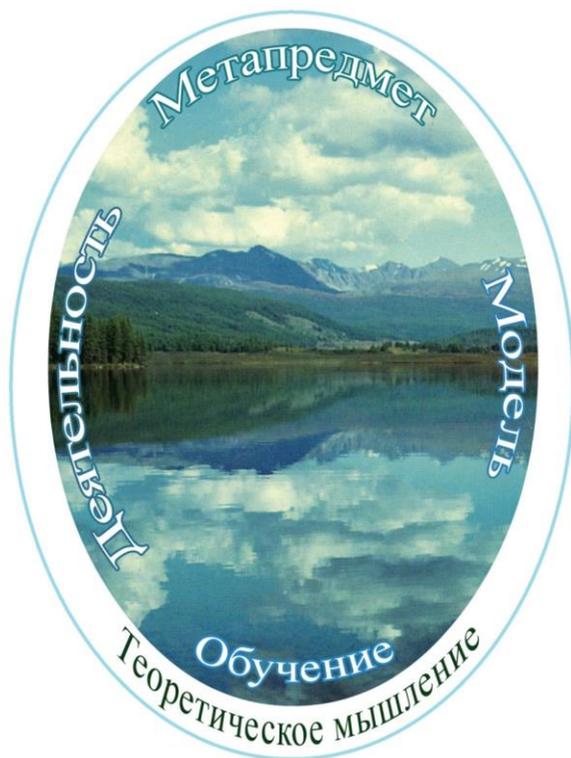


**С.М. ПОХЛЕБАЕВ**

**ОБРАЗНО-ЗНАКОВЫЕ МОДЕЛИ  
КАК МЕТАПРЕДМЕТНАЯ ОСНОВА  
ФОРМИРОВАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО  
МЫШЛЕНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ**

**МОНОГРАФИЯ**



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

**С.М. ПОХЛЕБАЕВ**

**ОБРАЗНО-ЗНАКОВЫЕ МОДЕЛИ КАК МЕТАПРЕДМЕТНАЯ  
ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ  
ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ**

**МОНОГРАФИЯ**

**Челябинск  
2020**

УДК 57(07):11  
ББК 74.262.8:87  
П 64

Похлебаев, С.М. Образно-знаковые модели как метапредметная основа формирования теоретического мышления при обучении биологии [Текст]: монография / С.М. Похлебаев. – Челябинск: Изд-во Южно-Урал. гос. гуман.-пед. ун-та, 2020. – 351 с.

ISBN 978-5-907409-17-0

В монографии представлены результаты исследования, в котором в качестве мыследеятельности использовался тандем двух метапредметов – «Знака» и «Категории». В рамках метапредмета «Знак» особое значение приобретает *моделирование*, которое можно назвать *метапредметной технологией познания*. Второй метапредмет – «Категорию» – конкретизирует понятие «сопряжение», которое ранее нами обосновано как одна из внутренних сторон взаимодействия и возведено в ранг естественнонаучной категории. Данный метапредмет несет гносеологическую функцию. Эффективность методологического потенциала обоих метапредметов конкретизирована при конструировании моделей, отражающих организацию и функционирование биологической формы движения материи.

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: Н.Н. Назаренко, д-р биол. наук, профессор  
В.С. Елагина, д-р пед. наук, профессор

ISBN 978-5-907409-17-0

© Похлебаев С.М., 2020  
© Издательство Южно-Уральского  
государственного гуманитарно-  
педагогического университета, 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	5
<b>ГЛАВА 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОБЩЕНАУЧНЫЙ МЕТОД ПОЗНАНИЯ</b> .....	9
1.1. Интеграция содержания предметов естественнонаучного цикла – важнейший фактор формирования естественнонаучного мышления .....	9
1.2. Деятельностный подход как теоретико-методологическая стратегия формирования фундаментальных естественнонаучных понятий в условиях межпредметных связей физики, химии, биологии .....	68
1.3. Образно-знаковые модели как средство формирования теоретического мышления в условиях реализации межпредметных связей физики, химии и биологии .....	118
1.4. Роль образно-знаковых моделей в формировании у обучающихся устойчивой мотивации к учебной деятельности ..	168
1.4.1. Инициация положительных эмоций и чувств у школьников посредством обобщенно-образных моделей при обучении биологии .....	168
1.4.2. Обобщенно-образные модели как средство формирования устойчивой мотивации к учебной деятельности .....	174
1.4.3. Иерархическая модель активности субъекта. Деятельностный подход в моделировании .....	188
<b>ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ</b> .....	191

<b>ГЛАВА 2. ОБРАЗНО-ЗНАКОВЫЕ МОДЕЛИ КАК МЕТАПРЕДМЕТНАЯ ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ</b> .....	193
2.1. Сопряжение как сторона взаимодействия и категория познания .....	193
2.2. Моделирование как форма сопряженной познавательной деятельности студентов при обучении биологии .....	210
2.3. Атрибутивная модель (схема) понятия «материя» и ее роль в развитии естественнонаучных понятий «вещество» и «энергия» при обучении биологии .....	221
2.4. Реализация методологического потенциала принципа сопряжения в понимании сущности структурной и функциональной организации биологической формы движения материи .....	273
2.5. Сопряжение статических и динамических моделей как метапредметная основа для понимания сущности фотофизического этапа фотосинтеза .....	282
2.6. Конструирование модели «Эмблема жизни» как эффективная технология формирования биологической картины мира .....	294
2.7. Пример презентации «Эмблема жизни», подготовленной студентами 3 курса по специальности <i>биология, безопасность жизнедеятельности</i> .....	304
<b>ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ</b> .....	321
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	325
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</b> .....	327

## ВВЕДЕНИЕ

Установленные Федеральным государственным образовательным стандартом новые требования к результатам обучающихся вызывают необходимость в изменении содержания обучения на основе принципа метапредметности, который призван обеспечить высокое качество образования. Метапредметность как принцип интеграции содержания образования и методология формирования теоретического мышления и универсальных способов деятельности позволяет более эффективно сформировать целостную картину мира в сознании обучающихся.

Теоретической основой метапредметности является современная мыследеятельностная педагогика Ю.В. Громыко, декларирующая в качестве основной цели формирование теоретического мышления и универсальных способов деятельности. В основу мыследеятельностной педагогики положены, прежде всего, принципы теорий «Развивающего обучения» и «Содержательного обобщения», сформулированные В.В. Давыдовым. Основной целью обучения данный автор считал формирование не столько ЗУНов, сколько СУДов (способов умственных действий) и ЦУДов (целенаправленной учебной деятельности). Такие способы умственной деятельности, как содержательный анализ, содержательное абстрагирование, содержательное обобщение, переход от общего к конкретному и содержательная рефлексия, вполне можно отнести к метаспособам деятельности, которые

направлены на формирование надпредметных компетенций. Эти компетенции могут быть сформированы в учебном процессе при применении эффективных технологий обучения.

В качестве таких мыследеятельностных организованных, на основе которых могут быть выстроены учебные предметы нового типа – метапредметы, предлагаются такие как: «Знание», «Знак», «Проблема», «Смысл», «Категория» и др. В настоящей работе представлены результаты исследования, в котором в качестве мыследеятельности использовался тандем двух метапредметов – «Знака» и «Категории».

В рамках метапредмета «Знак» особое значение приобретает *моделирование*, которое можно назвать *сопряженной метапредметной технологией познания*. При конструировании образно-знаковых и других видов моделей, отражающих существенные свойства объектов и явлений природы, учащиеся и студенты имплицитно, в комплексе используют общенаучные методы познания, так как сопрягают чувственное и рациональное, абстрактное и конкретное, содержание и форму, анализ и синтез, эмпирическое и теоретическое и т.д.

Выход биологии на молекулярный и субмолекулярный уровни, а также прогрессирующая тенденция к интеграции естественнонаучных знаний определяют запрос на разработку идеальных моделей высокого уровня обобщенности, которые послужат метапредметной основой для интеграции знаний в рамках курса биологии. Разработанные автором образно-знаковые модели как раз и направлены на достижение поставленной цели.

В настоящее время, в связи с существенным повышением уровня теоретизации естественных дисциплин в вузах, проблема обучения субъектов методу моделирования также является

одной из важнейших. Этот тезис разделяют большинство преподавателей, а также студентов, изучающих естественные науки. Однако исследования М.Ю. Королева, касающиеся эффективности применения метода моделирования студентами бакалавриата, специалитета и магистратуры, изучающих естественнонаучные и математические дисциплины, свидетельствуют о весьма слабом владении ими этим общенаучным методом познания.

