана выйти на сушу и организовать *наземные экосистемы*, которые существенно изменили облик (внешнюю среду) планеты. Кроме того, фотосинтез играет важную роль в снижении концентрации углекислого газа в атмосфере. Это позволяет поддерживать относительно постоянным температурный режим окружающей среды и избежать парникового эффекта на планете Земля.

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

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

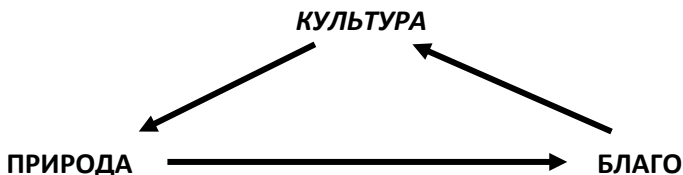
2.10. СОПРЯЖЕНИЕ ФИЛОСОФСКОГО И БИОЛОГИЧЕСКОГО ЗНАНИЯ КАК ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ

Необходимость более высокого уровня интеграции философских и естественно-научных знаний, на современном этапе развития цивилизации, предопределена существующими глобальными экологическими противоречиями во взаимодействии между природой и обществом (культурой). Результатом межнаучных знаний является их перевод на новый качественный уровень – создание интегрирующих понятий, законов, теорий, которые позволят вскрыть сущность изучаемых явлений и их взаимосвязь, управлять этими явлениями, прогнозировать их, и на этой основе решать актуальные проблемы практики. Новый уровень интеграции философских и естественно-научных знаний позволит создать современную объективную картину мира, *адекватную практической реальности бытия общества, что предопределил стратегию* формирования экологического мышления и сознания у всех его членов. В качестве одного из интегрирующих оснований между философией и естествознанием, природой и обществом автор предлагают категорию сопряжения.

Формирование экологического мышления, сознания и экологической культуры возможно только на основе современного *научного мировоззрения* – системы принципов, взглядов, ценностей, идеалов и убеждений, определяющих направление деятельности и отношение к действительности отдельного человека, социальной группы, класса или общества в целом. Мировоззрение определяет жизненную программу личности, идеалы и убеждения, интересы и *ценности*. В конечном счете, оно обуславливает линию поведения людей [126, с. 222].

Противоречивые взаимоотношения человека и природы являются источником различных позиций человека по отношению к природе, возникающих в истории человеческой мысли. Диалектически противоречивое единство во взаимодействии общества и природы, человека и среды его обитания, обеспечивается, по словам Маркса, *материальным производством*. «Труд, – писал К. Маркс, – есть прежде всего процесс, совершающийся между человеком и природой, в котором человек своей собственной деятельностью опосредствует, регулирует и контролирует обмен веществ между собой и природой» [141, с. 188]. Благодаря этому обмену веществ достигается единство человека и природы, ее преобразование и приспособление потребностям человека, так создается «вторая природа» – искусственная среда обитания человека, которая во многом обуславливается особенностями его культуры и социальной организации.

Основной целью всех культур человеческого общества являлось получение максимального *блага* за счет естественной природы. Именно эта доктрина стала главной причиной экологического кризиса на современном этапе развития социума. В период научно-технической революции, когда темпы развития производительных сил многократно возрастают, человечество имеет возможность многократно (в короткий период времени) увеличить свое благо, при этом многократно усиливается и негативное воздействие на природу. Вместе с тем *общественное сознание* не успевает в своем развитии за техническим прогрессом и пока не способно в должной мере осознать надвигающуюся экологическую катастрофу не только для человека, но и биосферы в целом. Принципы взаимоотношений между культурой и природой, существовавшие до XXI века, можно выразить следующей схемой:



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

Современная экологическая проблема является комплексной, поэтому ее решение возможно лишь на основе диалектического анализа ее связей с различными аспектами общественного бытия. К числу таких аспектов следует отнести такие как: научно-познавательный, технологический, социально-экономический, политический, культурный, идеологический, этико-гуманистический эстетический и др. Однако осмысление каждой из этих проблем или каждого отдельного аспекта единой экологической

проблемы всегда проводится на основе тех или иных *общепилюсофских позиций, задающих мировоззренческие и методологические ориентиры* как для исследования, так и для планирования практического курса действий.

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

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

На необходимость пересмотра мировоззренческих представлений, всей *философской картины мира* указывал в свое время еще В.И. Вернадский, определивший роль живого вещества в планетарных процессах миграции химических элементов и энергии и доказавший, что взаимодействия между обществом и природой достигли принципиально нового уровня организации в рамках ноосферы. Дальнейшее развитие природы и общества в рамках ноосферы, по мнению В.И. Вернадского, может осуществляться лишь путем их коэволюции [20; 21].

О необходимости пересмотра философского мировоззрения высказывался позднее П. Тейяр де Шарден. Указывая на то, что в целом мир «революционизирован наукой», он в этом процессе особое место отводил биологии. В частности, он писал: «в середине XIX века под влиянием биологии начал наконец проливаться свет, выявляя необратимую взаимосвязь всего существующего», – что обусловило отказ от прежней механистической картины мира и становление эволюционистских представлений как адекватного отражения реального бытия Уинверсума [141, с. 214–216].

Неизбежность перехода к новой системе мировоззрения постулировал и Альберт Швейцер, мотивировав его нравственным упадком культуры как *основы мировоззрения индустриального общества*, попирающего элементарные этические нормы сохранения жизни. Базисом новой культуры, а, следовательно, и мировоззрения, должно стать, – по его мнению, благоговение перед жизнью [150]. Долгое время многие философские и естественно-научные достижения и прогностические идеи В.И. Вернадского, А. Швейцера, оставались практически невостребованными. В настоящее время период развития социума на основе этих плодотворных идей возникло новое научное направление – *биофилософия*, фиксирующее современный синтез философского и биологического знания.

В основе современного неклассического познания лежат представления о процессуальности, разнородности, неравновесности и нелинейности бытия. В связи с этим известные трансформации претерпевает и философия. В ней также происходят значительные изменения, характеризующиеся все *большим синтезом философского и научного знания*. Особо значимой в трансформации господствующих мировоззренческих представлений

является *интеграция философских и биологических знаний*, которая дает ощутимый импульс для построения новой универсальной картины мира и адекватного исторической эпохе философского мировоззрения, которое предопределил ценностные приоритеты, социальную, политическую и экономическую стратегию развития культуры и цивилизации в целом.

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

Концептуальным ядром биофилософии является ***понятие жизни***, которое в наше время приобретает *статус многозначной философской категории и основополагающего принципа* понимания сущности мира и человеческого существования в нем. Возрастающая роль мировоззренческой составляющей

в биоцентристских концепциях жизни должна послужить стимулирующим мотивом расширения исследовательского поля биофилософии как основы новых фундаментальных мировоззренческих, методологических и аксиологических представлений о месте и роли жизни в Универсуме. В таком контексте концепции **биоцентризма, антропоцентризма и космоцентризма** переходят из класса антиподов научного познания в класс основополагающих взаимодополнительных принципов познания жизни, определяющих возможности и перспективы ее сохранения и развития [161, с. 11].

В настоящее время проблема антропогенного влияния на мир живой природы вообще и человеческой в частности, одинаково актуальна как для биологии, так и для философии. Ее исследование только средствами биологии или какой-либо другой конкретной науки малопродуктивно. Для решения глобальных экологических проблем нужен *новый уровень интеграции биологии и философии* при максимальном учете достижений других наук. Такая интеграция, считает Р.С. Карпинская, может быть осуществлена в рамках биофилософии [161].

По мнению И.К. Лисеева, особое место в системе теоретических и методологических предпосылок становления биофилософии занимают **организменная, эволюционная и коэволюционная концепции биологии**, выполняющие функции **своеобразных моделей развития культуры**. Данный автор раскрыл ценностное значение этих концепций в истории культуры вообще и философской в частности. *Организменная познавательная модель мира*, сыгравшая важную роль в понимании *структурной организации* бытия природы, общества, космоса сформировалась по аналогии с биологическим устройством живого организма. *Эволюционная познавательная модель*, ставшая господствующей парадигмой

естествознания с середины XIX века, благодаря исследованиям Ж.Б. Ламарка и Ч. Дарвина, в наше время приобретает универсальное значение для понимания процессов развития любых объектов и явлений, в том числе и процессов развития самой биологии и философии. Сущность этой концепции зафиксирована в понятии «*глобальный эволюционизм*». *Козэволюционная познавательная модель*, формирующаяся в настоящее время, имеет огромное значение для осмысления процесса **сопряженного развития природы и общества** в целом, различных видов живого вещества между собой и неживой природой [128, с. 4].

Основу современной культуры, подчеркивает В.С. Степин, составляет система *мировоззренческих универсалий или категорий*, которые выступают своеобразным системообразующим фактором культуры. Эти мировоззренческие универсалии усваиваются людьми в процессе обучения и воспитания и становятся категориальной основой их *сознания и научного мировоззрения*. «Мировоззренческие универсалии определяют не только осмысление человеком мира, его рациональное постижение, но и переживание человеком мира, эмоциональные оценки различных аспектов, состояний и ситуаций человеческой жизни. Смыслы универсалий в этом аспекте предстают как базисные ценности культуры» [149, с. 8]. Мировоззренческие универсалии (категории), отражающие общие принципы организации, функционирования и эволюции неживой и живой природы необходимо философски осмыслить и использовать как методологическую основу для выявления конкретных механизмов *взаимодействия природы и общества*, которые определяют их гармоничное развитие в XXI веке.

Современная философия по темпам развития отстает от науки. Она не интегрирует своевременно научные знания

в должной мере и поэтому не формулирует новые философские категории, которые бы определяли дальнейшую стратегию развития науки. Подтверждением этому является высказывание П.В. Копнина: «сейчас ясно одно, что сама философия уже не может служить поставщиком готовых естественно-научных идей. Последние рождаются в тяжелых муках самими науками» [72, с. 82].

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

Природа широко использует сопряжение как один из принципов эволюции материи. Особенно важен этот принцип при возникновении новой формы движения материи, у которой возникает абсолютно новое качество. Результаты нашего исследования

свидетельствуют, что понятие «сопряжение» используется достаточно широко в естествознании в целом, и в частности, в области физики, химии, биохимии и биологии: «сопряженные точки», «сопряженные системы π -электронов», «сопряженные окислительно-восстановительные реакции», «энергетическое сопряжение», «сопрягающий фактор», «сопрягающие мембраны», «сопрягающие 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 естественно-научной категории познания неживой и живой природы оно становится мощным методологическим средством умственной деятельности учащихся, студентов и преподавателей.

Сопряжение как *внутренняя сторона взаимодействия* сыграло и играет важнейшую роль в эволюции материи, в том числе и в возникновении и эволюции биологической формы движения материи, которая возникла на основе физической и химической форм движения. Доказательством этого положения является высказывание видных ученых, которые подчеркивают, что «в процессе химической эволюции при наличии всех необходимых для нее условий происходит усиление роли сопряженности. Последовательные сопряженные процессы выступают как существенная сторона **организации** динамических неравновесных систем»[150, с. 165] (курсив наш.— С.П.). Остается только добавить, что к таким динамическим неравновесным системам относятся все живые системы разных уровней организации: начиная клеткой

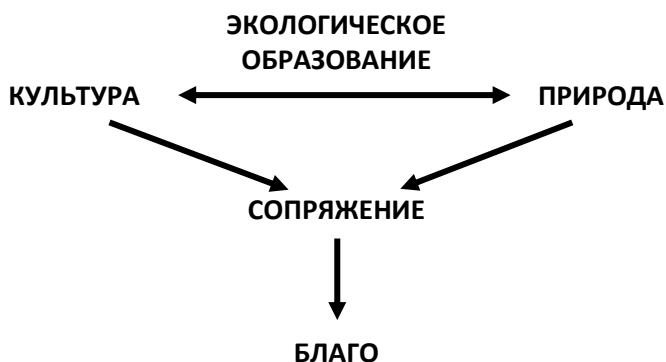
и заканчивая биосферой. Таким образом, повышение уровня организации систем в процессе эволюции материи обусловлено *увеличением сопряженности между ее элементами*.

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

Общие *принципы организации, функционирования* и эволюции неживой и живой природы необходимо философски осмыслить и использовать как методологическую основу для выявления конкретных механизмов взаимодействия между *природой и обществом*, которые определяют их гармоничное развитие в XXI веке. Уровень организации такой системы, как природа и общество многократно возрастает, соответственно, многократно увеличивается количество точек взаимодействия между элементами этой системы. Коэволюция такой системы возможна лишь в том случае, если она будет развиваться как единая сопряженная система – ноосфера. Поэтому неслучайно понятие «сопряжение» целенаправленно используется для разработки моделей гармоничного развития между природой и обществом. Так, например, А.Т. Шаталов и Ю.В. Оленников, характеризуя сущность «Коэволюционной познавательной модели», отмечают,

что она «...имеет непреходящее значение для осмысления процесса сопряженного развития природы и общества в целом, различных видов живого вещества между собой и неживой природой» [149, с. 11] (курсив наш. – С.П.).

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



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

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

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

Национальная доктрина образования Российской Федерации к числу основных целей и задач образования относит *формирование целостного миропонимания и современного научного мировоззрения*, что в значительной мере является прерогативой цикла естественно-научных дисциплин, первостепенными из которых в этом отношении является физика, химия и биология. Новая парадигма меняет узкоспециализированные цели на приобретение *обобщенных знаний о глубинных сущностях окружающего мира, на развитие научных форм мышления.*

Как подсистема общего образования естественно-научное образование должно стать социально значимым фактором из-за своего содержательного, познавательного и мировоззренческого потенциала.

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

Для этого, указывает Л.М. Фридман, в Российском образовании должны получить приоритет методологические основы содержания обучения, овладение учащимися и студентами «основными познавательными средствами, методами и приемами изучаемых наук, с тем чтобы создать необходимую базу для непрерывного самообразования и самосовершенствования. И лишь на базе методологических основ в учебных предметах вуза должно изучаться все остальное содержание обучения как конкретизация и реализация этих основ» [145, с. 121] (курсив наш. – С.П.).

Анализируя методологические проблемы школьного биологического образования, Б.Д. Комиссаров (1991) указывает, что «методы обучения используемые при изучении биологии, направлены на отработку и применение формально-логических операций с готовыми знаниями и не способствуют выработке умений вести поиск новой информации. Деятельность по формированию научного мировоззрения носит начетнический характер и, в лучшем случае, сводится к примерам, подтверждающим

проявление в живой природе законов диалектики. Категории **научная картина мира, методология познания** не освоены биологическим образованием. Нет широкого синтеза концепций философии, этики, эстетики, науки, отвечающего современному содержанию понятия **научное мировоззрение»** [57, с. 5] (курсив наш. – С.П.).

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

По мнению Л.М. Фридмана, в современных условиях полноценный руководитель, специалист – это в определенной степени **исследователь своего дела**, поэтому мышление выпускника вуза должно иметь **научно-теоретический стиль**, чтобы он мог решать возникающие перед ним проблемы научно обоснованно, как исследователь. ...В то время как «происходящая в стране перестройка, широкая гласность наглядно показали,

что значительная часть этих руководителей оказалась профессионально недостаточно компетентной и, что не менее при­скорбно, личностно ущербной» [145, с. 120] (курсив наш. – С.П.).

В педагогической практике, отмечает В.Е. Клементьев, фи­лософской основой российских научно-педагогических иссле­дований составляют два философских учения: *диалектический материализм* и *эмпиризм*. При этом большинство ученых-ис­следователей в своей познавательной деятельности лишь *де­кларируют методологию диалектического материализма* в процессе познания, а на самом деле, стоят на позиции *стихий­ного эмпиризма* в той или иной форме, который-то как раз кри­тикуется в диалектическом материализме» [54, с. 4–5] (курсив наш. – С.П.).

Цель и задача формирования целостного миропонима­ния и современного научного мировоззрения, которые обозна­чены в Национальной доктрине образования Российской Феде­рации, могут быть достигнуты и решены только на основе фун­даментальных научных методологий. По мнению Б.Д. Комисса­рова, методология – это ариаднина нить, ведущая к поставлен­ной цели. Она высветляет «основные ориентиры в поиске путей совершенствования школьной биологии...» [57, с. 3].

Анализ содержания Федерального компонента государ­ственного стандарта общего образования (утвержден прика­зом Минобразования России 5 марта 2004, № 1089) с позиций методологических подходов позволяет констатировать, что фундаментальные философские и общенаучные методологии не обозначаются ни в общих положения стандарта, ни в конкрет­ном стандарте основного общего образования по биологии. Бо­лее того, термин «методология» в данном стандарте вообще

не применяется. По сравнению с предыдущим стандартом (1998 года), в котором четко обозначена эволюционная теория, как методологическая основа биологии, ныне действующий стандарт в методологическом плане имеет существенный недостаток. Попутно можно отметить, что в структуре образовательной области «Биология» прежнего стандарта авторы выделяют три содержательных линии, и в двух из них присутствует термин «система»: «организм – биологическая система», «надорганизменные системы». Это позволяет усмотреть в данном стандарте и элементы второй методологии – системного подхода.

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

Необходимость выработки обобщающего взгляда на мир связаны с тем историческим процессом развития науки, который Ф. Энгельс охарактеризовал как превращение ее из собирающей в упорядочивающую, в науку о связи, соединяющей процессы природы в одно великое целое [155, с. 303]. Такой особой формой систематизации, содержательного и мировоззренческого обобщения научных знаний является современная научная картина мира.

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

По нашему мнению, принципы системного и эволюционного подходов не могут претендовать на основу создания *общенаучной картины мира*, как это пытаются сделать некоторые авторы [2]. Причина, по-видимому, кроется в игнорировании самых общих категорий и принципов диалектического материализма. Доказательством этому является хотя бы тот факт, что в основе эволюционного учения лежит методология более высокого уровня общности – исторический метод, который в свою очередь является ядром диалектики. Системный же подход является конкретизацией принципов диалектического материализма; в основе его лежит философский принцип системности. Отсюда следует, что на основе этих двух подходов нельзя построить *общенаучную картину мира*, а лишь более конкретную картину мира, например, биологическую.

Научная картина мира является важнейшим компонентом оснований науки. Она возникает в результате *синтеза философии и обобщений различных наук* и «является опосредствующим звеном между теорией, философией, наукой и культурой»... «На основе одной конкретно-научной картины мира могут создаваться и существовать несколько общих теорий» [5, с. 246] (курсив наш. – С.П.).

В научной картине мира различают *частные и общие научные картины мира* (ОНКМ). Из них ОНКМ обладают самым *мощным методологическим потенциалом*. Это обусловлено тем, что ее основу образуют наиболее *общие философские категории и принципы*. Ключевым понятием ОНКМ является понятие

«материя». Поэтому не случайно В.И. Ленин подчеркивал, что «картина мира есть картина того, как материя движется и как материя мыслит» [68, с. 375] (курсив наш. – С.П.).

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

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

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

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

- придает наглядность ненаглядным теоретическим конструктам;
- обладает эвристическим потенциалом, участвует в движении и элиминации гипотез;
- ориентирует субъекта на способы решения научных проблем и выбора возможных средств;
- связывает теоретический уровень с эмпирическим, способствуя выработке экспериментальных схем и интерпретации полученных результатов;
- цементирует научное сообщество, обеспечивая единое пространство понимания изучаемых процессов;
- *сопрягает онтологию и гносеологию (объективное знание и познавательный прием);*
- *выступать в качестве парадигмы, исследовательской программы, стиля научного мышления* [5, с. 246] (курсив наш. – С.П.).

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

2.12. ПРЕЗЕНТАЦИЯ КАК ЭФФЕКТИВНАЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ ПРЕДМЕТАМ БИОЛОГИЧЕСКОГО ЦИКЛА В ПЕДАГОГИЧЕСКОМ ВУЗЕ

В основе педагогического взаимодействия лежит сотрудничество, которое является началом социальной жизни человечества. Эффективность такого взаимодействия в современной образовательной практике во многом обусловлена необходимостью общения учителя со своими учениками на языке информационно-коммуникативных технологий. Наиболее продуктивной формой ИКТ считается презентация. По мнению Гомулиной (2013), использование презентаций на уроках высвобождает большое количество времени, которое можно употребить для дополнительного объяснения учебного материала. Облегчает процесс усвоения материала, урок обогащается эмоциональной окрашенностью, возрастает уровень наглядности, повышается интерес к предмету, учащиеся легче усваивают учебный материал.

Особую значимость презентации имеют для подведения итогов собственной научно-исследовательской или проектной работы студентов. В нашем случае, при изучении курса «Микробиология», студенты, анализируя содержание лекций, учебников и материалов интернета конструировали презентацию на тему: *«Организация, функционирование и роль микроорганизмов в природе, народном хозяйстве и медицине»*. На зачетном занятии студенты демонстрировали свои презентации, защищали их и обменивались удачными элементами авторских презентаций друг с другом.

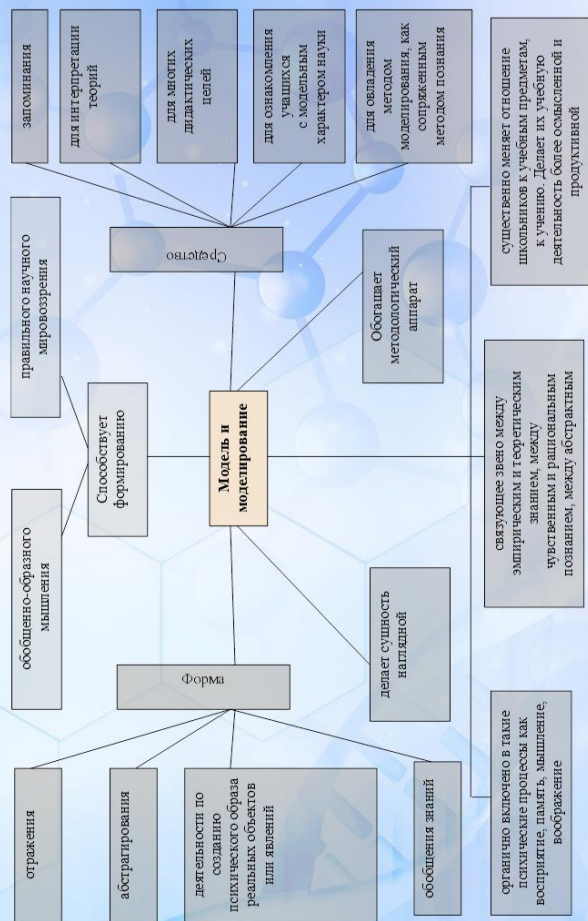
При конструировании презентации студенты имели возможность самостоятельно интерпретировать, уточнять и компоновать изучаемый материал так, чтобы ему стали присущи наибольшая картинность, иллюстративность и содержательность. При этом у субъекта развивалось творческое воображение и фантазия, что позволяло добиться максимального учебного эффекта.

Одна из таких студенческих презентаций представлена в данной работе.

Микроорганизмы: их организация, функционирование, роль в природе и в жизни человека

Выполнили: студентки 3 курса ЕТФ
Бакашова В.К., Киршова А.П.

Гносеологическая функция моделей и моделирования

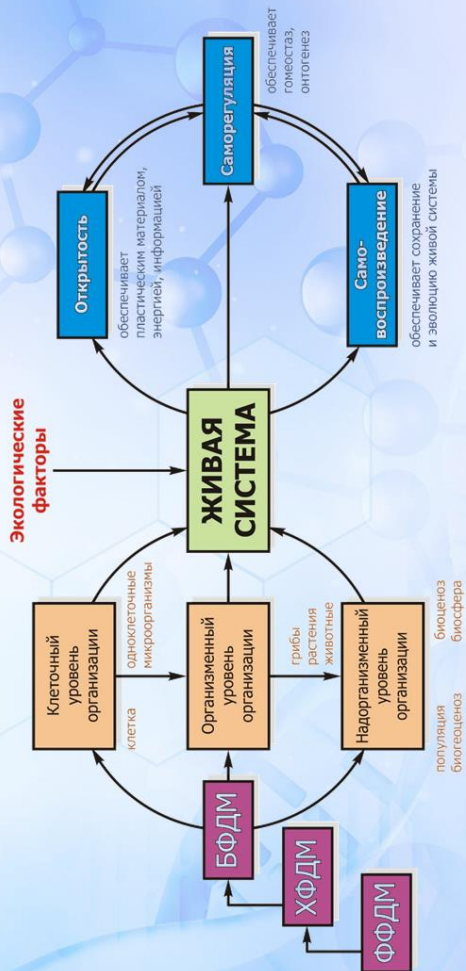




**Молекулярный уровень организации
микроорганизмов**

Общая характеристика живых систем

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

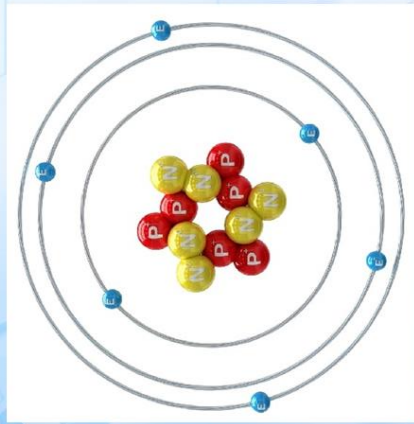


Органоены

Особую значимость в процессе длительной химической эволюции имели сопряжения между шестью химическими элементами (С, Н, О, N, P, S), которые определяют как органоены. В результате многократных сопряжений этих органоенов образовался новый класс химических веществ – органических, ознаменовавших собой начало предбиологической эволюции, которая явилась основой для возникновения первых примитивных форм жизни.

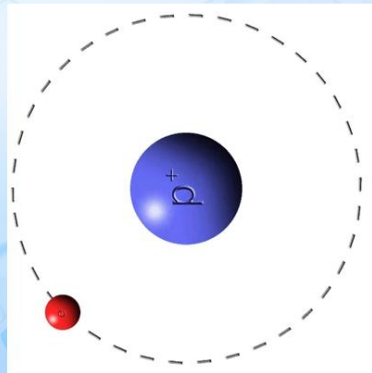
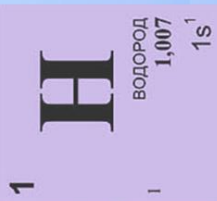
6	1	8	7	15	16
С	Н	О	N	P	S
УГЛЕРОД 12,011 $2s^2 2p^2$	ВОДОРОД 1,007 $1s^1$	КИСЛОРОД 15,999 $2s^2 2p^4$	АЗОТ 14,006 $2s^2 2p^3$	ФОСФОР 30,973 $3s^2 3p^3$	СЕРА 32,006 $3s^2 3p^4$

Шестой элемент периодической таблицы Менделеева с атомным весом 12. Элемент относится к неметаллам и имеет изотоп ^{14}C .



Углерод (C), способный строить комплексы молекул с большим запасом атомов Н; углерод, таким образом, может запасать, концентрировать атомы Н (и, следовательно, электроны) и создавать вследствие этого органические комплексы с большим запасом внутренней энергии.

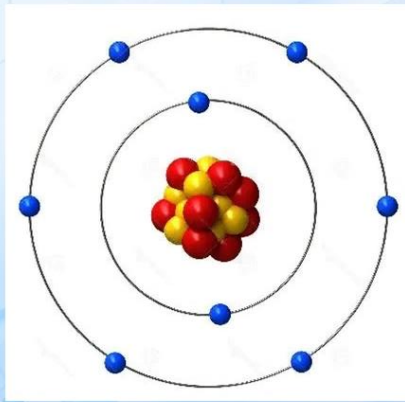
Химический элемент периодической системы элементов Менделеева, который относят одновременно к I и VII группам, атомный номер 1, атомная масса 1,0079.



Водород (Н), несущий один легко диссоциируемый электрон, способный легко взаимодействовать с различными по уровню энергии системами и участвовать, таким образом, в процессах аккумуляции и освобождения энергии; вследствие этого атом Н может рассматриваться как основное биологическое горючее.

Кислород – восьмой по счету элемент Периодической таблицы. Относится к неметаллам. Расположен во втором периоде VI группы A подгруппы.

Порядковый номер равен 8. Заряд ядра равен +8. Атомный вес – 15,999 а.е.м.



8

O

КИСЛОРОД
15,999
 $2s^2 2p^4$

6
2

Кислород (O), который является общим (но не единственным конечным акцептором электронов (или атомов H), образуя при этом систему с максимальной величиной окислительного потенциала и минимальной энергией.

Особенности фотосинтеза прокариот

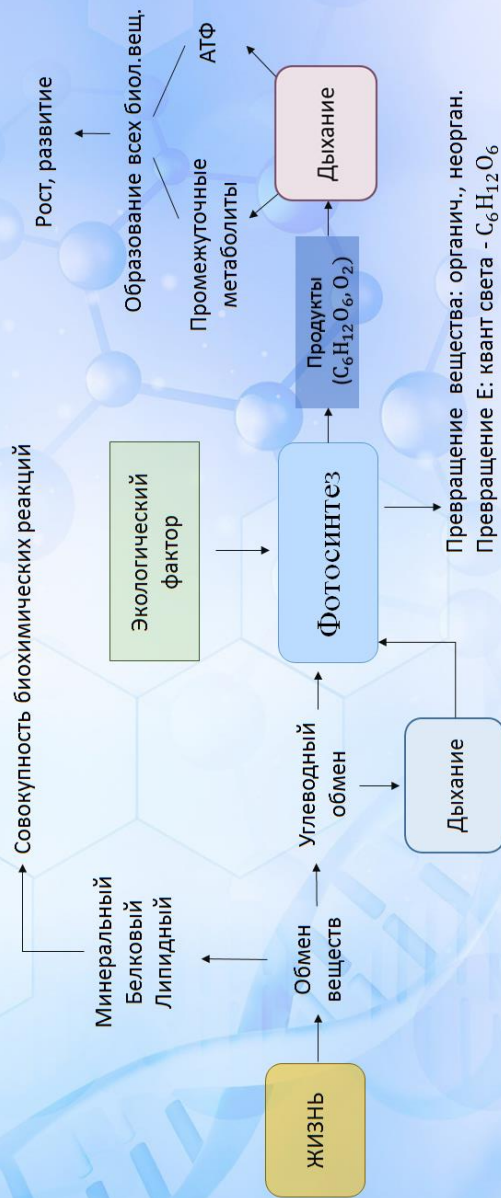
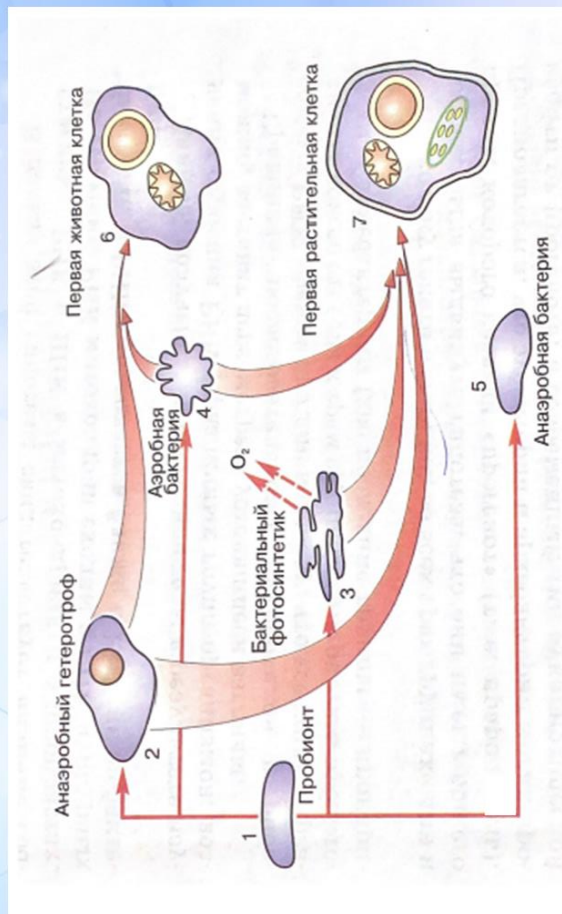
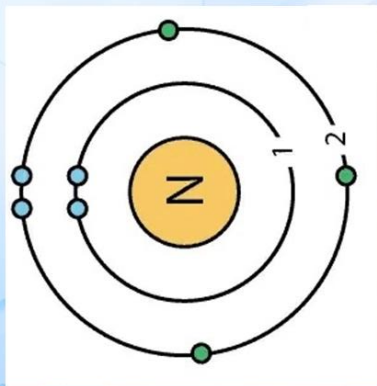


Схема симбиотического образования эукариотических клеток (цифрами указан ход эволюции)



Азот (N) – седьмой по счету элемент Периодической таблицы. Относится к неметаллам. Расположен во втором периоде V группы А подгруппы.