Большое значение моделирование имеет при изучении физиолого-биохимических процессов, лежащих в основе клеточного метаболизма растительной клетки. Ключевую роль в этом метаболизме играет фотосинтез, уникальность которого заключается не только в том, что он является единственным процессом на нашей планете, поставляющим в огромных объемах органические вещества для всех остальных организмов (кроме хемосинтетиков) на нашей планете.

Второй метапредмет – «Категорию» – конкретизирует понятие «сопряжение», которое ранее нами обосновано как одна из внутренних сторон взаимодействия и возведено в ранг естественнонаучной категории. Данный метапредмет несет гносеологическую (познавательную) функцию. Эффективность методологического потенциала обоих метапредметов конкретизирована при конструировании моделей, отражающих организацию и функционирование биологической формы движения материи.

Использование этих моделей при изучении содержания биологических дисциплин существенно усиливало мотивацию обучающихся к изучению данных предметов, повышало их познавательный интерес и способствовало развитию мышления

до теоретического уровня. Применение гносеологического потенциала философских, естественно-научных и общебиологических понятий на практике в связке с методологическим потенциалом *категории сопряжения, методом моделирования*, а также с *системным, деятельностным и личностным* подходами обеспечивало формирование метапредметных знаний у обучаемых при изучении дисциплин биологического цикла, которые станут ключевым звеном профессиональных компетенций будущих учителей. При таком подходе к обучению биологии в комплексе были решены три ключевые задачи современной дидактики: созданы условия для формирования творческой личности, обучающиеся вовлекались в деятельность по развитию теоретического мышления, формировались системные метапредметные знания.

# ГЛАВА 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОБЩЕНАУЧНЫЙ МЕТОД ПОЗНАНИЯ

## 1.1. ИНТЕГРАЦИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПРЕДМЕТОВ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ЦИКЛА – ВАЖНЕЙШИЙ ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО МЫШЛЕНИЯ

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. Единство природы и общества обнаруживается каждый раз тогда, когда выявляется специфика того и другого, что предполагает дальнейшую *дифференциацию* наук, которая в свою очередь через определенное время потребует их синтеза. Отсюда следует, что нельзя абсолютизировать один из этих процессов и противопоставлять его другому [36, с. 7–16; 65, с. 11–15].

Современное естествознание открывает принципиально новые возможности для взаимодействия человека с природой и вместе с тем выявляет допустимые по тем или иным параметрам пределы вмешательства человека в ход естественных процессов, превышение которых может нарушить равновесие в природе и привести к глобальной экологической катастрофе. Отсюда вытекает необходимость построения в будущем единой теории взаимодействия общества и природы, которая может быть создана только на основе познавательных средств и подходов общественных, естественных и технических наук. Вместе с тем необходимость такого взаимодействия в решении конкретных экологических проблем остро ощущается уже сегодня.

По мнению Б.М. Кедрова: «...усиливающаяся взаимосвязь наук никоим образом не совпадает с ликвидацией выработанной в ходе многовекового развития науки дисциплинарной формы организации научной деятельности, тем более, что сама эта форма обладает достаточной гибкостью для того, чтобы не только существовать, но и быть эффективной в новых, быстро меняющихся условиях».

Не отменяя сложившейся структуры научного знания, усиливающееся взаимодействие общественных, естественных и технических наук оказывает все более заметное воздействие как на методологию научного познания, так и на организацию научных исследований» [35, с. 19].

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 к 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.

Характерной чертой современной науки является комплексный подход, позволяющий более точно и полно отобразить исследуемый объект, охватить все его стороны одновременно, в их взаимосвязи. Чтобы понять изучаемый объект как единое целое, требуется то единство анализа и синтеза, о котором В.И. Ленин писал как об одном из элементов диалектики [115, с. 191]. Следовательно, все науки без исключения, изучая какой-либо объект с разных сторон, должны все время исходить из его целостности, учитывать неразделенность и взаимовлияние всех его аспектов и проявлений.

Результатом усиливающегося взаимодействия наук явилось возникновение и распространение в современном познании широких научных подходов и методов (кибернетики, теории информации, системно-синергетического исследования, холистического подхода и т.д.), которые находят применение в самых разных сферах науки при изучении объектов самого различного содержания. Дальнейшее развитие таких подходов и методов, введение их в повседневный обиход – еще один путь к укреплению взаимосвязи общественных, естественных и технических наук.

Не умаляя достоинств вышеобозначенных подходов и методов в осуществлении взаимодействия наук, в настоящее время все более заметную роль в этом процессе играет научная философия – диалектический материализм, в котором синтезированы воедино и методология, и гносеология, и логика, и мировоззрение, обобщены данные современного знания и

общественно-исторической практики. Именно поэтому это учение является научной базой для всесторонней разработки проблемы интеграции науки. Методологическая роль материалистической диалектики в этом направлении определяется одним из важнейших принципов диалектической логики, требующим всестороннего охвата изучаемого объекта [114]. Этот принцип в настоящее время является прямым и непосредственным руководством для самых различных специалистов.

Механизм интеграции наук и научных знаний обусловлен диалектико-материалистическим соотношением форм движения материи, совпадением логического и исторического. Что касается форм действия, то, по мнению М.Г. Чепикова, они «выступают в процессах «внутреннего» (взаимопроникновение направлений, которое происходит в каждой отдельной науке) и «внешнего» (взаимосвязь, единство между отраслями знания, составляющие комплексы, входящие в целостную систему науки), а также «вертикального» (интегрирующее воздействие наук от более общих, теоретических – диалектический и исторический материализм, математика, кибернетика – к «средним», связующим – естественные и общественные – и затем к прикладным, техническим, непосредственно связанным с производством) и «горизонтального» (связь научных отраслей внутри больших издавна сложившихся комплексов наук – естественных, общественных, технических) синтеза наук» [251, с. 11]. Формы синтеза научных знаний данный автор представляет в такой иерархической цепочке: идея – принцип – понятие – закон – теория – метатеория – частная (региональная) картина мира – общая картина мира – общая (единая) теория науки [там же].

Изучение проблем и перспектив интегративных процессов – одна из насущных потребностей нашего времени. Обозначая в общих чертах основные аспекты этой проблемы, М.Г. Чепиков выдвигает следующие положения:

1. Интеграция научных знаний в современных условиях развития общества из тенденции превратилась в закономерность. Она является фундаментом научно-технической революции, которая, в свою очередь, определяет темпы экономического развития любого государства и цивилизации в целом.

2. Интеграция науки и научных знаний имеет объективную основу, заключающую в единстве материального мира, всеобщей связи явлений и процессов, происходящих в природе. Человечество накопило огромный объем знаний в виде понятий, проверенных практикой законов и теорий, доказывающих, что мир един, что имеется связь между явлениями и объектами природы, находящейся в постоянном движении и развитии.

Это положение вытекает из определения материи, данного В.И. Лениным, согласно которому, материя бесконечна в пространстве и во времени, а виды ее неисчерпаемы не только вглубь, но и вширь. Говоря о материальном единстве мира и единстве научного знания, В.С. Готт писал: «Это особенно ярко видно на примере физики и наук о Вселенной, взаимосвязи и единства космических объектов и элементарных частиц – в единстве бесконечно большого и бесконечно малого, в структуре материального мира» [64]. Поэтому, опираясь на положение о материальном единстве мира, на наличие в мире общих свойств и закономерностей, исследуя свои предметы, науки раскрывают в преходящих, временных процессах элементы бесконечного и вечного.

Таким образом, объективная логика научного познания, весь арсенал классических и современных его методов и форм способствуют объединению наук, синтезу научных знаний. *Единство природы*, в каких бы противоречивых формах оно ни выступало, находит свое адекватное отражение лишь в *единстве человеческого знания*.

3. Интеграция научных знаний осуществляется различными путями и реализуется в самых разнообразных формах: унификации понятийного и категориального аппарата науки, математизации, взаимопроникновении методов, взаимодействии по объектам исследования, образовании комплексных (синтетических) наук и т.д. В сближении наук, синтезе научных знаний большую роль играют принципы формирования научных понятий и теорий, построения научной картины мира, развития современной структуры научного познания вообще.