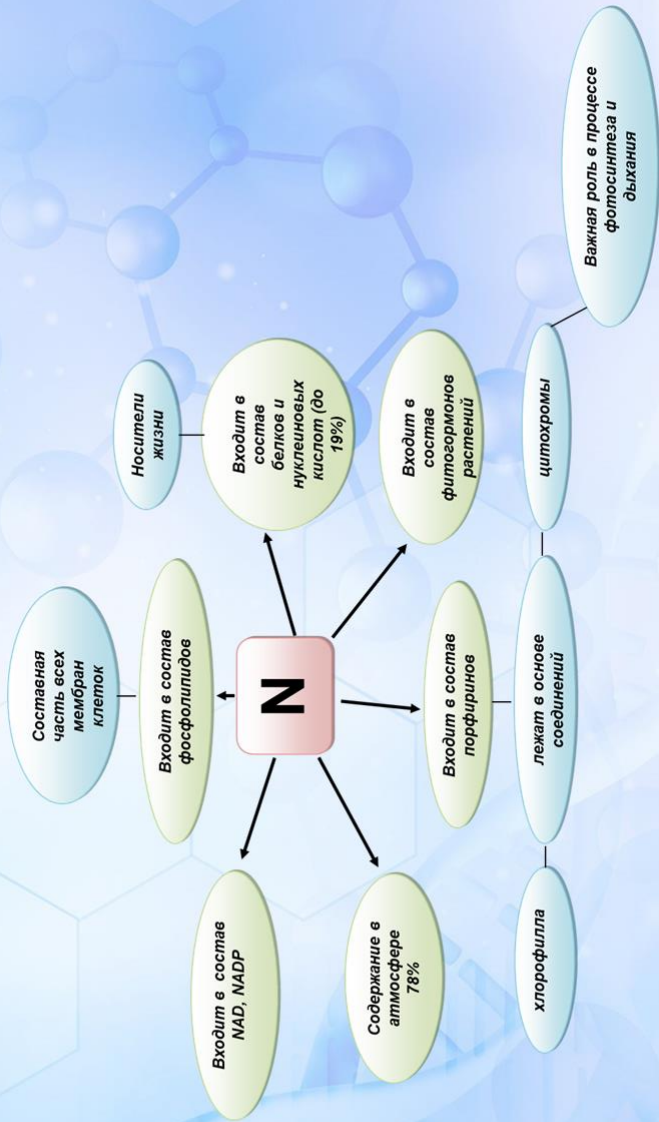
7	N	АЗОТ
5		14,006
2		$2s^2 2p^3$



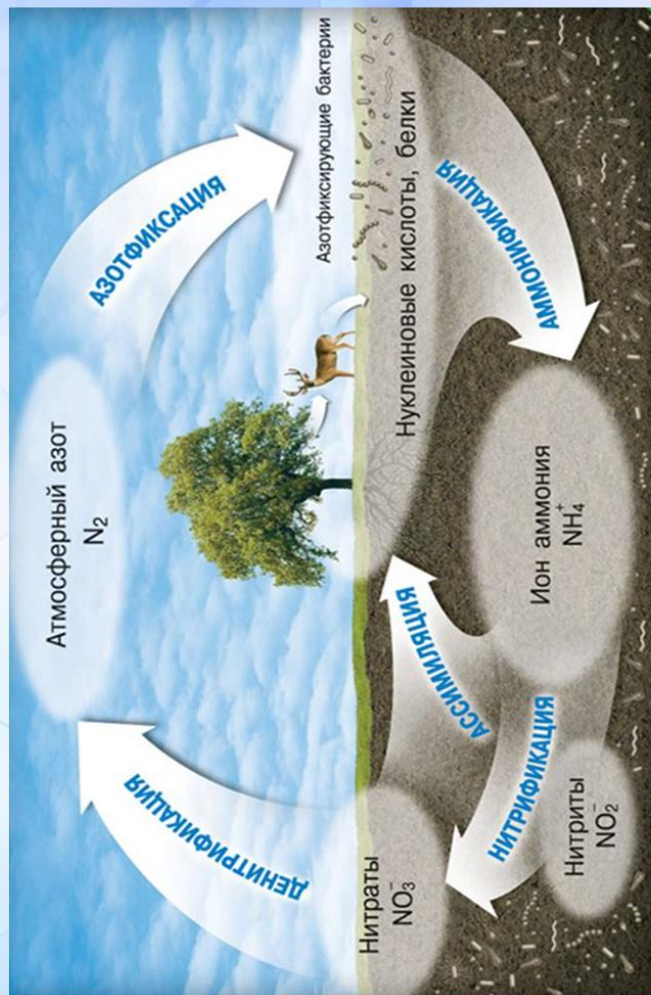
Основа уникальности элемента азота заложена в строении второго электронного слоя. Этот слой может разместить максимально восемь электронов на четырех атомных орбиталях (одна s и три p).

Отличие второго слоя от третьего и более удаленных от ядра атома электронных слоев в том, что он не имеет запасных d-орбиталей. Поэтому максимальное число химических связей для элементов второго периода равно четырем.

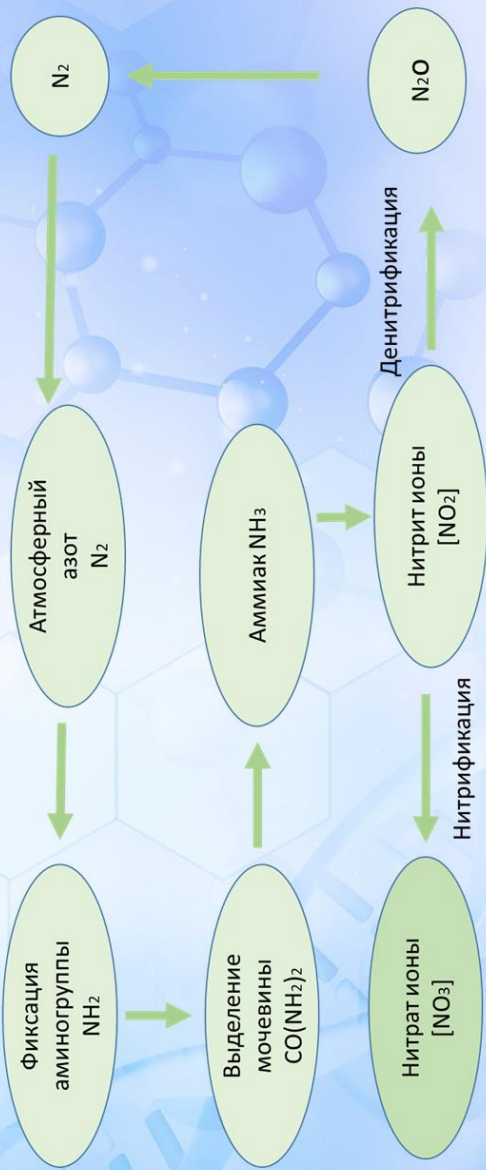
Биологическая роль азота



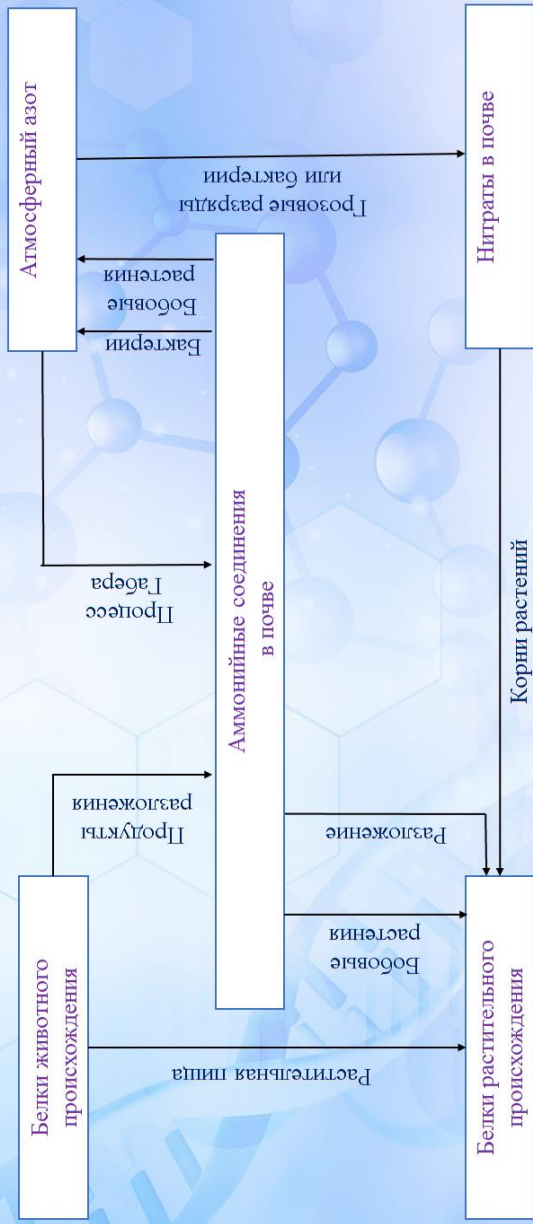
Круговорот азота



Модель круговорота азота в биосфере

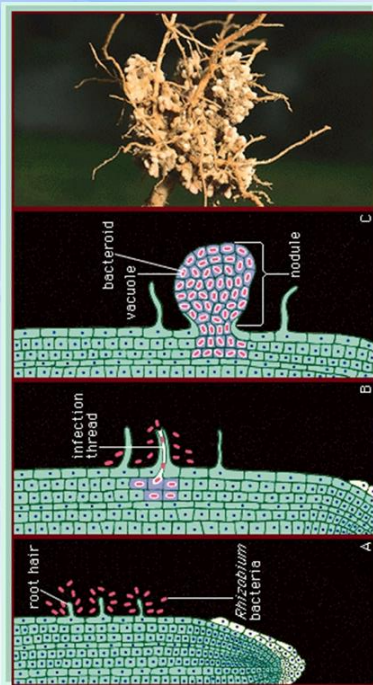


Круговорот азота в биосфере



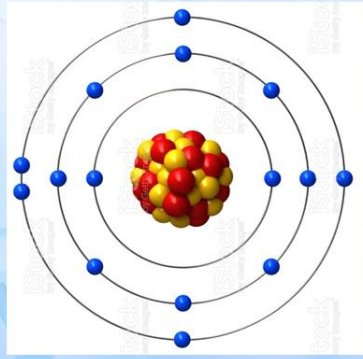
Азотобактерии

Другим источником пополнения азотных соединений почвы является жизнедеятельность так называемых азотобактерий, способных усваивать атмосферный азот. Некоторые из этих бактерий поселяются на корнях растений из семейства бобовых, вызывая образование характерных вздутый - "клубеньков", почему они и получили название клубеньковых бактерий. Усваивая атмосферный азот, клубеньковые бактерии перерабатывают его в азотные соединения, а растения, в свою очередь, превращают последние в белки и другие сложные вещества



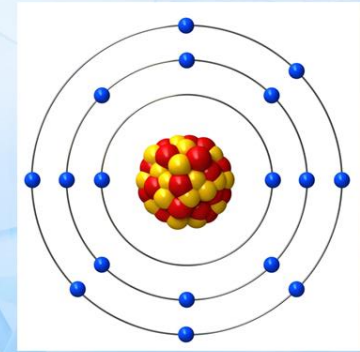
Фосфор (P) расположен под 15 номером в пятой группе, третьем периоде. Следовательно, атом фосфора состоит из положительно заряженного ядра (+15) и трёх электронных оболочек, на которых находится 15 электронов.

15	P	Фосфор
8	2	30,973
		$3s^2 3p^3$



Фосфор относится к р-элементам. На внешнем энергетическом уровне в возбуждённом состоянии располагается пять электронов, которые определяют валентность элемента. В обычном состоянии внешний уровень остаётся незавершённым. Три неспаренных электрона указывают на степень окисления (+3) и третью валентность. Фосфор легко переходит из обычного в возбуждённое состояние.

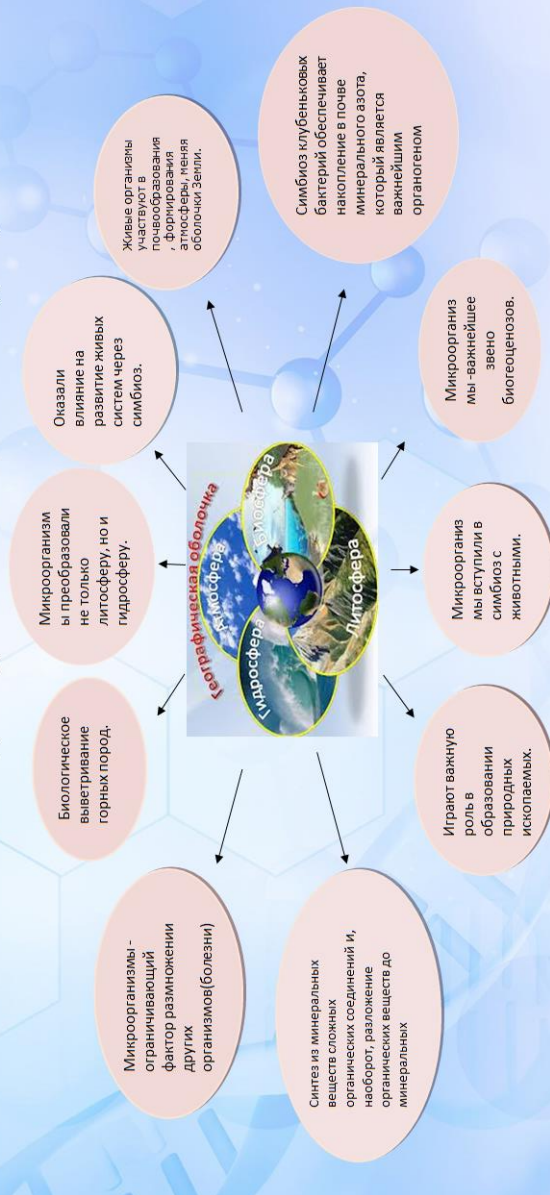
Сера (S) – элемент р-семейства. Атом серы включает ядро с положительным зарядом +16 (16 протонов, 16 нейтронов) и 16 электронов, расположенных на трёх электронных оболочках. На внешнем энергетическом уровне находится 6 электронов, которые определяют валентность элемента. До завершения внешнего р-уровня не хватает двух электронов, что определяет степень окисления серы как -2.



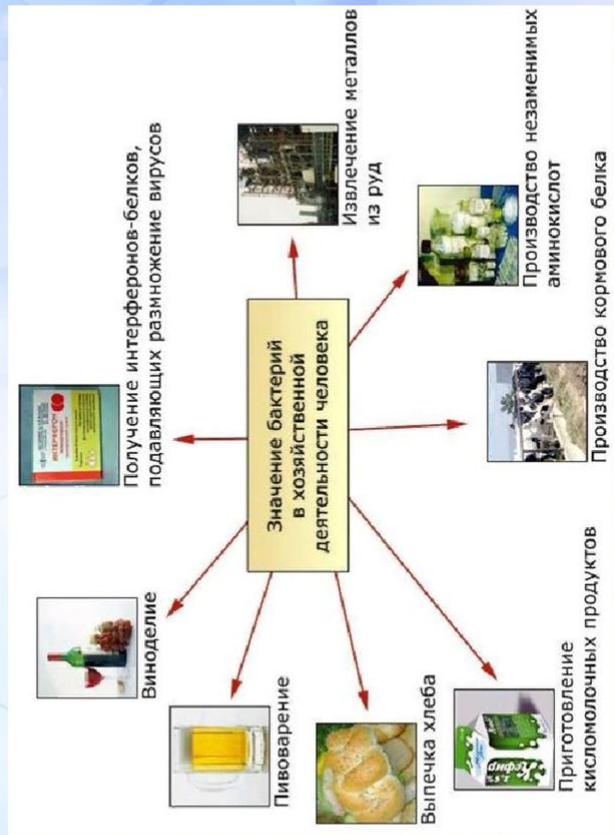
Наличие двух неспаренных электронов свидетельствует о том, что сера способна проявлять степень окисления +2. Также возможно несколько возбужденных состояний из-за наличия вакантной $3d$ -орбитали. Сначала распариваются электроны $3p$ -подуровня и занимают свободные d -орбитали, а после – электроны $3s$ -подуровня.

Этим объясняется наличие у серы ещё двух степеней окисления: +4 и +6.

Роль микроорганизмов в природе



Роль микроорганизмов в жизни человека



Классификация микроорганизмов

По типу питания



- Фототрофы (энергетическим материалом является энергия солнечного света)



- Хемотрофы (энергетическим материалом служат органические и неорганические вещества)

По источнику углерода



- Авотрофные (в качестве единственного источника углерода используют диоксид углерода)



- Гетеротрофные (получают углерод в составе сложных восстановленных органических соединений)

По природе окисляемого субстрата



- Органотрофы (потребляющие энергию при разложении органических веществ)



- Литотрофы (получают энергию за счет окисления неорганических веществ)

По способу получения энергии, углерода и донора электронов

- фотоавтотрофы
- фотогетеротрофы
- хемоавтотрофы
- хемогетеротрофы
- фотолиотрофы
- хемолиотрофы
- хемолитотрофы

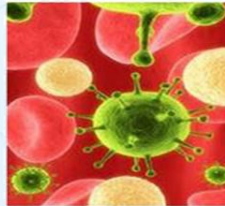
Примеры микроорганизмов

Бактерии



Кокки - возбудители бактериального менингита

Вирусы



Герпес-вирус 6-го типа

Грибы



Дрожжеподобные грибы вида *S. albicans*

Простейшие



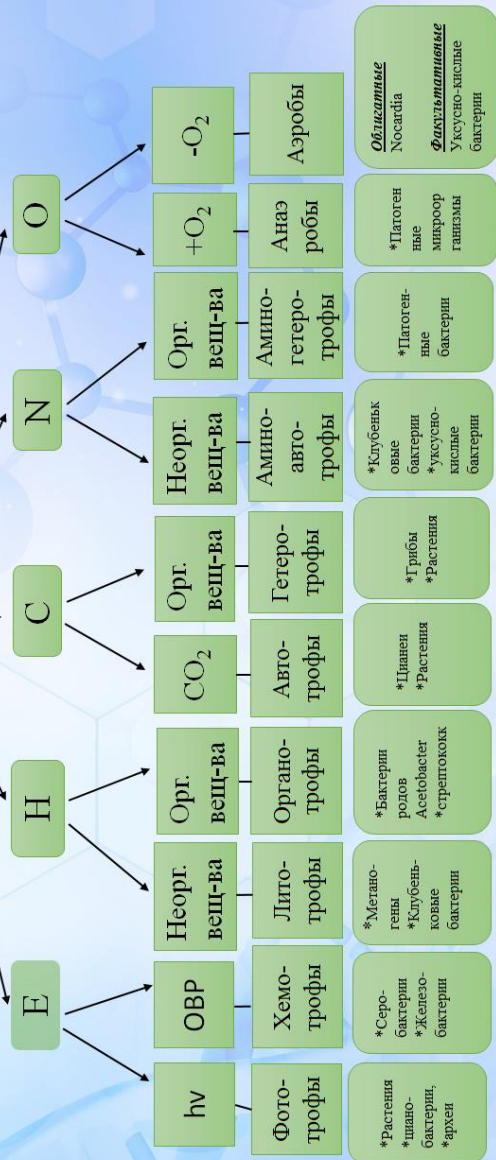
Рагашесии, род простейших одноклеточных

Сине-зеленые водоросли



Цианобактерии

Типы питания микроорганизмов



Хемо-органогетеротрофы



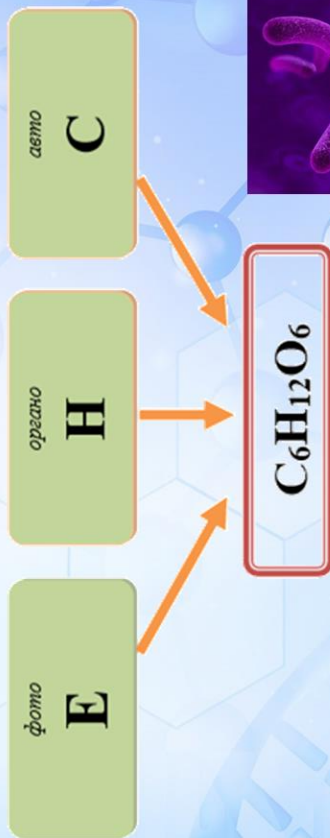
Пример: Сенная палочка (Bacillus subtilis)

Фото-лиго-автотрофы



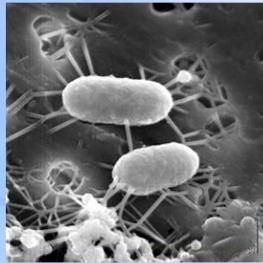
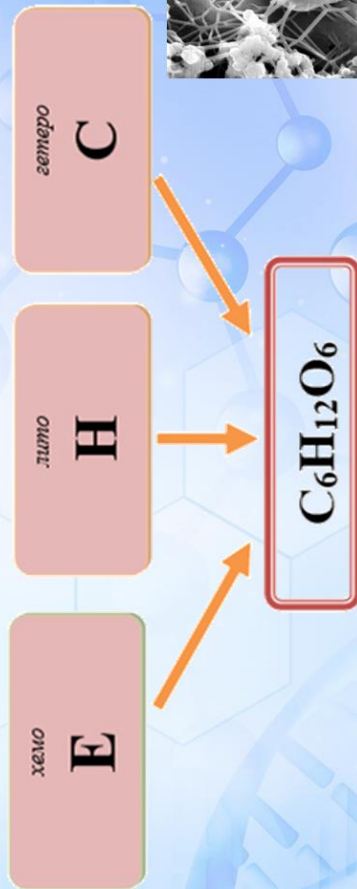
Пример: Цианобактерии (Cyanobacteria)

Фото-орган-автотрофы



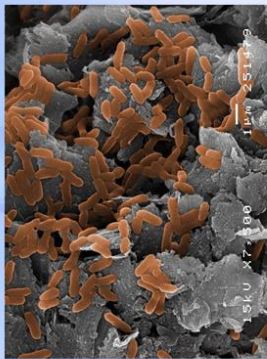
Пример: Пурпурные бактерии (Purple bacteria)

Хемо-лито-гетеротрофы



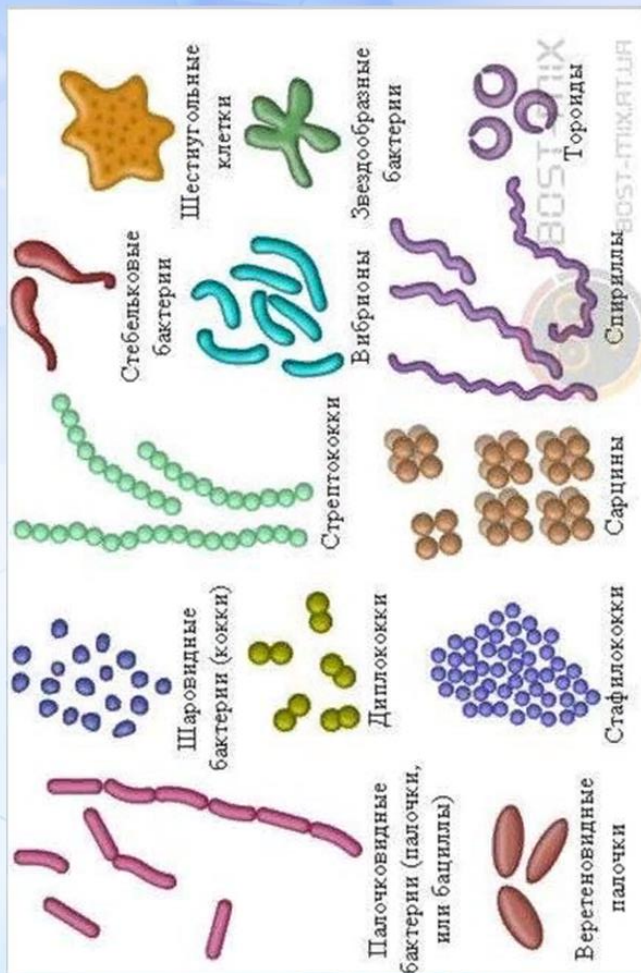
Пример: Ацидофильные железобактерии (Thiobacillus ferrooxidans)

Хемо-лито-автотрофы

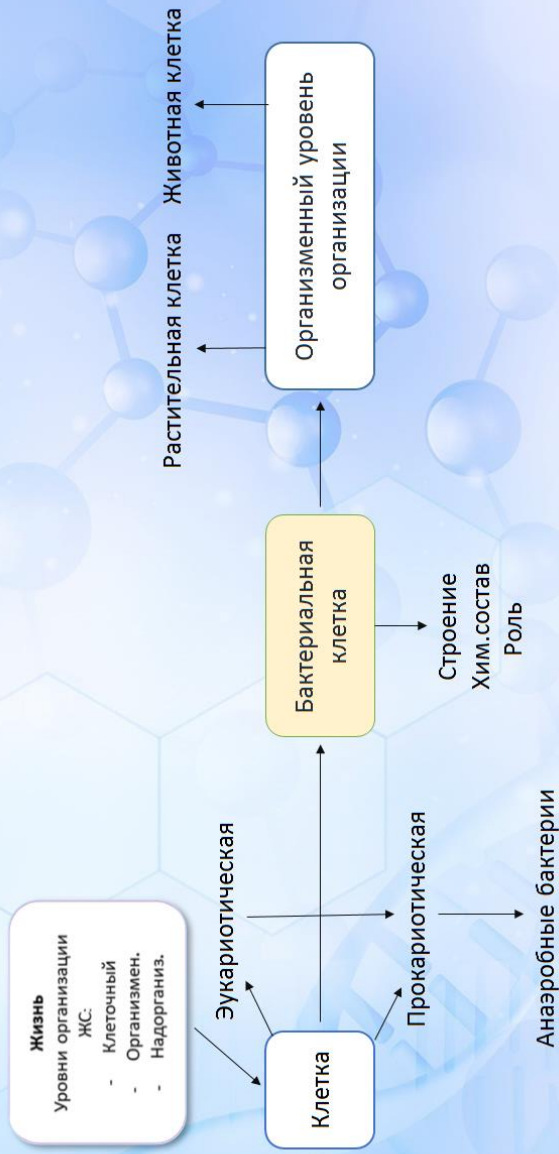


Пример: Тионовые бактерии (Thiobacillus)

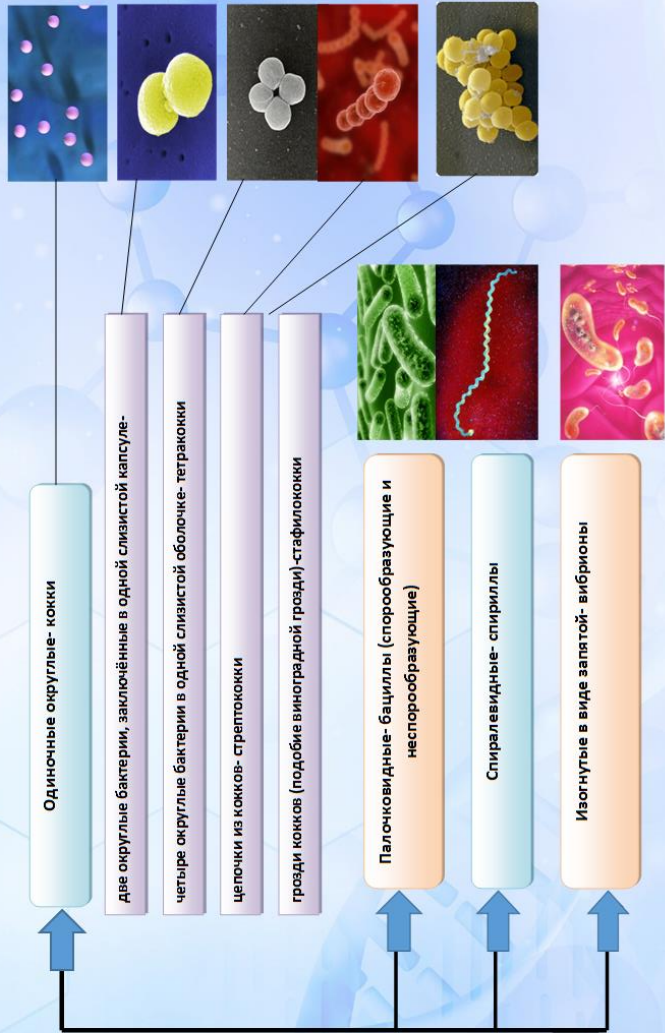
Морфология бактерий



Внутреннее строение бактериальной клетки. Постоянные структуры, их химический состав и роль