Примером этому может служить физика, в которой выделено семь групп понятий: система понятий, охватывающих классическую механику (механику Ньютона); система понятий, лежащих в основе теплоты; система понятий Максвелла (электрические и магнитные явления); система понятий частной теории относительности (Минковский, Эйнштейн); система понятий квантовой механики; система понятий общей теории относительности и система понятий, связанных с формированием современной теории элементарных частиц, М.Э. Омельяновский назвал их «замкнутыми» системами понятий, каждая из которых является выражением определенной сферы физических явлений, определенной ступени познания природы. При этом эти понятия находятся в генетическом взаимодействии, так как каждая последующая группа понятий определенным образом вытекает

из предыдущей. Это указывает на синтетический характер понятийного аппарата современной физики [148, с. 323–354].

Очень велико синтезирующее значение научных концепций, теорий, картин мира, самой структуры научного познания. При этом интеграционные процессы в науке носят преимущественно междисциплинарный (горизонтальный и вертикальный) характер.

Интенсификация взаимодействия наук сказывается на самых разных аспектах научной и образовательной деятельности и предъявляет новые требования к научному работнику, которому чаще всего приходится участвовать в исследованиях широкого профиля, а также к преподавателям вузов и учителям школ, которым уже нельзя оставаться узкими специалистами, замкнутыми в рамках одной дисциплины, так как современному обществу нужны кадры, имеющие интегрированные знания и владеющие современными методологиями познания объективной реальности с тем, чтобы участвовать в решении крупных проблем и реализации проектов, а также способных к непрерывному самообразованию и саморазвитию. Поэтому образовательный процесс должен осуществляться в тесном контакте с наукой и практикой.

К этому должна готовить уже школа, особенно высшая. Междисциплинарные контакты предполагают освоение будущими специалистами в первую очередь фундаментальных идей. И чем глубже и шире удастся им это сделать, тем легче они смогут ориентироваться в различных дисциплинах, переключаться из одной области деятельности в другую. Таким образом, для решения проблемы взаимосвязи наук важным является вопрос о поиске оптимального соотношения фундаментальных, прикладных и разработочных ее элементов в преподавании.

Понимание общей стратегии взаимодействия наук невозможно без исторического отслеживания тех конкретных форм отношений и их эволюции, которые имели место на всех этапах развития науки.

Во взаимодействии наук, их «стыковке», Б.М. Кедров выделил несколько форм. Первую, простейшую из них, он назвал «цементацией наук». Суть ее состоит в том, что между двумя смежными науками или между двумя приведенными в соприкосновение науками возникает новая научная дисциплина промежуточного характера как новая область научного знания. Она включает в равной мере черты и особенности обеих исходных наук, поэтому как бы «цементирует» их. Убедительными примерами такой формы взаимодействия могут служить, прежде всего, такие смежные науки, которые возникли на стыке фундаментальных естественных наук: физики, химии, биологии, географии и др. В качестве классического примера «цементации» физики и химии могут служить физическая химия, а позднее – химическая физика, физики и биологии – биофизика.

Вторую, более сложную и более развитую взаимосвязь наук, назвали «переплетением». Такая форма взаимодействия предполагает, что науки сами приходят в тесное взаимодействие между собой, образуя в местах своих стыков новые междисциплинарные проблемы и научные направления, в разработке которых принимают участие сразу несколько различных наук. Эти науки сплетаются между собой и проникают друг в друга, сохраняя при этом свою относительную самостоятельность. В таком переплетении участвуют не только одни фундаментальные, но и прикладные и технические науки, стоящие далеко друг от друга в их общей системе, в итоге возникают новые междисциплинарные отрасли научного знания. Примером

такой формы взаимодействия может служить бионика, образовавшаяся на стыке между биологией, кибернетикой и техникой.

Третью, еще более сложную и развитую форму взаимодействия наук, назвали «*стержнезащитой*». Суть данного принципа взаимосвязи состоит в том, что одна наука абстрактного типа вырабатывает такие общие знания, которые используются целым рядом конкретных наук. В итоге образуется теснейшая взаимосвязь не только между стержневой наукой и всеми остальными, но и между этими последними, поскольку они оказались связанными («пронизанными») общим для них стержнем. Примером тому может служить кибернетика по отношению к биологическим, общественным и техническим наукам.

Наиболее сложную и наиболее развитую на сегодня форму взаимосвязи и взаимодействия наук называют «*комплексобразованием*». Такая форма предполагает еще более тесное переплетение вплоть до слияния нескольких различных наук, изучающих с разных сторон одновременно один и тот же предмет, в результате чего в этом пункте «стыковки» образуется новая наука комплексного характера. Итогом такого взаимодействия является *молекулярная биология*, в комплексобразовании которой участвуют физика (биофизика, квантовая биохимия), химия (биохимия, биоорганическая химия), кибернетика (биокибернетика) и др. [36, с. 24–25]. Рассмотренные формы взаимодействия наук генетически связаны друг с другом, так как развивались последовательно одна за другой, сохраняя при этом положительные основы предыдущей формы. Поэтому понять сущность рассмотренных форм взаимодействия наук можно лишь на основе исторического подхода, который, кроме того, позволит наметить стратегические и тактические перспективы в этом направлении.

Как известно, первоначальное накопление знаний в ранний период развития человеческого общества происходило в рамках философии. Дифференциация наук, начавшаяся в эпоху Возрождения (вторая половина XV в.), привела к возникновению фундаментальных отраслей естествознания и математики. Интегративные тенденции в этот период сначала отсутствовали почти полностью, это диктовалось тем, что каждой науке необходимо было исследовать частные вопросы, определить свой предмет изучения и наработать методы исследования. Однако уже в XVII в. стали предлагаться общие системы, с целью объединить все науки в одно целое. Эти действия имели внешний характер и не раскрывали внутренних связей между науками: науки просто прикладывались одна к другой. Поэтому и переходов между науками обнаружено не было. Более того, все нарастающие темпы дифференциации наук значительно затрудняли тенденцию к их интеграции, хотя такая необходимость постоянно нарастала.

Подлинно научной основой для развития тенденции к интеграции наук стал диалектический материализм, который как самостоятельное учение оформился к середине XIX в. Благодаря этой методологии, интеграция перестала носить подчиненный характер по отношению к дифференциации и очень быстро заняла лидирующую позицию в этой диалектической паре. С этого момента дальнейшая дифференциация наук выступала лишь как подготовка к их подлинной интеграции, их действительному теоретическому синтезу. Более того, в последующем нарастающая интеграция наук стала осуществляться сама через дальнейшую их дифференциацию и благодаря ей. Это объясняется тем, что в диалектической логике *анализ* и *синтез* выступают не как абстрактно противопоставленные друг другу противоположные

методы познания, но как слитые органически воедино и способные не только дополнять друг друга, но и взаимно обуславливать друг друга и переходить, превращаться один в другой. При этом анализ становится подчиненным моментом синтеза и поглощается им в качестве своей предпосылки, тогда как синтез непрерывно опирается на анализ в ходе своего существования [234, с. 16].

Таким образом, даже краткий анализ взаимодействия наук в их историческом развитии свидетельствует, что оно шло от разобщенности наук к их слитному единству, которое в современных условиях достигло всеобщих и глобальных масштабов. Это обусловлено тем, что наука в настоящее время сталкивается с явлениями, объектами и проблемами, которые носят глобальный характер. Таковыми являются задача изучения космоса; явление научно-технической революции; экологическая проблема, связанная с изучением взаимоотношений человека и природы; проблема долголетия людей, их пропитания и др. Решение этих проблем возможно только на основе всех наук без исключения: естественно-математических, гуманитарных и технических.

Вполне очевидно, что первоначальный фундамент к интеграции научных знаний, а, следовательно, и наук, закладывается еще в школе. В этой связи исключительно важным является рассмотрение вопроса о том, насколько адекватно и диалектически отражается общая тенденция науки к ее интеграции в современных концепциях, направленных на модернизацию образования, не происходит ли односторонней интерпретации этого принципа и односторонности при его реализации на практике.

Состояние современного образования в нашей стране, в том числе естественного, можно охарактеризовать как кризисное, и ни у кого не возникает сомнений в необходимости его преобразования. Глубина этого кризиса обусловлена еще и тем, что он совпал по времени с социально-экономическим переустройством общества, которое ставит перед ним принципиально новые цели и задачи. Проблемы, накопившиеся в области естественного образования, требуют незамедлительных действий по его коренной перестройке, так как от их решения зависит не только экономическое развитие общества, но и само его существование. В настоящее время обществом все более и более осознается, что дальнейшее развитие человеческой цивилизации во многом зависит от решения насущных глобальных проблем в различных отраслях народного хозяйства: переход на экологически чистые источники энергии и замкнутые производственные циклы, поиск эффективных способов лечения рака и СПИДа; существенное повышение урожайности сельскохозяйственных культур и решение экологических проблем.