Формы бактерий



Формы бактериальных клеток

КОККИ

стрептококки



диплококки



тетрада



сарцина



стафилококки

ПАЛОЧКИ



цепочка из
бацилл



бацилла с
жгутиками



спорообразование

ИЗВИТЫЕ ФОРМЫ



вибрилла

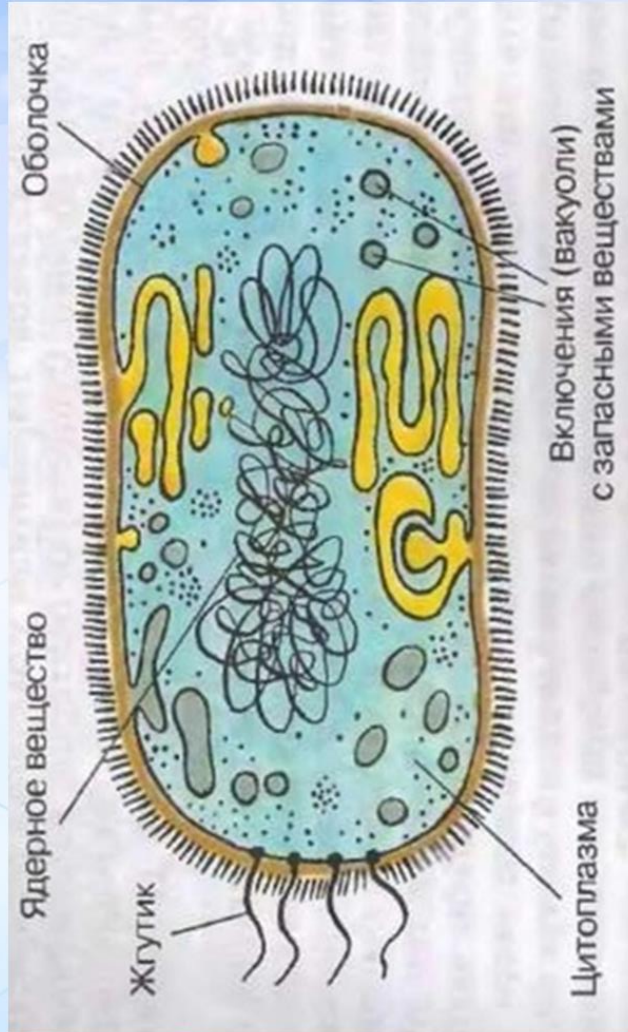


спирилла

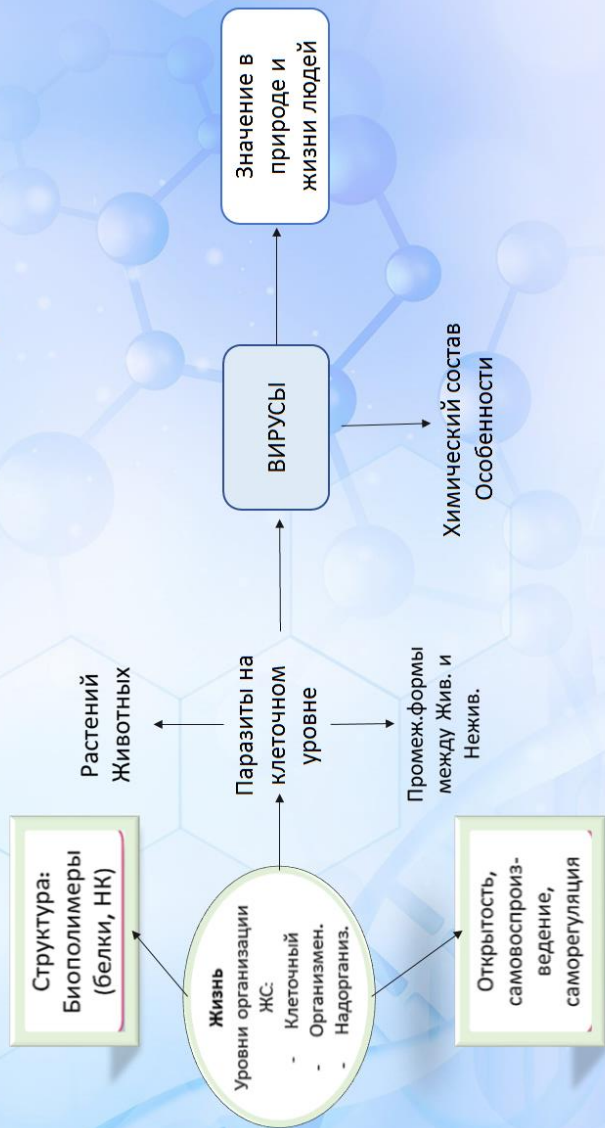


спиروهета

Строение бактерии

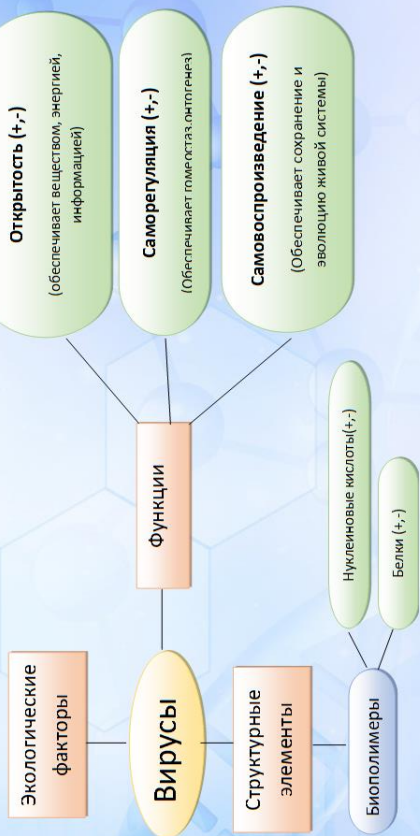


Химический состав вирусов

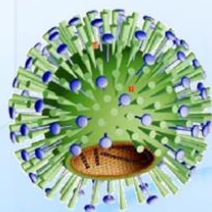


Вирусы как пограничная система между неживой и живой природой

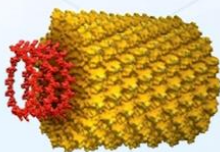
«Живые тела – существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров белков и нуклеиновых кислот». (М.В. Волькенштейн)



Формы вирусов



Вирус гриппа



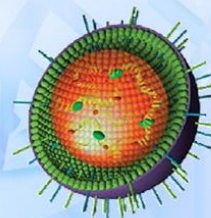
Вирус табачной
мозаики



Вирус гепатита С



ВИЧ



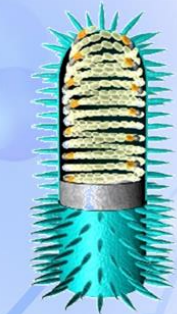
Вирус паровируса



Вирус кори

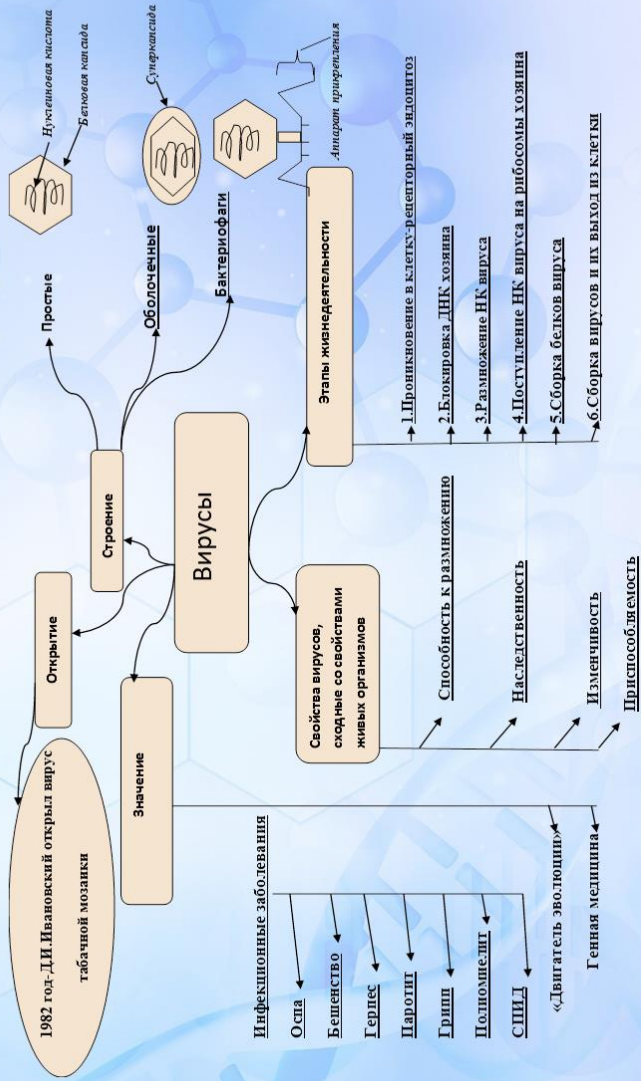


Бактериофаг

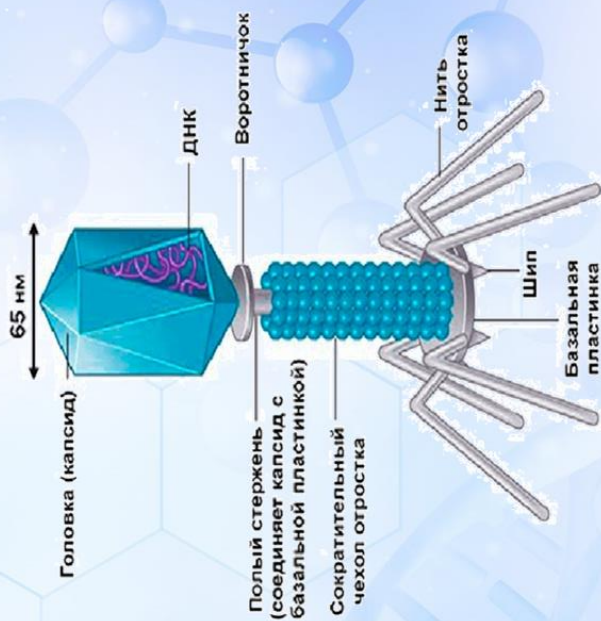


Вирус бешенства

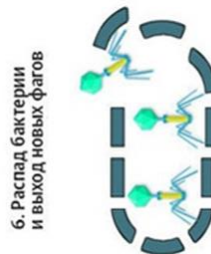
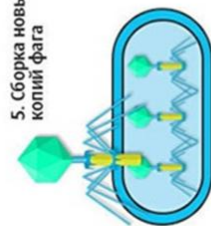
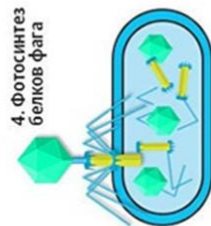
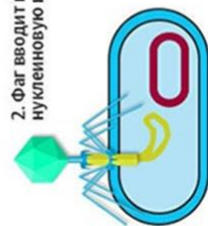
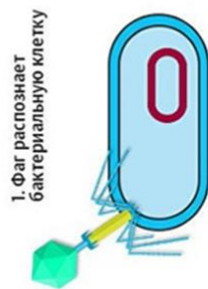
Особенности вирусов



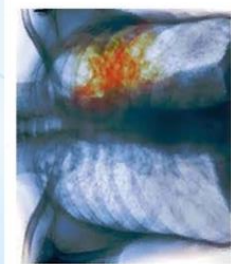
Строение бактериофага



Цикл взаимодействия фага с клеткой



Патогенные микроорганизмы



**ТУБЕРКУЛЕЗНАЯ
ПАЛОЧКА**



**СТОЛЕНЯЧНАЯ
ПАЛОЧКА**



**ХОЛЕРНЫЙ
ВИБРИОН**



**ВОЗБУДИТЕЛЬ
СИБИРСКОЙ ЯЗВЫ**



**ВОЗБУДИТЕЛЬ
ЧУМЫ**

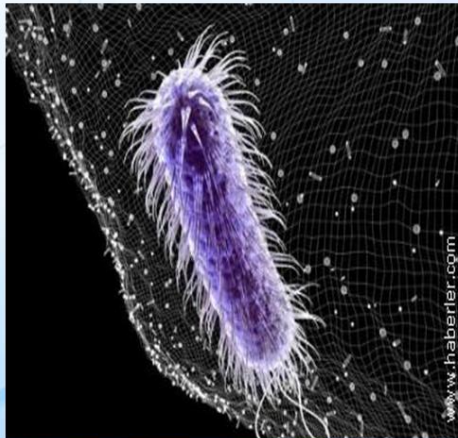


**КИШЕЧНАЯ
ПАЛОЧКА**



**ВОЗБУДИТЕЛЬ
САЛМОНЕЛЛЕЗА**

Helicobacter pylori



Патогенез

Neisobacter являются патогенными для человека и животных и обитают в ротовой полости, желудке, различных отделах кишечника человека и животных (патогенными для человека и животных кроме *H. Pylori* являются также виды *H. nemestrinae*, *H. acinonychis*, *H. felis*, *H. bizzozeronii* и *H. salomonis*). Наибольший уровень сходства по результатам ДНК-ДНК гибридизации отмечен между видами *H. Pylori* и *H. mustelae*.



H. pylori продуцируют фермент уреазу, каталазу, муциназу, оксидазу, гемолизин, щелочную фвысокоактивный фосфатазу, гамма-глутамилтрансферазу, алкогольдегидрогеназу, глюкосульфосфатазу, протеазу, фосфолипазу, белок - ингибитор секреции соляной кислоты, многочисленные адгезины (к цитоскелету, клеточной мембране, ламинину, холестеролу), цитотоксины белковой природы.

Клинические проявления

Размножаясь, бактерия способна разрушает клетки желудка, вызывая хронические воспаления, приводящие к гастриту. Ослабление слизистых способствует появлению язвы и повышает риск развития рака желудка.

При объективном обследовании: язык обложен беловатым налетом, несколько утолщен, с отпечатками зубов по краям. При пальпации эпигастрия определяется умеренно выраженная разлитая болезненность. Продолжительность заболевания 7-14 дней.



Язвенная болезнь желудка и двенадцатиперстной кишки, ассоциированные с хеликобактерами, характеризуются более тяжелым течением и частыми обострениями, которые провоцируются различного вида иммунодефицитами, курением, злоупотреблением алкоголем и др. Язва 12- перстной кишки.

Туберкулез

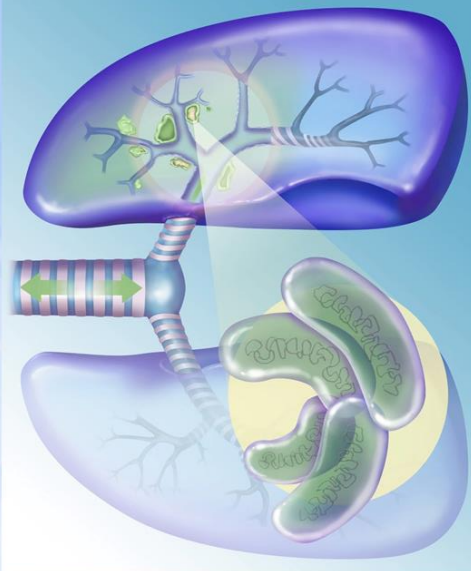
Это заболевание инфекционного характера, возникновение которого провоцирует бактерия туберкулеза *Mycobacterium tuberculosis* или же мы можем встретить другое название – бацилла Коха. После проникновения бациллы Коха во внутренние органы и ткани организма человека, начинает развиваться стойкий воспалительный процесс. Чаще всего бактерия Коха поражает легкие.

Инкубационный период: 3-12 недели

Симптомы: кашель с выделением мокроты, слабость и похудание, анорексия, потливость, лихорадка, боль в груди

Лечение: На первом этапе заболевания врачи вводят одновременно 3-4 противотуберкулезных препаратов и антибиотики, в том числе рифампицин. Благодаря этому и активные, и латентные (скрытые) разновидности палочки Коха умиряют.

Профилактика: вакцинация, проба Манту, флюорография



Холера

Острая инфекционная болезнь характеризующаяся поражением желудочно-кишечного тракта, нарушением водно-солевого обмена и обезвоживанием организма; относится к карантинным инфекциям.

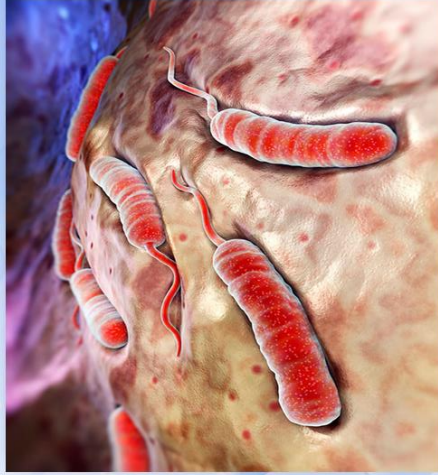
Инкубационный период : колеблется от нескольких часов до 5 суток (чаще 2-3 дня).

Симптомы: жидкий стул (диарея), который чаще всего возникает внезапно, рвота, боли в животе и судороги в ногах.

Лечение: госпитализация, восполнение имеющегося дефицита жидкости и электролитов.

Внутривенное введение полиионных растворов
Диета №4

Профилактика: вакцинация



Скарлатина

Инфекционная болезнь, вызванная обычно гемолитическим стрептококком группы А (*Streptococcus pyogenes*). Проявляется мелкоочечной сыпью, лихорадкой, общей интоксикацией.

Инкубационный период : от 1 до 12 дней

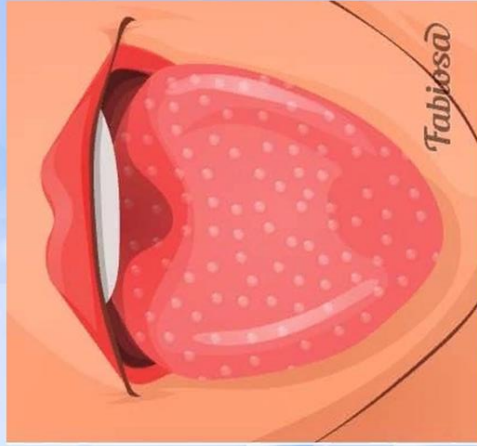
Симптомы: Заболевание начинается остро. Повышается температура тела до 39-40°С и выше, появляются выраженные недомогание, головная боль, боль при глотании, часто — рвота, иногда бред и судороги. В глотке ощущается жжение, глотать трудно. Опухают железы под нижней челюстью, больно открывать рот.