Реализация данных проектов потребует не только новых более глубоких экспериментальных и теоретических исследований в области физики, химии, биологии, географии, но и интеграции знаний этих и других естественных наук.

Изменение стратегического курса естественных наук обязывает изменить стратегию и в образовании. Основной упор в школе и вузе должен делаться на формирование научно-теоретического мышления, что позволит заложить основы для подготовки высококвалифицированных специалистов для различных областей народного хозяйства. Современным школьникам и студентам необходимо дать не только эмпирический уровень изучения материальных объектов, но и теоретический.

Реализация этой цели потребует создания единого подхода к формированию у школьников и студентов системы основных естественнонаучных понятий (философских), которая будет способствовать формированию научно-теоретического мышления.

В качестве методологической основы изучения материальных объектов наука широко использует диалектический метод, который был конкретизирован в естествознании, и на его основе разработан системно-синергетический подход. Взятие на вооружение данного подхода в области образования будет способствовать переводу естественнонаучных знаний на новый качественный уровень.

Следует признать, что и до сих пор преподавание естественных дисциплин направлено в основном на формирование эмпирического мышления школьников, в основе которого лежит описание и систематизация наблюдаемых структур, что не соответствует современному уровню как естественных наук, так и психологии и дидактики. Специальные вузы тоже пока что «осилили» лишь эмпирический уровень. Создается тревожная ситуация, когда старое уже не годится, а нового еще нет. Поэтому требуется разработка нового содержания естественного образования с целью поднятия знаний обучаемых на теоретический уровень. Соответственно данному уровню образования необходимо внести коррективы в программы, разработать новые формы и методы обучения, а также критерии оценки знаний.

Реализация вышеуказанной цели потребует нового уровня интеграции содержания предметов естественнонаучного цикла, как в школе, так и в вузе. Эта тенденция прослеживается как в проектах, так и в принятых Федеральных государственных

стандартах средней и высшей школы. Следует отметить, что соответственно уровням научного знания ученые разрабатывают и концепции естественнонаучного образования. Одни предлагают интегрировать знания, особенно в школе, на эмпирическом уровне, считая, что у учащихся среднего звена еще недостаточно развито абстрактное мышление [99; 101;159]. Другие считают, что это не так, и предлагают уже в среднем звене вести интеграцию естественных предметов на теоретическом уровне [44; 69].

Необходимо в том и другом случае дать научное методологическое обоснование, раскрыть сущность, принципы, критерии отбора содержания интегрированных знаний.

Если ориентироваться на структуру, системное содержание и функции современного научного знания, признавать необходимость логического соответствия научных с вузовскими и школьными знаниями (в школе изучают основы научного знания), то можно прийти к единственно верному методологическому выводу: *краеугольным камнем интегрирования знаний по смежным предметам может быть только принцип теоретичности. Принцип научный, универсальный, информационно не отягощенный.*

Знания по своей сущности, как сама природа и жизнь, диалектичны, едины, целостны, системны, ассоциативны, следовательно, интегрированы, и задача состоит лишь в том, чтобы это должным образом отразить в программах. Эмпирический же уровень интеграции знаний имеет низкофункциональное содержание. Поэтому каждого ученика и студента необходимо учить мыслить системно, ассоциативно, интегрированно, а если угодно – универсально, что надежно обеспечивается

интегрированием знаний на теоретическом уровне и, конечно, отработкой соответствующих технологий познания.

Формирование научно-теоретического мышления школьников и студентов возможно только при выборе соответствующего методологического подхода. Как уже было отмечено выше, в качестве методологической основы изучения материальных объектов наука широко использует *системно-синергетический подход*. Взятие на вооружение данного подхода в области образования будет способствовать переводу естественнонаучных знаний на новый качественный уровень.

Ядром естественнонаучного мышления являются естественнонаучные понятия и законы, общие для естественных наук. Таковыми являются понятия: вещество, поле, структурные формы вещества, атом, ионы, молекула, взаимодействие, движение, сила, работа, энергия, электрический заряд; и законы: закон сохранения и превращения энергии, закон сохранения импульса, закон сохранения электрического заряда, закон всемирного тяготения и др. Поэтому первым важнейшим условием формирования естественнонаучного мышления является полноценное усвоение учащимися естественнонаучных понятий и законов, общих для цикла естественных дисциплин (физики, химии, биологии, географии). На основе усвоения учащимися и студентами общих для естественных наук понятий и законов формируется естественнонаучная картина мира.

Центральным в естественных науках является понятие «*вещество*». Вещество как вид материи является структурной основой всех объектов неживой и живой природы, которые изучают естественные науки, школьные и вузовские дисциплины. Поэтому познание любого объекта природы невозможно без

глубинного изучения его фундамента – элементарных дискретных образований, общих принципов их организации и свойств.

Неотъемлемым свойством вещества, как и материи в целом, является движение. Определенные уровни организации вещества (материи), формы его движения изучаются соответствующими дисциплинами: физикой – физическая форма движения материи (ФФДМ), химией – химическая форма движения материи (ХФДМ), биологией – биологическая форма движения материи (БФДМ). Раскрытие сущности той или иной формы движения вещества (материи) при изучении естественных дисциплин возможно только на теоретическом уровне, который можно сформировать у учащихся и студентов при опоре на современную научную методологию – системно-синергетический подход.

Взятие на вооружение системно-синергетического подхода позволяет изучать материальные объекты, которые представляют собой соответствующие уровни организации вещества, как природные системы, имеющие общие принципы внутренней организации: целостности, структурности, иерархичности, а также взаимоотношений с внешней средой. Эти принципы обуславливают существование любой природной системы, а также ее дальнейшее развитие и преобразование в системы более высокого уровня. Прослеживание генетических связей между системами различного уровня организации на основе данных современной науки позволит создать целостную картину их развития во Вселенной.

Системно-синергетический подход предполагает абстрагирование от несущественных (в том или ином отношении) связей, признаков и построение теоретически идеализированных объектов. Это позволит изучать сложные природные объекты

на теоретическом уровне. Введение в теорию абстрактно-идеализированных объектов позволяет познать их сущность в чистом виде и отразить ее в виде законов и теорий. Отражение же в системе абстрактных понятий объектов материального мира есть высшая форма знаний – *мышление*.

Согласно теории структурных уровней организации природы, материя, а, следовательно, и вещество, 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. Эти общие принципы системно-синергетического подхода, отражающие естественную эволюцию материи, должны быть положены и в основу формирования понятия «*вещество*» в школьных курсах физики, химии, биологии, географии.

Системно-синергетический подход вытекает из законов диалектического материализма. Сами же эти законы объективно отражают закономерности развития материи вообще. *Познавая эти законы и применяя на практике, учащиеся и студенты усваивают их, и они становятся общими законами мышления*. Отражая общие принципы организации и развития природных систем, данный подход становится методологией научного познания как в области науки, так и образования. Особую роль он играет при формировании фундаментальных естественнонаучных понятий, которые в большинстве своем являются интегративными абстрактными понятиями. Таким образом, перевод естественного образования на новый качественный уровень требует, прежде всего, изменения стратегии, которая должна опираться на современную научную методологию. Использование в этих целях системно-синергетического подхода,

который неразрывно связан с материалистической диалектикой и является *конкретизацией ее основных принципов*, позволяет, во-первых, заложить единую методологическую основу для планомерного образования и развития фундаментальных естественнонаучных понятий, которые в большинстве своем являются интегративными абстрактными понятиями. Это позволит не на словах, а на деле интегрировать содержание предметов естественнонаучного цикла, изучаемых в школе и вузе. Во-вторых, иметь педагогам научный инструмент для формирования научно-теоретического мышления школьников и студентов. Данный подход вытекает из естественных законов, по которым устроена и развивается материя вообще. Целенаправленное использование системно-синергетического подхода, который отражает проявление этих законов, в изучении неживых и живых объектов приводит к тому, что они становятся общими законами мышления обучаемых, обеспечивая более быстрыми темпами познание сущности изучаемых объектов и явлений, а также их взаимосвязи, формируя единую картину естественнонаучного миропонимания.

Подтверждением вышеизложенных теоретических положений о взаимосвязи тенденций развития науки и образования служит весь их исторический опыт развития. Это касается как естественных наук и естественнонаучного образования в целом, так и биологической науки и биологического образования, в частности.

Весь исторический опыт человечества убедительно доказывает, что наука и образование – тесно связанные категории и во многом предопределяют друг друга. Отдавая дань первенства все же науке, необходимо признать, что именно она определяет

основные пути и принципы развития этих отношений. Образование же чаще всего использует то, что уже апробировано в науке.

В верности выдвинутого тезиса нетрудно убедиться, сделав краткий экскурс в историю развития биологической науки. На заре своего зарождения биологическая наука была представлена ботаникой, зоологией, анатомией человека. Задача этих наук была относительно не сложной: сбор научных фактов, их систематизация, описание и т.д. Соответственно успехам науки ставились задачи и в области образования, которые сводились в основном к заучиванию этих фактов. По мере накопления научных фактов о явлениях и свойствах тех или иных организмов все острее вставала задача их объяснения. Это в свою очередь потребовало углубленного изучения отдельных процессов и явлений, которое, в конечном итоге, привело к специализации и *дифференциации* биологической науки. В результате появилось значительное количество новых наук. В системе образования это сказалось на перечне биологических дисциплин. В качестве примера такой тенденции можно привести физиологию растений, которая сама, выйдя из недр материнской науки ботаники, дала начало ряду более частных наук: генетике, биохимии, микробиологии и т.д. Таким образом, уже на этом этапе мы убедились, что пути развития науки предопределили и пути развития образования.

Углубленное изучение отдельных процессов и свойств организмов, несомненно, имело большое теоретическое и практическое значение. Однако со временем становилось все более и более очевидным, что специализация зашла слишком далеко. Ученые теряют целостный организм и перестают понимать друг друга. Одним словом, дальнейшая специализация в науке без интеграции – не приоритетное направление. Осознав это,

ученые стали исправлять ситуацию путем создания смежных наук (биофизика, бионика, биохимия, космическая биология) и интегративных наук, например, биотехнология. Это и наука, которая использует знания микробиологии, биохимии, генетики, химической техники, это и отрасль производства, которая удовлетворяет наибольшее количество потребностей человека. Так, например, Япония 40% национального дохода получает не за счет развития электроники, а за счет развития биотехнологии. На повестке стоят вопросы по созданию новых смежных наук, например, физиологической генетики или генетической физиологии.

Вышесказанное позволяет сделать вывод, что в настоящее время практика ждет от науки более осязаемого вклада. Наиболее эффективный путь решения этой задачи – это *интеграция* отдельных наук (которая, естественно, не исключает дальнейшей дифференциации). Если эту тенденцию в науке принять как положительную, то соответственно ей должно быть перестроено и образование. Следовательно, перестройка науки и образования сегодня – это не дань моде, а настоятельная потребность, продиктованная запросами самой жизни.

В настоящее время наметились основные пути *интеграции* естественнонаучных дисциплин. Один из них – введение *интегративных курсов*, как обязательных, так и факультативных. Определяя роль этих курсов, известный методист-биолог В.Н. Максимова считает, что задачей таких курсов должно стать формирование научного мировоззрения школьников на основе современных знаний о единстве мира, о взаимодействии биологической формы движения материи с физической, химической и социальной, о взаимосвязях биологической науки с идеологией, философией, моралью, искусством, с общественной

практикой. В процессе изучения интегративных курсов учащиеся и студенты смогут приобрести умения синтеза и обобщения знаний из различных наук, природных явлений и деятельности человека в природе, а также умения комплексного применения знаний по биологии, физике, химии, географии, обществоведению к решению практических задач [123, с. 5].

Следует отметить, что к настоящему времени ведущие специалисты до сих пор не пришли к единому мнению в отношении интегративных курсов. Одни считают: только с помощью них можно поднять на качественно новую ступень наше образование, другие стоят на полярной точке зрения и усматривают в них негатив. Время покажет верные пути решения этого вопроса.

В данный момент очевидно лишь то, что проблема введения интегративных курсов возникла не на пустом месте и имеет свои истоки. Важнейшие из них:

1. Запросы практики требуют все большей интеграции знаний различных наук.
2. Средняя и высшая школы выпускают специалистов, которые к этому не подготовлены.

Анализ статей, пособий, монографий по проблеме разработки и внедрения интегративных курсов позволяет констатировать, что в дискуссии по данной проблеме участвуют как теоретики, так и практики, которые подходят к ее решению с различных точек зрения. Это вполне закономерно, так как обсуждаемая проблема является системной и несет в себе различные аспекты, определяющие в совокупности ее сущность. Свой взгляд на решение проблемы по реализации интегративных курсов представили И.Ю. Алексашина [3], В.С. Безрукова [16], М.Н. Берилава [20], Ю.И. Дик [77], В.Р. Ильченко [91], А.А. Пинский [155], Л.В. Тарасов [205], А.В. Усова [225; 231], А.Г. Хрипкова [247; 248], О.А. Яворук [260] и др.

Изучению места интегративных курсов в западных образовательных системах уделено внимание в работах Б.Д. Комисарова [102], Н.М. Воскресенской [42] и др. Интересные результаты по данной проблеме отражены в публикациях Т.М. Гордеев [61], О.М. Кузнецовой [111], Т.В. Мухлаевой [136], М. Пак [150], С.М. Похлебаева [166], Д.В. Ровкина [179], С.А. Сергеенок [185], Е.К. Страута [196] и др.

Несмотря на все многообразие подходов к решению данной проблемы, можно выделить два основных. Одни исследователи подходят к ее решению стратегически, опираясь на научную методологию и запросы практики, которые позволяют им в принципе снять вопрос о необходимости интегрированных курсов. К числу таких специалистов в области методики биологии следует отнести академика АПН СССР И.Д. Зверева, который, прежде чем перейти к рассмотрению вопросов о целесообразности и месте интегративных курсов в школьной практике, резонно ставит вопрос «Правомочна ли сама постановка задачи создания интегративного предмета?». К решению данного вопроса автор подходит методологически: «Интеграция содержания образования – это мировая тенденция, интегральный подход отражает объективную целостность системных связей различных уровней (природы – общества – человека). Интеграция обусловлена процессом восполнения, развития, объединения в целое ранее разрозненных частей, она ведет к повышению уровня целостности и организованности элементов системы. В ходе интеграции увеличивается объем взаимосвязей, упорядочивается функционирование отдельных частей этой системы и целостность объекта познания» [83, с. 46]. Такое стратегическое решение данной проблемы позволяет наметить конкретные пути реализации этих общих положений в школьном образовании.

Акцент делается на том, что достижение успеха в обучении, развитии и воспитании школьников во многом зависит от сформированности у них представлений о единстве мира, понимания необходимости регулировать свою деятельность на основе знания всеобщих природных законов и закономерностей, раскрытия внутри- и межпредметных связей в курсе биологии. Интеграция в образовании рассматривается во взаимосвязи с системным подходом, который должен явиться методологией к конструированию содержания учебных предметов. Выделяя различные уровни интеграции: начальный, объединяющий элементарные знания о природе; промежуточный – интеграция знаний раздела, темы по предметам; заключительный – интеграция на завершающем этапе обучения в связи с изучением биологических теорий, автор не исключает возможность более полной и широкой интеграции содержания естественнонаучного образования. По его мнению, сегодня остро встала проблема интегративного курса, основу которого составляют биологические знания, которые берут на себя главную цементирующую функцию [83, с. 46].

Подобный подход, когда интеграция содержания ряда естественных предметов осуществляется не только на начальном этапе, но и на среднем и завершающем уровнях общего образования широко известен и неоднократно применялся во многих зарубежных школах.

Анализируя методологические основы построения экспериментальных программ и учебников по курсу «Естествознание», И.Д. Зверев приходит к выводу, что в них как бы *механически соединены отрывочные сведения по физике, химии, биологии в одном предмете*, поэтому разрозненный материал оказался не скрепленным заявленными идеями. Превалирует

*эмпирическое познание*, в то время как достаточная доза *теоретического материала* необходима в логике предметного содержания уже в среднем звене. Смена курса в содержании образования предполагает не только качественное преподавание интегрированного курса «Естествознание», но и проведение необходимых изменений в других предметах по горизонтали и вертикали учебного плана. Иначе говоря, возникает необходимость *кардинальной перестройки всей конструкции естественнонаучных знаний*, а не просто механическая вставка нового предмета в содержание школьного обучения. Необходимо четко выявить интегративные связи, гармонизирующие содержание предмета как единого целого. В работе заостряется внимание и на других важных проблемах, без решения которых невозможно осуществить намеченные реформы: создание соответствующей предмету «Естествознание» «интегрированной методической системы», подготовка учителей к ведению интегрированного курса и др. [83, с. 46–49].