Лечение: диетотерапия (механически щадящая, молочно-растительная), постельный режим в остром периоде (5—7 дней); дезинтоксикация по общепринятым схемам (ОР и парентерально);

Антибиотикотерапия


Профилактика:

Изоляция, прием препаратов повышающих иммунитет



Сибирская язва

Bacillus Anthracis




Неподвижная, крупная форма палочка (5-10 x 1-1,5 мкм) с обрубленными концами

Возбудитель

Бациллы антракса хорошо растут на мексептонных средах. Они выделяют **экзотоксины** – сильнейший яд, вызывающий отек. Вне организма человека или животного образует споры с большой устойчивостью к физико-химическим воздействиям, сохраняющийся во внешней среде до **10 лет**


Источники инфекции

Домашние животные (крупный рогатый скот, овцы, козы, верблюды, свиньи)



Заражение человека


- Контактным путем (при раздавке туш животных, обработке шкур и т.д.)
- При употреблении в пищу продуктов, загрязненных спорами
- Через воду, почву, меховые изделия и т.д.



Формы

Легочная


Заражение происходит через дыхательные пути со спорами или вегетативными формами возбудителя сибирской язва



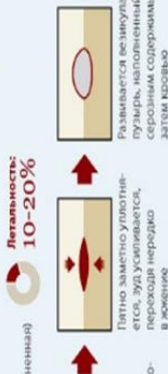
Кожная (наиболее распространенная)

Летальность: 10-20%

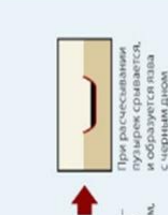
Появляется пятно красноватого цвета, похожее на укус насекомого, начинается зуд.



Питно заметно уплотняется, зуд усиливается, переходя нередко в волдырь.




При расчесывании пузырек срывается, и образуется язва с черным дном




Летальность: 100%

Кишечная

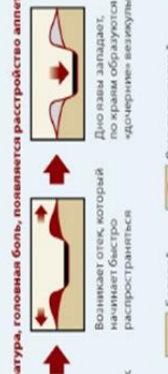
Заражение происходит при употреблении инфицированных продуктов




Поднимается температура, головная боль, появляется расстройство аппетита



Развивается волдырь – пузырек, наполненный серозным содержимым, затем кровью




Язва достигает 8-15 мм и с этого момента называется сибирской язвой



Летальность: около 50%


Профилактика

Важнейшие меры профилактики – санитарно-гигиенические мероприятия, необходимые для обеззараживания

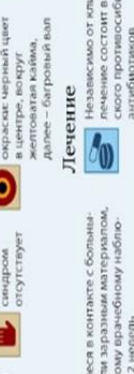


Далее:

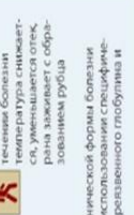
- Рост язвы продолжается 5-6 дней
- Болевой синдром отсутствует
- Язва трехцветной окраски: черный цвет в центре, вокруг желтоватая кайма, далее – багровый вал




Дно язвы западает, по краям образуются «чирочерные» волдыри




При благоприятном течении болезни температура снижается, уменьшается отек, рана заживает с образованием рубца



Лица, находившиеся в контакте с больным, подлежат активному врачебному наблюдению в течение 2 недель



Независимо от величины формы болезни лечение проводится с помощью специфического противосибирского глобулина и антибиотиков



Грипп

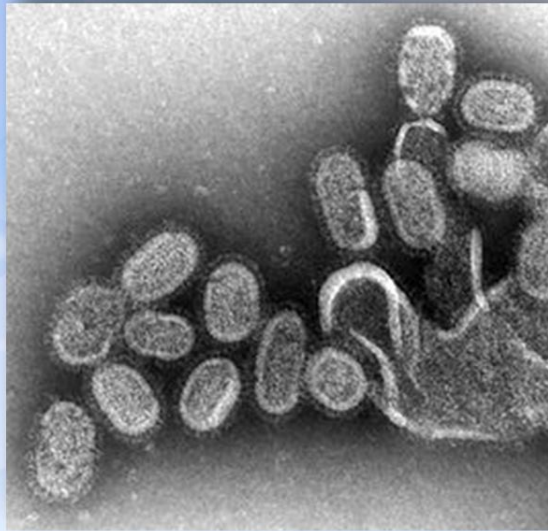
Острое инфекционное заболевание дыхательных путей, вызываемое вирусом гриппа. Входит в группу острых респираторных вирусных инфекций (ОРВИ). Периодически распространяется в виде эпидемий и пандемий..

Инкубационный период : от 24 часов до 4 суток

Симптомы: головная боль, слабость, нарушение сна, повышенная температура, одышка, судороги, понос, боль в суставах, першение в горле, налет на языке, кашель, озноб, заложенность носа, слезотечение, насморк, светобоязнь, галлюцинации, осплодность, конъюнктивит, частая рвота, повышенное потоотделение.

Лечение: постельный режим, обильное питье, симптоматические препараты

Профилактика: вакцинация



Корь

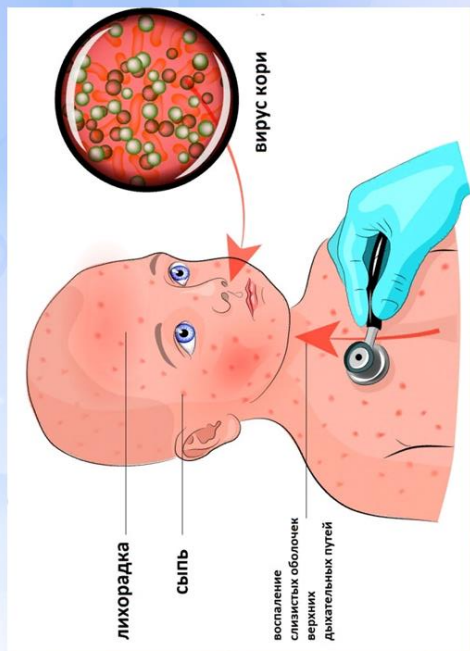
Острое инфекционное вирусное заболевание, которое характеризуется высокой температурой и выраженной интоксикацией, воспалением слизистых оболочек полости рта и верхних дыхательных путей, конъюнктивитом и характерной пятнисто-папулезной сыпью кожных покровов.

Инкубационный период: от 7 до 14 дней

Симптомы: повышается температура до 39 °С, сухой навязчивый кашель, слабость вялость, раздражительность, светобоязнь, ухудшение аппетита

Лечение: пилочки, антигистаминные препараты, жаропонижающие средства, витамины а и с, симптоматические средства, антибиотики

Профилактика: вакцинация, карантин



Понятийный аппарат

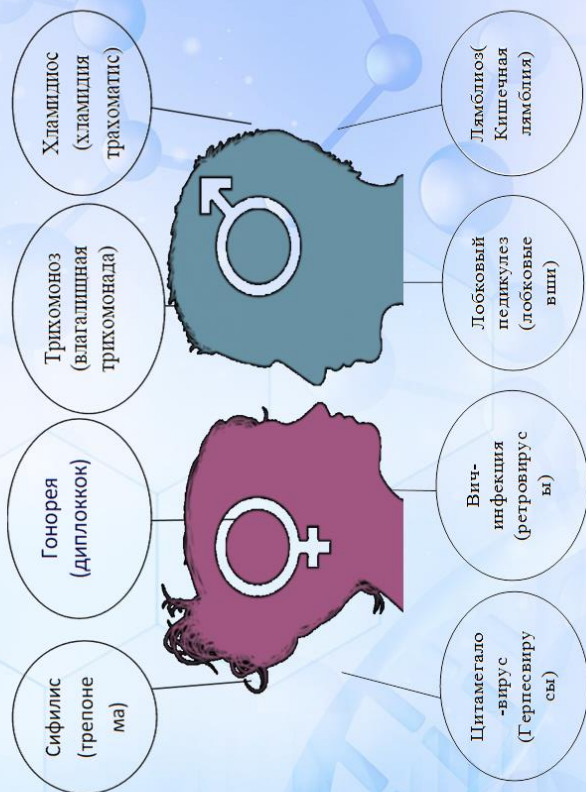
Анаэробы – организмы, получающие энергию при отсутствии доступа кислорода путём субстратного фосфорилирования, конечные продукты неполного окисления субстрата, при этом могут быть окислены с получением большого количества энергии в виде АТФ в присутствии конечного акцептора протонов организмами, осуществляющими окислительное фосфорилирование.

Аэробные организмы – организмы, нуждающиеся в молекулярном кислороде. Obligатные А. получают энергию только за счет аэробного дыхания, при котором кислород играет роль терминального окислителя. Obligатные А., нуждающиеся в пониженной концентрации кислорода в среде (порядка 2 %), получили название микроаэрофилы. Факультативные А. способны существовать как в кислородных, так и в бескислородных условиях, переключаясь с аэробного дыхания на брожение или анаэробное дыхание (дрожжи, энтеробактерии).

Бактерии – группа микроскопических, преимущественно одноклеточных организмов, обладающих клеточной стенкой, но не имеющих оформленного ядра (относящихся к «доядерным формам») — прокариотам), размножающихся делением.

Вирус – неклеточные структуры с упорядоченной организацией, содержащие генетический материал (ДНК или РНК), упакованный в белковую оболочку, или капсид.

Заболевания, передающиеся половым путем



Понятийный аппарат

Вирусный гепатит – воспаление ткани печени, вызываемое вирусами. Гепатит может быть вызван многими причинами, но наиболее часто гепатит вызывается вирусами.

Жизнь (по М.В. Волькенштейну) – живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров: белков нуклеиновых кислот.

Интерференция вирусов – Взаимодействие вирусов, при котором один вирус (или его компоненты) подавляет репродукцию другого вируса и течение вызываемого им инфекционного процесса.

Капсид – внешняя оболочка вируса, состоящая из белков.

Брожение – окислительно-восстановительный процесс, приводящий к образованию АТФ, в котором окислителем и восстановителем служат органические соединения, образующиеся в ходе самого брожения.

Макрофаги – клетки, способные поглощать и переваривать чужеродные или вредные для организма частицы: бактерии, остатки разрушенных клеток и т.д.

Микроорганизмы – мельчайшие, преимущественно одноклеточные организмы: бактерии, микоплазмы, микроскопические грибы, водоросли, простейшие, вирусы.

Нуклеокапсид – генетический материал (РНК) вируса заключенный в белковую оболочку (капсулу).

Понятийный аппарат

Окрашивание по Граму – это экспрессный метод исследования, позволяющий установить наличие бактерий в образце и дифференцировать их как грамположительные либо грамотрицательные. Метод основан на химических и физических свойствах клеточной оболочки. Метод Грама почти всегда применяют в качестве первого шага при диагностике бактериальных инфекций.

Прокариоты – доядерные организмы, клетки которых не имеют ограниченных мембраной ядер. Прокариоты лишены большинства органоидов. Аналог ядра — структура из ДНК, белков и РНК. К прокариотам относятся бактерии, прохлорофитовые сине-зеленые водоросли.

Эволюция – «развёртывание»; это исторически необратимый процесс изменения живого.

Эукариоты – организмы, ядра клеток которых обладают оболочкой, отделяющей их от протоплазмы клетки. К эукариотам относятся все высшие животные и растения, одно- и многоклеточные водоросли, грибы и простейшие.

Список использованной литературы

1. Третьякова, И.А. Методологическая роль сопряженной системы «Эмблема жизни» в формировании биологической картины мира / И.А. Третьякова, В.С. Елагина, С.М. Похлебаев // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 9. – С. 14–18.

2. Дубинин, Н.П. Общая генетика / Н.П. Дубинин. – Москва: Наука, 1976. – 572 с.

3. Мамедов, Н.М. Экологическое образование: проблемы базовых знаний / Н.М. Мамедов, И.Т. Суравегина // Биология в школе. – № 1. – 1993. – С. 17–21.

4. Общая биология: учеб. для 9–10 классов школ с углубленным изучением биологии / А.О. Рувинский, Л.В. Высоцкая, С.М. Глаголев и др.; под ред. А.О. Рувинского. – Москва: Просвещение, 1993. – 544 с. – ISBN 5-09-004184-9.

5. Основы общей биологии / Э. Гюнтер, Л. Кемпфе, Э. Либберт, Х. Мюллер / под ред. Э. Либберта; пер. с нем. – Москва: Мир, 1982. – 440 с.

6. Философские основания естествознания / под ред. С.Т. Мелюхина, Г.Л. Фурмонова, Ю.А. Петрова и др. – Москва: изд-во Моск. ун-та, 1977. – 343 с.

ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

1. Выбор методических средств и приемов по реализации преемственности физики, химии и биологии в условиях МПС был обусловлен *содержанием* обозначенных нами фундаментальных естественно-научных понятий: «*вещество*», «*энергия*», «*диффузия*», «*информация*», «*форма*». Данные понятия имеют высокий уровень абстракции, через них раскрывается содержание атрибутов материи: *движения, взаимодействия, отражения*, а потому они являются системообразующими (*метапредметными*) понятиями при формировании естественно-научной картины мира, элементы которой должны закладываться при изучении естественно-научных дисциплин еще в основной школе. Вместе с тем многолетняя педагогическая практика автора позволяет констатировать, что уровень усвоения этих понятий студентами, даже на старших курсах, – низкий.

2. В качестве содержательной (*метапредметной*) основы преемственности предметов на уровне естественно-научного знания нами было выбрано фундаментальное естественно-научное понятие «*диффузия*». Основанием для этого послужил тот факт, что диффузия лежит в основе фундаментальной формы движения – физической, которая предопределяет развитие всех остальных форм движения материи и сохраняется в них в качестве исходной.

Диффузионные процессы обеспечили *вещественные, энергетические и информационные взаимодействия* между атмосферой, гидросферой и литосферой, которые привели к созданию геохимических (биогеохимических) циклов, играющих ключевую

роль в поддержании и развитии планеты Земля. Процесс диффузии играет исключительно важную роль в обмене веществом, энергией и информацией между любой природной системой и окружающей средой. Для всех уровней организации природных систем процесс диффузии имеет как общие закономерности своего проявления, так и частные особенности, которые были выявлены в процессе нашего исследования и использованы при раскрытии сущности физических, химических и биологических явлений, а также установлении связей между ними.

3. При разработке методической системы, призванной обеспечить преемственность методологических (*метапредметных*) и содержательных основ в процессе изучения биологии в условиях МПС, было установлено, что формирование понятий у обучающихся осуществляется в процессе их активной *мыслительной деятельности*. Процесс овладения понятиями происходит постепенно, через последовательные этапы, на которых они обогащаются новыми признаками, – выстраивается иерархия признаков. Реализация этой идеи в рамках наших занятий осуществлялась через *конструирование* ими обобщенных *образно-знаковых моделей* высокого уровня интеграции, отражающих иерархию и взаимосвязь фундаментальных естественно-научных понятий и являющихся своеобразной стратегией (методологией) формирования естественно-научных знаний.

Наряду с конструированием системы обобщенных образно-знаковых моделей в процессе изучения отдельных курсов осуществлялось конструирование и наполнение конкретным содержанием *частных моделей*, позволяющих подавать информацию постепенно, небольшими порциями и в те периоды обучения, когда потребность к овладению знаниями у студентов была достаточно высокой, а интерес к практическому их применению

был устойчив. Предлагаемый нами подход позволил выявить возможность преемственности между курсами физики, химии, биологии не только *на уровне явлений*, но и *на уровне сущности*, что дало возможность вывести межпредметные (*метапредметные*) связи курсов естественно-научного цикла на *теоретический уровень* и на этой основе формировать *естественно-научное мышление*.

4. Разработанная нами методическая система *позволяет* обосновать приоритетность методологических основ содержания обучения; помочь студентам овладеть рациональными методами самоорганизации своей деятельности по осуществлению принятых целей учебного и общественного характера; привить им склонность к самообразованию, самосовершенствованию, к творческой деятельности; развить индивидуальные творческие потенции каждого субъекта; ознакомить с модельным характером науки и образования; овладеть методом моделирования как важнейшим методом познания и как учебным средством для многих дидактических целей (наглядности, запоминания и т.д.); самостоятельно интегрировать знания и выражать это в виде образно-знаковых моделей разного уровня обобщения; обогатить свой методологический аппарат; повысить теоретический уровень мышления; сформировать естественно-научное мировоззрение; повысить *мотивацию* обучающихся к учебным предметам и к учению, сделать их учебную деятельность более осмысленной и продуктивной.