Идея о введении интегрированных курсов «Естествознание» в школьную практику поддерживается и группой исследователей во главе с академиком А.Г. Хрипковой. В качестве обоснования ее поддержки авторы ссылаются лишь на социальный заказ общества и низкий уровень естественнонаучных знаний выпускников школ. Методологические аспекты данной проблемы, которые должны определить стратегические подходы к усилению интегративных тенденций при изучении естественных наук в школе этими авторами вообще не рассматриваются. Концепция данных исследователей предполагает изучение курса «Естествознание» с I по VI (VII) класс, который послужит пропедевтической основой для изучения базовых естественнонаучных дисциплин – биологии, географии, химии и физики [247].

Проекты программ для интегративного курса «Естествознание», разработанных на основе и при участии А.Г. Хрипковой с сотрудниками, остро критикует чл.-кор. Академии наук СССР Ю.И. Полянский: «...может показаться, – пишет автор, – что предлагаемые программы – это целый революционный переворот в преподавании естествознания в школе, новый прогрессивный этап в построении школьного курса наук о природе... Результат, по нашему мнению, получится прямо противоположный добрым пожеланиям авторов. Предлагаемая программа, если она будет принята, приведет к полному нарушению систематических знаний учащихся по основам наук о природе, верхоглядству, непониманию основных законов природы» [160, с. 48]. Не отрицая необходимости к установлению более глубоких межпредметных связей биологии с химией, физикой, физической географией, математикой, данный автор полагает, что это необходимо делать в рамках традиционной дифференцированной системы обучения. Предлагаемые программы и курс «Естествознание», по мнению Ю.И. Полянского, представляет из себя искусственную смесь наук о природе, в котором полностью утеряна логика отдельных биологических дисциплин и который не даст учащимся никаких представлений об основах наук, не подготовит их ни к дальнейшему обучению, ни к практической жизни. Рассматривая содержание конкретных программ, автор резонно указывает на имеющиеся место нестыковки и противоречия по формированию тех или иных понятий, их взаимосвязи, а также акцентирует внимание на проблеме отсутствия, на сегодняшний день, специалистов, которые были бы готовы вести в школе курс «Естествознание» [160, с. 48–49].

Критикуют концепцию А.Г. Хрипковой относительно введения курса «Естествознание», предусматривающего в I–VII классах

«слияние» биологии с курсами физики, химии, географии и астрономии, известный специалист в области генетики, академик Н.П. Дубинин с сотрудниками. По их мнению, это «...попытки всеми силами «выжить» биологию из школы... Биология как самостоятельный предмет должна изучаться в школе на протяжении всех лет обучения, причем преподавание предмета должно идти по нарастающей, с учетом возврата к основным понятиям, но на качественно более высоком уровне» [78, с. 16].

Не умаляя достоинства высказанных критических замечаний, можно констатировать, что они основываются на тактических промахах, имеющих место в концепции и программах, подготовленных под руководством А.Г. Хрипковой, в то время как методологический аспект самой необходимости введения интегративных курсов ни Ю.И. Полянский, ни Н.П. Дубинин с соавторами вообще не рассматривают. По-видимому, это можно объяснить, в какой-то мере, тем, что сама обсуждаемая концепция не имеет по большому счету методологического обоснования.

Отсутствие глубокой методологической обоснованности концепции, подготовленной А.Г. Хрипковой с сотрудниками, по-видимому, не позволило убедить и тех авторов, которые в принципе поддерживая идею введения интегрированного курса, не согласны с тем фактом, что основой для такой интеграции в пропедевтическом курсе «Естествознании» в V–VII классах должны явиться эмпирические знания. К ним относятся Е.А. Писарчук и О.В. Щербан, которые считают, что эмпирический уровень интеграции знаний недостаточен. Об этом, по их мнению, свидетельствует предыдущая практика в области естественнонаучного образования, в основу которой был положен эмпирический подход. Такие знания характеризовались репродуктивностью, нейтральностью, низкой функциональностью,

не вызывая особого интереса у школьников. Эти исследователи предлагают свою концепцию интеграции естественнонаучных знаний – *на теоретическом уровне*. В качестве методологических принципов своей концепции они положили структуру, системное содержание и функции современного научного знания, а также необходимость логического соответствия научных и школьных знаний по этим параметрам (так как в школе изучаются основы научного знания). Именно эти тезисы дают им основание сделать вывод, что основой для интегрирования знаний может быть только принцип теоретичности [156].

Фундаментом теоретического уровня знаний, как известно, является абстрактный уровень мышления учащихся. Именно этот критерий является основным аргументом для разработки концепций на эмпирическом и теоретическом уровнях. Одни исследователи, среди которых и А.Г. Хрипкова с соавторами, считают, что в V–VII классах учащиеся имеют слабый уровень абстрактного мышления, а потому предлагают концепции интеграции естественных знаний на эмпирическом уровне [247; 248], в то время как другие исследователи имеют противоположную точку зрения [143].

Очень категорично в этом отношении высказываются Е.А. Писарчук и О.В. Щербан: «Что касается недостаточной развитости мышления учащихся среднего звена, то с этим мнением нельзя не только не согласиться, его надо категорически отвергнуть как застывшую научную догму. Разве становление абстрактного мышления – стихийный процесс? И разве действительно следует терпеливо ждать, пока оно само по себе станет развитым, и тогда уж, в старших классах, в систематических курсах, начать развивать формируемые на среднем этапе обучения

эмпирические географические, биологические, физические и химические понятия до уровня теоретических? Но ведь учитель, согласно идее интеграции, должен формировать у учащихся не отдельные знания, а целостную картину мира, и сразу, а не по кусочку» [156, с. 54]. Вышеназванные авторы вполне резонно ставят вопрос: на основе каких исследований делается вывод (некоторыми авторами) о недостаточном развитии абстрактного мышления учащихся в среднем звене? Такой вопрос является актуальным, так как предыдущее естественнонаучное образование не было направлено на развитие абстрактного мышления учащихся. Собственные наблюдения этих авторов свидетельствуют о том, что не только пятиклассники, но и младшие школьники способны мыслить обобщенно, вместе с тем не редки случаи, когда даже старшие школьники этого не умеют делать. Поэтому, заключают они, дело не в том, могут или не могут подростки мыслить абстрактно, а в том, *кто, как и чему учит ребят*. А то, что в школе не учат мыслить обобщенно – факт неопровержимый. Поэтому, пишут авторы: «... дедуктивное мышление нужно развивать с детства, что называется с колыбели. Только при этом условии можно решить проблему сегодняшней информационной перегрузки» [там же, с. 54].

Не претендуя на завершенность своей концепции интеграции знаний по смежным предметам, Е.А. Писарчук и О.В. Щербан ее суть отразили в пяти положениях:

1. Объективное научное знание отражает объективные диалектические закономерности природы, общества, мышления (происхождения, существования, функционирования, движения, развития, всеобщих связей, взаимодействий, отношений, детерминант, объектов, явлений, процессов), в силу чего научное знание – многоуровневое, системное, интегрированное.

Это и должно быть отражено в школьных интегрированных программах.

2. Отбор и интеграция знаний должны осуществляться на теоретическом уровне, т.е. на основании унифицированных систем теоретических понятий по смежным предметам, и подчиняться целям реализации учебно-познавательной, мировоззренческой, социально-культурной функций основ интегрированных знаний.
3. Уровневое, системное, интегрированное знание реализуется в учебном процессе с учетом целенаправленно, динамично развиваемых умственных задатков, способностей учащихся на всех ступенях обучения. При этом эмпирический уровень знаний – прерогатива начального этапа обучения.
4. Классификация уровневого содержания школьных знаний, понятий, методов, средств обучения должна соответствовать структуре, содержанию и функциям научного знания.
5. В связи с вышеизложенным необходима разработка новой концепции урока – по структуре, содержанию и функциям [156, с. 54–55].

Приоритетность рассмотренной концепции определяется ее грамотным методологическим обоснованием, логичностью и многолетним практическим опытом авторов.

Методологические положения приведенной выше концепции, касающейся интеграции естественнонаучных знаний в школе, в полной мере разделяют и другие специалисты. Так, Э.Э. Волкова, М.В. Занин, М.П. Кузнецова пишут, что «...если мы считаем, что знания, получаемые в школе, должны носить научный характер, а организация обучения должна быть основана на научных методах познания, то, несомненно, в школьных знаниях должны быть отражены интегративные процессы,

присущие современному научному знанию. И интеграционный процесс в школе должен и может строиться на тех же принципах, что и в науке, на тех же основах (единство мира, единство форм познавательной деятельности)» [41, с. 52].

Подходя к проблеме интеграции естественнонаучных знаний комплексно, вышеупомянутые авторы совместно с другими исследователями института усовершенствования учителей (Свердловская область) стремятся поставить эту работу на научную основу и сделать ее целенаправленной и системной. Именно с разработки научно-теоретического и методического обоснования интеграции естественнонаучных знаний в школе началась работа в этом регионе. После чего, в рамках единого учебного плана «Совершенствование профессиональных знаний и формирование умений для практического осуществления интеграции в процессе обучения» (всего 118 ч), началась подготовка учителей к практическому осуществлению интегративных принципов в школе.

Учебный план предусматривал рассмотрение целого ряда теоретических вопросов, таких как понятие интеграции, ее психолого-педагогические особенности, философские аспекты естествознания, методологические основы интеграционного процесса и др. Эти теоретические вопросы вызвали наибольшие затруднения учителей. Вместе с тем, как указывают авторы статьи, учителя увидели реальные возможности каждого учебного предмета к осуществлению интеграции естественнонаучного знания, осознали необходимость объединения усилий в формировании единой научной картины мира у школьников. При реализации междисциплинарного подхода к обучению педагоги заметили явное повышение интереса у учащихся к научным знаниям. Сами же учителя при этом осознали, что их роль

меняется: из передающих знания они становятся ведущими к знаниям, к их осмыслению и обобщению [41, с. 52–54].

Более диалектично, на наш взгляд, решается вопрос о соотношении принципов интеграции и дифференциации в концепции разработанной под руководством И.Т. Суравегиной. Это проявляется, как минимум, в двух стратегических линиях данной концепции. Первая – позволяет сочетать пропедевтический курс «Естествознание», который вводится на второй ступени школьного образования с систематическими курсами физики, химии, биологии и географии. Вторая линия, в основу которой положено комплексобразование позволяет осуществить интеграцию на самом высоком современном уровне и весьма эффективно. В качестве такой комплексной идеи авторы выбрали *социальную экологию*, из которой, в свою очередь, вытекают такие стержневые вопросы, как: человек как обитатель планеты Земля, взаимосвязь всех компонентов природы, ее целостность и системная организация [197].

Близкой к предыдущей по принципам построения интегративных курсов является концепция А.Н. Захлебнова и М.В. Рыжакова, в которой в качестве цементирующей основы ее содержания выступает ряд сквозных идей – *естественнонаучных, философских, психолого-педагогических*, получающих спиралеобразное развитие в течение трех лет обучения. При построении своей концепции авторы исходили из одновременной необходимости создания курса экологического содержания и интегративного курса «Естествознание». Совмещая эти задачи, они создали интегративный курс экологической направленности «Природа и человек», в котором отражена идея союза человека с окружающей его природой.

Несомненным достоинством данного курса является тот факт, что он построен *на основе ведущих междисциплинарных идей, имеющих самостоятельную познавательную и воспитательную ценность*. Содержание такого интегрированного курса не сводится к содержанию отдельных предметов или к их сумме, а представляет собой систему, несущую *новое качество*, и, что самое важное, отражает в своем содержании сведения не из отдельных предметов, а из *областей знания*. При этом знания отдельных наук привлекаются лишь в том объеме, который необходим для раскрытия ведущих идеи с учетом возрастных возможностей учащихся. Авторы считают, что «...в условиях дифференцированного обучения данный курс может выступать и в качестве самостоятельного экологического курса, и в качестве базового с последующим углублением знаний в рамках школьных предметов *физики, химии, биологии и географии*, а также на факультативных и кружковых занятиях в школе» [82, с. 28]. В основу содержания курса положены биогеографические и физико-химические знания и связанные с ними умения. Кроме того, содержание построено с учетом знаний и умений подростков из области истории, математики, художественного творчества и трудовой подготовки, с широким использованием их жизненного опыта.

В курсе реализованы: идея целостности, идея изменения природной среды, идея историзма, идея эволюции отношений человека к природе и образного ее отражения в искусстве, идея развития знаний через их углубление и применение. Авторы также предполагают, что учебный процесс будет строиться на основе сочетания научного познания с образным восприятием окружающего мира [82, с. 26–31].

По проблеме введения интегрированного курса «Естествознание» разделились мнения не только ученых, но и учителей, которые представлены на страницах журнала «Биология в школе». Типичной является такая картина: одни учителя, не предоставляя методологического обоснования и не участвуя в эксперименте по апробации курса «Естествознание» в школе, просто поддерживают мнение авторитетных ученых, например, Ю.И. Полянского, который в принципе отвергает идею по созданию интегрированных курсов, другие, – участники эксперимента, как правило, поддерживают идеи интеграции и видят в них перспективу повышения образовательного уровня в области естествознания.

Таким образом, проблема интеграции естественнонаучных знаний в школе, определяемая экономическими и политическими запросами общества является исключительно важной и, вместе с тем, сложной. Ее решение, как минимум, требует:

– глубокой теоретической (философской) подготовки для понимания взаимосвязи и развития такой диалектической пары, как «интеграция и дифференциация». Только на основе глубокого понимания этой методологии, играющей важную роль при формировании научного знания, можно разработать и научные концепции, направленные на интеграцию естественнонаучных знаний в современной школе. Весь исторический опыт развития научного знания свидетельствует, что одностороннее (искусственное) выпячивание одного или другого принципа тормозит как развитие науки, так и образования, – в то время как разумное сочетание этих принципов ускоряет темпы развития научного знания. Поэтому в настоящее время не должен стоять вопрос о том, нужно или не нужно усилить интеграцию естественнонаучных знаний в рамках школы,

- а найти такие тактические подходы, которые позволят это сделать максимально эффективно;
- комплексного подхода, который обеспечит одновременную работу всех линий (без исключения) по реализации этой идеи, в противном случае, даже «зависание» одной из них, не позволит добиться намеченных результатов;
  - коренного пересмотра иерархии, содержания и взаимосвязи таких дифференцированных курсов, как физика, химия, биология и география. *Курсу биологии в этой иерархии необходимо отвести соответствующее место, так как данная дисциплина изучает наиболее высокую форму движения материи – биологическую, а потому понимание ее сущности возможно только на основе ее генетических форм – физической и химической. Это существенно усилит межпредметную интеграцию естественнонаучных знаний в рамках дифференцированного обучения, а интегрированные курсы окончательно ее завершат.* К сожалению, в методической литературе эта проблема очень редко ставится, хотя на необходимость ее решения указывают такие видные ученые, как Б.Д. Комиссаров [102, с. 36], Б.М. Медников, А.А. Нейфх [66, с. 5], еще реже предпринимаются попытки для ее решения. Одной из них явилась экспериментальная проверка нового базисного учебного плана, разработанного Московским департаментом образования, по которому изучение биологии начиналось на год позже по сравнению с действующей программой и осуществлялось в VII–XI классах [94].

С учетом вышеназванных и других требований разработана Новая концепция естественнонаучного образования, автором которой является академик РАО А.В. Усова. По мнению данного

исследователя, введение интегративных курсов с их обобщающей функцией не должно устранять систематические курсы биологии, физики, химии, географии, которые обеспечивают усвоение эмпирических и теоретических знаний в логике развития понятий и истории конкретной науки. Сочетание систематических (предметных) и интегративных (межпредметных) учебных курсов представляется важным условием формирования гибкости ума школьников и студентов, развитию у них способности к нестандартному мышлению [229].

В рамках данной концепции О.Я. Яворуком были проведены научные изыскания по разработке дидактических основ построения интегративных курсов в школьном естественнонаучном образовании. Разработанные и апробированные данным автором учебные пособия по курсу «Естествознание» позволили ему сделать заключение о том, что «На практике рекомендуется искать компромисс, оптимальное соотношение школьных интегративных и фундаментальных курсов, так как увлечение только интегративными курсами заведомо ведет к снижению качества обучения, падению интереса к естественным наукам, что может опасно сказаться на интеллектуальном потенциале нации. Однако вместе с признанием важности физики, химии, биологии, географии, астрономии в школьном естественнонаучном образовании мы должны признать и полезность целого ряда интегративных курсов, являющихся одним из воплощений идей интеграции» [260, с. 5].

### ***Физика как теоретическая база развития естественных наук***

Методологическим основанием для решения обозначенного вопроса является прежде всего учение Ф. Энгельса о формах движения материи и его ключевое положение о том,

что «движение, ... как способ существования материи, как внутренне присущий материи атрибут, обнимает собой все происходящие во вселенной изменения и процессы, начиная от простого перемещения и кончая мышлением» [258, с. 50]. Исходя из этого фундаментального положения, Ф. Энгельс определяет и стратегию изучения природы движения. Сначала необходимо изучить низшие формы движения, с тем, чтобы на их основе объяснить высшие и более сложные его формы.