5. Методическая система, разработанная нами, позволяла в рамках биологии решить в комплексе три основополагающие задачи современной дидактики: *создать условия для формирования творческой личности; включить учащихся в деятельность по развитию теоретического мышления; сформировать системные знания*.

6. Опираясь на ранее обоснованное положение о сущности сопряжения как внутренней стороны взаимодействия и фундаментального принципа организации и развития материи, автор предлагает 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 обучающихся принцип сопряжения как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – методологическом и общедидактическом.

Овладение студентами сопряжением как естественно-научной 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.

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 (*метапредметного*) потенциала обучающимися категории сопряжения и сознательное ее применение при изучении объектов и явлений природы на разных уровнях организации биологической формы движения материи (начиная электронным и заканчивая биосферным) будет способствовать формированию у них экологического мышления и сознания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

Автор работы обоснованно считает, что если принцип *сопряжения* обеспечивает *непрерывность* природных объектов и явлений, то в образовательной области он должен обеспечить непрерывность (*сопряжение*) всех понятий, приведение их в единую систему. Отсюда следует, что принцип *сопряжения* как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – *методологическом (метапредметном)* и *общедидактическом*. Естественно-научная категория сопряжения являются также и фундаментальным образовательным объектом, поскольку благодаря глубинному смыслу принадлежит как реальному, так и

идеальному миру. Являясь главным компонентом развития, сопряжение и проявляется как развитие, выступает внутренним механизмом, обуславливающим *интегральность, целостность, метапредметность, направленность процессов развития любой системы и по существу регулирует развитие учебного познания.*

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

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аристотель. Сочинения: в 4 т. / Аристотель. – Москва, 1978–1984. – ISBN 978-5-403-03411-1.
2. Арламов, А.А. Целостность методологических подходов в педагогическом исследовании: подход как компонент системного познания / А.А. Арламов // Известия ВГПУ. Сер.: Пед. науки. – 2009. – № 6 (40). – С. 23–28. – ISBN 5-7822-0032-4.
3. Арсеньев, А.С. Анализ развивающегося понятия / А.С. Арсеньев, В.С. Библер, Б.М. Кедров. – Москва: Наука, 1967. – 439 с.
4. Астауров, Б.Л. Проблемы общей биологии и генетики / Б.Л. Астауров. – Москва: Наука, 1979. – 294 с.
5. Афанасьев, В.Г. Системность и общество / В.Г. Афанасьев. – Москва: Политиздат, 1980. – 368 с. – ISBN 978-5-9710-5306-4.
6. Бах, А.Н. Собрание трудов по химии и биохимии / А.Н. Бах. – Москва: Изд-во АН СССР, 1950. – 648 с.
7. Березин, Б.Д. Курс современной органической химии: учебное пособие для вузов / Б.Д. Березин, Д.Б. Березин. – Москва: Высш. шк., 1999. – 768 с. – ISBN 5-06-003630-8.
8. Биологический энциклопедический словарь / гл. ред. М.С. Гиляров. – Москва: Сов. энцикл., 1986. – 831 с. – ISBN 5-85270-002-9.
9. Биофизика фотосинтеза / под ред. А.Б. Рубина. – Москва: Изд-во московского университета, 1975. – 224 с.
10. Блюменфельд, Л.А. Проблемы биологической физики / Л.А. Блюменфельд. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Наука, 1977. – 336 с.
11. Богданов, А.А. Тектология: Всеобщая организационная наука / А.А. Богданов. – Москва: Экономика, 2003. – 496 с. – ISBN 978-5-9710-6412-1.

12. Болотов, В.А. Компетентностная модель: от идеи к образовательной программе / В.А. Болотов, В.В. Сериков // Педагогика. – 2003. – № 3. – С. 8–15.
13. Борзенков, В.Г. Теоретическая биология: размышление о предмете / В.Г. Борзенков, А.С. Северцев. – Москва: Знание, 1980. – 64 с.
14. Борисов, С.В. О «жизни» и «смерти» идей (размышления по поводу статьи В.О. Лобовикова «Диалектический материализм в цифровом формате») / С.В. Борисов // Социум и власть. – 2014. – № 3 (47). – С. 135–139.
15. Борисов, С.В. Основы философии: учебное пособие / С.В. Борисов. – Москва: Флинта; Наука, 2010. – 424 с. – ISBN 978-5-9765-0925-2.
16. Боришполец, К.П. Методы политических исследований / К.П. Боришполец. – Москва: Аспект-Прогресс, 2005. – 221 с. – ISBN 5-7567-0370-5.
17. Бэкон, Ф. Сочинения: в 2 т. / Ф. Бэкон. – Москва: Мысль, 1977, 1978. – ISBN 978-5-458-29133-0.
18. Введение в философию: учеб. для вузов: в 2 ч. / И.Т. Фролов, Э.А. Араб-Оглы, Г.С. Арефьева и др. – Москва: Политиздат, 1989. – Ч. 2. – 639 с. – ISBN 5-250-0166-0.
19. Верзилин, Н.М. Общая методика преподавания биологии: учеб. для студ. биол. фак. пед. ин-тов / Н.М. Верзилин, В.М. Корсунская. – Москва: Просвещение, 1972. – 368 с.
20. Вернадский, В.И. Биогеохимические очерки. (1922–1932). / В.И. Вернадский. – Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1940. – 249 с.
21. Вернадский, В.И. Живое вещество / В.И. Вернадский. – Москва: Наука, 1978. – 350 с.
22. Вилли, К. Биология (биологические процессы и законы): пер. с англ. / К. Вилли, В. Датъе. – Москва: Мир, 1974. – 824 с.
23. Винер, Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине. – 2-е изд. / Н. Винер. – Москва: Наука, 1983. – 343 с.
24. Выготский, Л.С. Собр. соч.: в 6 т. / Л.С. Выготский. – Москва: Педагогика, 1984. – Т. 4. Детская психология. – 432 с.

25. Вязовкин, В.С. Материалистическая философия и химия (химическая картина природы и ее эволюция) / В.С. Вязовкин. – Москва: Мысль, 1980. – 180 с.
26. Габриелян, О.С. Химия, 10 класс. Базовый уровень: учеб. для общеобразоват. учреждений. – 8-е изд., стереотип. / О.С. Габриелян. – Москва: Дрофа, 2012. – 191 с. – ISBN 978-5-358-12176-8.
27. Габриелян, О.С. Химия 10. Учебник для общеобразовательных учреждений / О.С. Габриелян, Ф.Н. Маскаев, С.Ю. Пономарев, В.И. Теренин; под. ред. В.И. Теренина. – 3-е издание, стереотип. – Москва: Дрофа, 2002. – 304 с. – ISBN 978-5-358-02123-5.
28. Габриелян, О.С. Химия. 8 класс: учебник для общеобразовательных заведений. – 4-е издание, стереотип. / О.С. Габриелян. – Москва: Дрофа, 2000. – 208 с. – ISBN 978-5-09-051289-3.
29. Габриелян, О.С. Химия. 9 класс: учебник для общеобразовательных заведений / О.С. Габриелян. – 3-е издание, стереотип. – Москва: Дрофа, 2000. – 224 с. – ISBN 978-5-09-071608-6.
30. Гавриленко, В.Ф. Избранные главы физиологии растений: учеб. пособие / В.Ф. Гавриленко, М.В. Гусев, К.А. Никитин, П. Хофманн. – Москва: Изд-во МГУ, 1986. – 440 с.
31. Гальперин, П.Я. Введение в психологию: учеб. пособие для вузов / П.Я. Гальперин. – Москва: Университет, 1999. – 332 с. – ISBN 5-98227-105-5.
32. Гегель, Г.В.Ф. Сочинения / Г.В.Ф. Гегель // Собр. соч. в 13 т. – Москва–Ленинград: Соцэкгиз, 1937. – Т. 5. Наука логики. – 715 с.
33. Гегель, Г.В.Ф. Наука логики: в 3 т. / Г.В.Ф. Гегель. – Москва: Мысль, 1972. – Т. 2. – 573 с.
34. Гегель, Г.В.Ф. Сочинения / Г.В.Ф. Гегель // Собр. соч. в 13 т. – Москва–Ленинград: Соцэкгиз, 1934. – Т. 2. Философия природы. – 634 с.
35. Гегель, Г.В.Ф. Сочинения / Г.В.Ф. Гегель // Собр. соч. в 13 т. – Москва–Ленинград, 1929. – Т. 1. Учение о бытии. – 452 с.
36. Годнев, Т.Н. Хлорофилл. Его строение и образование в растении / Т.Н. Годнев. – Минск: изд-во АН БССР, 1963. – 319 с.

37. Горелов, А.А. Концепции современного естествознания: учеб. пособие, практикум, хрестоматия / А.А. Горелов. – Москва: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1998. – 512 с. – ISBN 5-88860-043-1.
38. Грин, Н. Биология: в 3 т. / Н. Грин, У. Стаут, Д. Тейлор; под ред. Р. Сопера. – Москва: Мир, 1990. – Т. 1. – 368 с. – ISBN 978-5-00101-297-9.
39. Готт, В.С. Философские проблемы современного естествознания: учеб. пособие / В.С. Готт, В.С. Тюхтин, Э.М. Чудинов. – Москва: Высшая школа, 1974. – 264 с.
40. Декарт, Р. Сочинения: в 2 т. / Р. Декарт. – Москва: Мысль, 1989; 1991. – ISBN 5-244-00022-5.
41. Дубинин, Н.П. Общая генетика / Н.П. Дубинин. – Москва: Наука, 1976. – 572 с.
42. Дьюи, Д. Психология и педагогика мышления / Д. Дьюи; пер. с англ. Н.М. Никольской. – Москва: Совершенство, 1997. – 208 с. – ISBN 978-5-534-14265-5.
43. Евстигнеев, В.Б. Механизмы дыхания, фотосинтеза и фиксации азота: сб. ст. / В.Б. Евстигнеев. – Москва: Наука, 1967. – 371 с.
44. 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.
45. Захаров, В.Б. Общая биология: учеб. для 10–11 кл. общеобразовательных учеб. заведений. – 3-е изд., стереотип. / В.Б. Захаров, С.Г. Мамонтов, Н.И. Сонин. – Москва: Дрофа, 2000. – 624 с. – ISBN 978-5-7107-8584-3.
46. Зигель, Ф.Ю. Неичерпаемость бесконечного: для старшего возраста / Ф.Ю. Зигель. – Москва: Дет. лит., 1984. – 254 с.
47. Иост, Х. Физиология клетки / Х. Иост. – Москва: Мир, 1975. – 864 с.
48. Кант, И. Критика практического разума: соч. в 6 т. / И. Кант. – Москва: Мысль, 1980. – Т. 1. – 543 с.
49. Карев, Н.А. За материалистическую диалектику / Н.А. Карев. – Москва: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». 2012. – 408 с. – ISBN 978-5-382-01940-6.

50. Кедров, Б.М. История химии и марксизм / Б.М. Кедров // Советская наука. – 1940. – № 11. – С. 38.
51. Кедров, Б.М. О синтезе наук / Б.М. Кедров // Вопросы философии. – 1973. – № 3. – С. 87.
52. Кедров, Б.М. Предмет и взаимосвязь естественных наук / Б.М. Кедров. – Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1962. – 412 с.
53. Кедров, Б.М. Энгельс о химии / Б.М. Кедров. – Москва: Высшая школа, 1971. – 304 с.
54. Клементьев, В.Е. Образование как предмет познания / В.Е. Клементьев. – URL: http://nature.web.ru/db/msg.html7micNI_184924&uri=page7.html, 07. 12. 2005.
55. Колесникова, И.А. Педагогическая реальность в зеркале междигмальной рефлексии / И.А. Колесникова. – Санкт-Петербург: СПбГУПМ, 1999. – 242 с. – ISBN 5-7434-0014-8.
56. Комиссаров, Б.Д. Методологические проблемы школьного биологического образования / Б.Д. Комиссаров. – Москва: Просвещение, 1991. – 160 с. – ISBN 5-09-002840-0.
57. Комиссаров, Г.Г. Химия и физика фотосинтеза / Г.Г. Комиссаров. – Москва: Знание, 1980. – 64 с.
58. Копнин, П.В. Диалектика, логика, наука / П.В. Копнин. – Москва: Наука, 1973. – 464 с.
59. Красновский, А.А. В сб.: Эволюционная биохимия / А.А. Красновский. – Москва, 1973. – С. 32–45. – ISBN 5-238- 00455-9.
60. Красновский, А.А. Оптические и фотохимические свойства хлорофилла в различных видах связи / А.А. Красновский, Г.П. Брин // Докл. АН СССР. – 1948. – Т. 63. – № 2. – С. 163 –165.
61. Краткий философский словарь / А.П. Алексеев, Г.Г. Васильев и др.; под ред. А.П. Алексеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Велби: Проспект, 2004. – 496 с. – ISBN 5-98032-320-1.
62. Кретович, В.Л. Биохимия растений: учеб. для биол. фак. ун-тов / В.Л. Кретович. – Москва: Высш. шк., 1980. – 445 с.
63. Кузнецов, В.И. Диалектика развития химии / В.И. Кузнецов. – Москва: Наука, 1973. – 328 с.

64. Кузнецов, В.И. Философская борьба идей и проблемы развития химии // Философская борьба идей в современном естествознании / В.И. Кузнецов. – Москва, 1977. – ISBN 978-5-00101-041-8.
65. Кузнецов, В.И. Эволюция представлений об основных законах химии / В.И. Кузнецов // Системный подход к понятийному аппарату химии. – Москва: Наука, 1967. – С. 286–307.
66. Ленин, В.И. Полн. собр. соч. / В.И. Ленин. – 5-е изд. – Москва: Политиздат, 1981. – Т. 41. – 695 с.
67. Ленин, В.И. Полн. собр. соч. / В.И. Ленин. – 5-е изд. – Москва: Политиздат, 1981. – Т. 42. – 606 с.
68. Ленин, В.И. Материализм и эмпириокритицизм / В.И. Ленин // Полн. собр. соч. – 5-е изд. – Москва: Политиздат, 1980. – Т. 18. – 525 с.
69. Ленин, В.И. Философские тетради / В.И. Ленин // Полн. собр. соч. – 5-е изд. – Москва: Политиздат, 1963. – Т. 29. – 782 с.
70. Ленинджер, А. Биохимия: пер. с англ. / под ред. А.А. Баева и Я.М. Варшавского. – Москва: Мир, 1974. – 959 с.
71. Леонтьев, А.Н. Избранные психологические произведения: в 2 т. / А.Н. Леонтьев. – Москва: Педагогика, 1983. – Т. 2. – 320 с.
72. Лисеев, И.К. Современная биология и формирование новых регулятивов культуры (философский анализ): дис. в виде науч. докл. на соискание ученой степени д-ра философ. наук / И.К. Лисеев. – Москва, 1995. – С. 404.
73. Локк, Дж. Сочинения: в 3 т. / Дж. Локк. – Москва: Мысль, 1985. – Т. 1. – ISBN 5-244-00084-5.
74. Максимова, В.Н. Межпредметные связи в процессе обучения / В.Н. Максимова. – Москва: Просвещение, 1988. – 192 с. – ISBN 5-09-000389-0.
75. Максимова, В.Н. Межпредметные связи и совершенствование процесса обучения: кн. для учителя / В.Н. Максимова. – Москва: Просвещение, 1984. – 143 с. – ISBN 5-09-000389-0.
76. Маркс, К. Сочинения: в 30 т. / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд. – Москва: Госполитиздат, 1961. – Т. 20. – 827 с.

77. Маркс, К. Сочинения: в 40 т. / К. Маркс, Ф. Энгельс. – Госполитиздат, 1954. –Т. 40. – 528 с.
78. Мартынычев, И.В. Диалектика и культура мышления. Философия в процессе научно-технической революции / И.В. Мартынычев // Философия в процессе научно-технической революции. – Ленинград, 1976. – ISBN 978-5-89820-087-9.
79. Материалистическая диалектика как общая теория развития / под ред. Л.Ф. Ильичева. – Москва: Наука, 1882. – 464 с.
80. Методологические основы развития фундаментальных физических понятий «вещество» и «энергия» в разделе «Растения» / сост. С.М. Похлебаев. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2004. – 122 с. – ISBN 978-5-94808.
81. Мусил, Я. Современная биохимия в схемах / Я. Мусил, Щ. Новикова, К. Кунц. – Москва: Мир, 1981. – 216 с.
82. Николаев, Л.А. Металлы в живых организмах: кн. для внеклас. чтения учащихся 9–10 кл. сред. шк. / Л.А. Николаев. – Москва: Просвещение, 1986. – 127 с.
83. Николс, Д. Биоэнергетика. Введение в хемиосмотическую теорию: пер. с англ. /Д. Николс. – Москва: Мир, 1985. – 190 с.
84. Общая биология: учеб. для 10–11 кл. общеобр. учеб. заведений / В.Б. Захаров, С.Г. Мамонов, Н.И. Сонин. – 3-е изд., стереотип. – Москва: Дрофа, 2000. – 624 с. – ISBN 978-5-358-10841-7.
85. Общая биология: учеб. для 9–10 кл. сред. шк. / Ю.И. Полянский, Д.А. Браун, Н.М. Верзилин и др.; под ред. Ю.И. Полянского. – 18-е изд., перераб. – Москва: Просвещение, 1988. – 287 с.
86. Общая биология: учеб. для 9–10 классов школ с углубленным изучением биологии / А.О. Рувинский, Л.В. Высоцкая, С.М. Глаголев и др.; под ред. А.О. Рувинского. – Москва: Просвещение, 1993. – 544 с. – ISBN 5-09-004184-9.
87. Ожегов, С.И. Словарь русского языка / С.И. Ожегов; под. ред. Н.Ю. Шведовой. – 18-е изд. – Москва: Рус. яз., 1986. – 797 с. – ISBN 5-200-01088-8.

88. Опарин, А.И. Эволюционная биохимия: сб. ст. / А.И. Опарин. – Москва: Знание, 1973. – 64 с.
89. Органикум: в 2 т. Т. 2 / Х. Беккер, Г. Домшке, Э. Фангхенель и др.; пер. с нем. Х.Б. Заборенко и др. – Москва: Мир, 1992. – 474 с. – ISBN 5-03-001966-9.
90. Орт, Д. Фотосинтез: в 2 т. Т. 1 / Д. Орт, А.О. Ганаго, И.Б. Ганаго, А.Н. Мелкозернова / под ред. Говинджи. – Москва: Мир, 1987. – 728 с.
91. Палладин, В.И. Избранные труды / В.И. Палладин. – Москва: Изд-во АН СССР, 1960. – 244 с.
92. Педагогический энциклопедический словарь / гл. ред. Б.М. Бим-Бад. – Москва: Большая Российская энциклопедия, 2003. – 528 с. – ISBN 5-09-004184-9.
93. Полевой, В.В. Физиология растений: учеб. для биол. спец. вузов / В.В. Полевой. – Москва: Высш. шк., 1989. – 464 с. – ISBN 5-06-001604-8.
94. Полн. собр. соч. / В.И. Ленин. – 5-е изд. – Москва: Политиздат, 1980. – Т. 26. – 590 с.
95. Полн. собр. соч. / В.И. Ленин. – 5-е изд. – Москва: Политиздат, 1980. – Т. 20. – 583 с.
96. Порус, В.Н. Стиль научного мышления в когнитивно-методологическом, социологическом и психологическом аспектах // Познание в социальном контексте / В.Н. Порус. – Москва: РАН, 1994. – С. 63–80. – ISBN 978-985-530-374-0.
97. 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. – ISBN 978-5-906766-99-1.
98. Похлебаев, С.М. «Эмблема жизни» – выражение целостной системы живого / С.М. Похлебаев // Биология в школе. – № 4. – 2004. – С. 16–20
99. 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.
100. Похлебаев, С.М. Методологическая роль категории сопряжения в развитии диалектического стиля мышления / С.М. Похлебаев, И.А. Третьякова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 1. – С. 215–219.

101. Похлебаев, С.М. О методологических основах построения образовательной области «Биология» в учебных стандартах школ России / С.М. Похлебаев // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. Серия 2. Педагогика. Психология. Методика преподавания. – № 8. – 2004. – С. 218–229.
102. Похлебаев, С.М. Особенности формирования сопряженных физиологических понятий «фотосинтез» и «дыхание» в разделе «Растения» / С.М. Похлебаев, И.А. Третьякова // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 5: – URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=25098> (дата обращения: 30.08.2016).
105. Похлебаев, С.М. Сопряжение и разобцение 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.
104. Похлебаев, С.М. Сопряжение как механизм реализации межпредметных связей физики, химии и биологии / С.М. Похлебаев, И.А. Третьякова, М.Д. Даммер, А.А. Кохан // Перспективы развития науки и образования: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Тамбов, 28 февраля 2015 г.: в 13 ч. Часть 13. – Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015. – С. 102–106.
105. Похлебаев, С.М. Теоретико-методологические основы развития понятия «информация» в процессе изучения курса общей биологии / С.М. Похлебаев. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2005. – 52 с. – ISBN 5-85716-556-3.
106. Прангишвили, И.В. Системный подход и общесистемные закономерности / И.В. Прангишвили. – Москва: Синтег, 2000. – 528 с. – ISBN 5-89638-042-9.
107. Пружинин, Б.И. Стиль научного мышления в отечественной философии науки / Б.И. Пружинин // Вопросы философии. – 2011. – № 6. – С. 64–75.
108. Пурышева, Н.С. О метапредметности, методологии и других универсалиях / Н.С. Пурышева, Н.В. Ромашкина, О.А. Крысанова // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2012. – № 1 (1). – С. 11–17. – ISBN 5-85746-659-8.

109. Пюльман, Б. Квантовая биохимия / Б. Пюльман, А. Пюльман. – Москва: Мир, 1965. – 654 с.
110. Риклефс, Р. Основы общей экологии / Р. Риклефс. – Москва, 1988. – 424 с.
111. Рубин, Б.А. Биохимия и физиология фотосинтеза: учеб. пособие / Б.А. Рубин, В.Ф. Гавриленко. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1977. – 328 с.
112. Рувинский, А.О. Общая биология: учеб. для 9–10 классов школы с углубл. изуч. биологии / А.О. Рувинский, Л.В. Высоцкая, С.М. Глаголева и др; / под ред. А.О. Рувинского. – Москва: Просвещение, 1993. – 54 с. – ISBN 5-09-004184-9.
113. Рэкер, Э. Биоэнергетические механизмы: новые взгляды / Э. Рэкер // пер. с англ. М.И. Гольдштейн; под. ред. В.П. Скулачева. – Москва: Мир, 1979. – 216 с.
114. Садовский, В.И. Основания общей теории систем / В.И. Садовский. – Москва: Наука, 1974. – 258 с.
115. Свирский, М.С. Электронная теория вещества: учеб. пособие для студ. физ.-мат. фак. пед. ин-тов / М.С. Свирский. – Москва: Просвещение, 1980. – 288 с.
116. Советский энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. – 3-е изд. – Москва: Сов. энцикл., 1985. – 1600 с. – ISBN 5-8527-001-0
117. Спиркин, А.Г. Методология / А.Г. Спиркин, Э.Г. Юдин. – URL: <http://www.cultinfo.ru/fulltext/1/001/008/076/034.htm>.
118. Судьина, Е.Г. Хлорофиллаза и биосинтез хлорофилла: автореферат дис. на соискание ученой степени доктора биологических наук (03.00.04) / АН УССР. Ин-т ботаники им. Н.Г. Холодного. – Киев, 1974. – 43 с.
119. Суровикина, С.А. Развитие естественнонаучного мышления учащихся в процессе обучения физике: теоретический аспект: монография / С.А. Суровикина. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2005. – 260 с. – ISBN 978-5-7186-1032-1.
120. Тарчевский, И.А. Основы фотосинтеза: учеб. пособие для биологических специальностей вузов / И.А. Тарчевский. – Москва: Высш. школа, 1977. – 253 с.
121. Твердохлебов, Г.А. Физиология мышления / Г.А. Твердохлебов. – URL: <http://www.statya.ru/index.php?op=view&id=1847>. – 2003. – С. 1–5.

122. Тимирязев, К.А. Жизнь растения. Десять общедоступных лекций / К.А. Тимирязев. – Москва: Гос. изд-во с/х лит., 1949. – 334 с.
123. Тимирязев, К.А. Избранные сочинения: в 4 т. / К.А. Тимирязев. – Москва: Огиз-сельхозгиз, 1948. – Т. 1. Солнце, жизнь и хлорофилл. – 695 с.
124. Тимофеев-Ресовский, Н.В. Уровни организации жизни на земле и среда протекания эволюционных процессов / А.Н. Тюрюканов, В.М. Федоров, Н.В. Тимофеев-Ресовский // Биосферные раздумья. – Москва, 1996. – 368 с. – ISBN 5-7944-0429-9.
125. Тодд, А.Я. Я химик-биоорганик / А.Я. Тодд // Химия и жизнь. – 1979. – № 4. – С. 30–32.
126. 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.
127. Третьякова, И.А. Сопряжение как принцип структурной и функциональной организации биологической формы движения материи / И.А. Третьякова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 12. – С. 106–110.
128. Третьяков, И.А. Сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия и методология познания / И.А. Третьякова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11 (9). – С. 1929–1933.
129. Третьякова, И.А. Теория и практика формирования и развития сопряженных физиологических понятий «фотосинтез» и «дыхание» в курсе биологии: монограф. / И.А. Третьякова, С.М. Похлебаев. – Челябинск: Изд-во Южно-Урал. гос. гуман.-пед. ун-та, 2018. – 245 с. – ISBN 978-5-6042129-2-9.
130. Третьякова, И.А. Сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия и методология познания / И.А. Третьякова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11 (9). – С. 1929–1933.
131. Уёмов, А.И. Системные аспекты философского знания / А.И. Уёмов. – Одесса: Негоциант, 2000. – 160 с. – ISBN 978-5-209-06518-0.

132. Уотсон, Дж. Молекулярная биология гена / Дж. Уотсон. – Москва: Мир, 1967. – 462 с.
133. Усова, А.В. Межпредметные связи в преподавании основ в школе / А.В. Усова. – 3-е изд., доп. и перераб. – Челябинск: Изд-во ГОУ ВПО «ЧГПУ», 2005. – 21 с. – ISBN 5-09-000928-7.
134. Усова, А.В. Психолого-педагогические основы формирования у учащихся научных понятий: учеб. пособие к спецкурсу / А.В. Усова. – Челябинск: ЧГПИ, 1986. – 88 с.
135. Усова, А.В. Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения / А.В. Усова. – 2-е изд., испр. – Москва: изд-во ун-та РАО, 2007. – 310 с.
136. Усова, А.В. Теоретико-методологические основы построения новой системы естественно-научного образования: моногр. / А.В. Усова, М.Д. Даммер, С.М. Похлабаев, М.Ж. Симонова; под ред. А.В. Усовой. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000. – 100 с. – ISBN 5-85716-347-1.
137. Усова, А.В. Новая концепция естественно-научного образования и педагогические условия ее реализации. – 3-е изд., доп. / А.В. Усова. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000. – 48 с. – ISBN 5-85-716-032-4.
138. Усова, А.В. Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения / А.В. Усова. – Москва: Изд-во Ун-та РАО, 2007. – 309 с. – ISBN 5-204-00491-2.
139. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования / Утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. № 1897.
140. Федоров, В.Д. Экология / В.Д. Федоров, Т.Г. Гильманов. – Москва: Изд-во МГУ, 1980. – 464 с.
141. Философия в современной культуре: новые перспективы: материалы «круглого стола» // Вопросы философии. – № 4. – 2004. – С. 3–53.
142. Философские основания естествознания / под ред. С.Т. Мелюхина, Г.Л. Фурмонова, Ю.А. Петрова и др. – Москва: изд-во Моск. ун-та, 1977. – 343 с.

143. Философский словарь / под ред. И.Т. Фролова. – Москва: Политиздат, 1986. – 590 с. – ISBN 5-250-02742-3.
144. Фихте, И.Г. Сочинения: в 2 т. / И.Г. Фихте. – Т. 1. Основы общего наукоучения. – Москва; Санкт-Петербург: Мифрил, 1993. – С. 65–337. – ISBN 5-86457-003-6.
145. Фридман, Л.М. Использование моделирования в обучении / Л.М. Фридман // Вестник ЧГПИ. Сер. 2. Педагогика. Психология. Методика преподавания. – 1995. – № 1. – С. 88–93. – ISBN 5-85716-034-0.
146. Фридман, Л.М. Психолого-педагогическая модель высшего образования / Л.М. Фридман // Вестник ЧГПИ. Сер. 2. Педагогика. Психология. Методика преподавания. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 1995. – № 1. – С. 120–125. – ISBN 5-85716-034-0.
147. Хуторской, А.В. Дидактическая эвристика. Теория и технология креативного обучения / А.В. Хуторский. – Москва: изд-во МГУ, 2003. – 416 с. – ISBN 5-211-04710-9.
148. Цофнас, А.Ю. Системный подход и диалектика: Мысли на лестнице / А.Ю. Цофнас. – 2007. – URL: uemov.org.ua/publications/32.
149. Шаталов, А.Т. К проблеме становления биофилософии / А.Т. Шаталов, Ю.И. Оленников. – Минск: Белорусская цифровая библиотека LIBRARY.BY, 06 января 2007. – URL: <http://www.philosophy.ru/>. – ISBN 5-201-01930-7.
150. Швейцер, А. Благоговение перед жизнью / А. Швейцер; пер. с нем. А.А. Гусейнова. – Москва: Прогресс. – 1992. – 576 с. – ISBN-5-01-002083-1.
151. Шлык, А.А. Метаболизм хлорофилла в зеленом растении / А.А. Шлык. – Минск: Наука и техника, 1965. – 396 с.
152. Шноль, С.Э. Физико-химические механизмы и биологическая специфичность / С.Э. Шноль // Биология и современное научное познание: материалы к конференции. – Москва.: Наука, 1975. – Ч. 1. – 124 с.
153. Шубинский, В.С. Формирование диалектического мышления у школьников / В.С. Шубинский. – Москва: Знание, 1979. – 48 с.

154. Эмануэль, Н.М. Курс химической кинетики / Н.М. Эмануэль, Д.Г. Кнорре. – Москва: Высшая школа, 1984. – 463 с.
155. Энгельс, Ф. Диалектика природы / Ф. Энгельс. – Москва: Политиздат, 1987. – 349 с.
156. Юдин, Э.Г. Системный подход и принципы деятельности / Э.Г. Юдин. – Москва: Наука, 1978. – 391 с.
157. Юдин, Э.Г. Методология науки. Системность. Деятельность / Э.Г. Юдин. – Москва: Эдиторал УРСС, 1997. – 445 с. – ISBN 5-901006-07-0.
158. Юм, Д. Сочинения: в 2 т. / Д. Юм. – Москва: Мысль, 1965. – Т. 1. – 848 с.
159. Якушкина, Н.И. Физиология растений: учеб. пособие для студентов биол. спец. высш. пед. учеб. заведений / Н.И. Якушкина. – Москва: Просвещение, 1993. – 335 с. – ISBN 5-09-004106-7.
160. Pullman, B. Quantum Biochemistry, Interscience, New York / B Pullman, A. Pullman. London, 1963. 419 p.

Научное издание

Похлебаев Сергей Михайлович

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ И МЕТОДИЧЕСКАЯ ФУНКЦИИ
КАТЕГОРИИ СОПРЯЖЕНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ
МЕТАПРЕДМЕТНОГО ПОДХОДА В КУРСЕ БИОЛОГИИ**

Монография

ISBN 978-5-907409-74-3

Работа рекомендована РИС ЮУрГГПУ
Протокол № 2/21 от 2021 г.

Издательство ЮУрГГПУ
454080, г. Челябинск, пр. Ленина, 69
Редактор Е.М. Сапегина
Технический редактор В.В. Мусатов

Подписано в печать 20.09.2021 г.
Объем 20,8 усл.п.л., 11,9 уч.-изд.л.
Формат 60x84/16 Тираж 500 экз.
Заказ №

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