Подтверждением истинности данного положения служит вся история развития самого естествознания, в ходе которого раньше всего разрабатывается теория простого перемещения, и механика небесных тел; за ней следует теория молекулярного движения, физика, за которой возникает наука о движении атомов, химия. Лишь после того как физика и химия достигли высокой степени развития, стало возможным изучение явлений движения, определяющих жизненные процессы.

Физика – одна из наиболее древних и фундаментальных наук. В переводе с греческого «*physis*» означает «природа». Это наука изучает простейшие и вместе с тем наиболее общие свойства материального мира (формы движения материи), вследствие этой общности физика и ее законы лежат в основе всего естествознания. Физика – главная из естественных наук, поскольку она открывает истины, справедливые для всей Вселенной, о соотношении нескольких основных переменных. Ее универсальность обратно пропорциональна количеству переменных, которые она вводит в свои формулы.

Физические знания составляют фундамент всей современной техники, включая такие ее основные отрасли, как космическая техника, ядерная энергетика, квантовая электроника. На стыке физики и других естественных наук возникли биофизика,

астрофизика, геофизика, физическая химия и др., которые вносят важный вклад в понимание сущности переходов одной формы движения в другую – качественно новую.

Фундаментальность и приоритетность физической науки в системе естествознания очень образно выразил А.А. Горелов: «Как атомы и кварки – «кирпичики» мироздания, так и законы физики – «кирпичики» познания. «Кирпичиками» познания законы физики являются не только потому, что в них используются некоторые основные и универсальные переменные и постоянные, действующие во всей Вселенной, но также и потому, что в науке действует принцип редукционизма, согласно которому все более сложные законы развития более сложных уровней реальности должны быть сведены к законам более простых уровней» [62, с. 79]. Такое требование обусловлено тем, что при переходе более простой формы движения в более сложную первая не исчезает, а входит во вторую, подчиняясь ей, но в то же время, именно исходная форма движения во многом обуславливает новое качество последующей формы движения материи.

Таким образом, приоритетность физической науки, ее главенствующая роль среди других естественных наук определяется, как ее положением в системе естественных наук (она изучает наиболее простую форму движения материи), так и фундаментальными законами и принципами, лежащими в основе организации и развития материи, которые открыла эта наука и которые определяют стратегию развития других естественных наук.

Этот вывод подтверждается всем историческим ходом развития физики в системе естествознания. История становления естественнонаучного направления науки началась с зарождения

физики и только на ее фундаменте возникла химическая и биологическая науки. Физическая наука первой взяла на себя *мировоззренческую функцию* и внесла на этом поприще огромный вклад не только в становление и развитие методологических подходов естествознания, но и диалектики в целом. «Первый шаг – создание из обыденной жизни картины мира – дело чистой науки», – писал выдающийся физик XX в. М. Планк. Исторически *первой* научной картиной мира Нового времени была механическая картина. Физическая картина мира позволяет человеку выполнять ориентировочную и продуктивную деятельность в определенных социально-исторических условиях.

Физика во многом определила прогресс всего естествознания, предложив *методологию перехода от эмпирического уровня познания явлений к теоретическому – выявлению их сущности*. Такой подход связан с постепенным отказом от непосредственной наглядности и введением идеальных теоретических моделей и понятий, с которыми ученые-физики проводят мысленные эксперименты. Таковыми явились идеальный маятник, идеально гладкое тело и др. Данный подход был взят на вооружение и эффективно используется в других областях естествознания – химии, биологии, географии и астрономии. Таким образом, идеализированные представления, порывающие с непосредственной реальностью, определили прогресс всей науки Нового времени.

Отказ от непосредственной наглядности позволил ученым-физикам перейти к исследованию более глубоких уровней реальности. Используя мысленный эксперимент, Эйнштейн создал *теорию относительности*, которая показала единство пространства и времени, выражающуюся в совместном изменении их характеристик в зависимости от концентрации масс

и движения. Время и пространство перестали рассматриваться независимо друг от друга и возникло представление о пространственно-временном четырехмерном континууме. Теория относительности основывается на постулатах скорости света и одинаковости законов природы во всех физических системах. Ее основные результаты таковы: относительность свойств пространства и времени; относительность массы и энергии; эквивалентность тяжелой и инертной масс. Важную роль данный подход сыграл и в создании *квантовой механики*, которая, являясь физической теорией, установила способ описания и законы движения на микроуровне. Эта теория позволила предсказать существование ряда элементарных частиц, которые затем были обнаружены экспериментально. В свою очередь, открытие большого количества элементарных частиц подтвердило идею относительности разграничительных линий между веществом и полем.

Итак, физическая наука предложила принципиально новый метод исследования объектов и явлений природы на основе идеализированных моделей и понятий, которые позволили выявить *самые фундаментальные общие свойства, законы и принципы организации и эволюции материального мира*. Они лежат в основе не только физической формы движения, но и всех последующих форм движения, которые возникли на ее основе.

Этот вывод имеет исключительно важное методологическое значение, и подтверждением этому могут служить слова выдающегося ученого-физика В. Гейзенберга из его книги «Часть и целое» о том, что же означает «понимание» как такое: «...Понимать» – это, по-видимому, означает овладеть представлениями, концепциями, с помощью которых мы можем

рассматривать огромное множество различных явлений в их целостной связи, иными словами, «охватывать» их. Наша мысль успокаивается, когда мы узнаем, что какая-нибудь конкретная, кажущаяся запутанной ситуация есть лишь частное следствие чего-то более общего, поддающегося тем самым более простой формулировке. Сведение пестрого многообразия явлений к общему и простому первопринципу или, как сказали бы греки, «многого» к «единому», и есть как раз то самое, что мы называем «пониманием» [57].

По мере развития естественных наук ученые все более и более осознавали, что природа едина, целостна и это должно найти отражение и в методах ее познания. Эту мысль очень четко выразил немецкий физик М. Планк: «Наука представляет собой внутренне единое целое. Ее разделение на отдельные области обусловлено не столько природой вещей, сколько ограниченной способностью человеческого познания. В действительности существует непрерывная цепь от *физики и химии* через *биологию* и антропологию к социальным наукам, цепь, которая ни в одном месте не может быть разорвана, разве лишь по произволу» [265].

В недрах физической науки зародился еще один научный подход, который называют функциональным. Он является разновидностью системного подхода в широком смысле слова. Функциональный подход так же был взят на вооружение и апробирован другими естественными науками, в том числе химией и биологией. Благодаря этому подходу, в химии и биологии были созданы модели биологически активных молекул, фотосистем хлоропластов, электронно-транспортных цепей митохондрий; расшифрованы метаболические циклы окисления органических веществ при дыхании (цикл трикарбоновых кислот,

окислительный пентозофосфатный цикл), а также восстановительный пентозофосфатный цикл, протекающий в темновой фазе фотосинтеза и др. Официальный статус этот подход получил в рамках кибернетики.

Несомненные успехи физических наук за последнее столетие привели к необычайному углублению наших знаний в области микромира и особенно в *теории взаимодействия и движения материи*. Движение и взаимодействие являются важнейшими атрибутами материи и одновременно философскими категориями, определяющими стратегию познания глубинных законов природы. Огромную значимость этих категорий в процессе изучения природы подчеркивал Ф. Энгельс: «... в природе ничто не совершается обособленно. Каждое явление действует на другое, и наоборот; и в забвении факта этого всестороннего движения и взаимодействия и кроется в большинстве случаев то, что мешает нашим естествоиспытателям видеть ясно даже самые простые вещи» [258, с. 151]. Основным следствием и проявлением движения является «взаимодействие», относительно значимости которого, Энгельс писал: «*Взаимодействие* – вот первое, что выступает перед нами, когда мы рассматриваем движущуюся материю в целом с точки зрения теперешнего естествознания. Мы наблюдаем ряд форм движения: механическое движение, теплоту, свет, электричество, магнетизм, химическое соединение и разложение, переходы агрегатных состояний, органическую жизнь – переход друг в друга, обуславливают взаимно друг друга, являются здесь причиной, там действием, причем общая сумма движения, при всех изменениях формы, остается одной и той же...». «Мы не можем пойти дальше познания этого взаимодействия именно потому, что позади его нечего больше познавать» [258, с. 199].

Долгое время физика понимала движение как простое механическое движение, но затем было осознано, что оно является лишь частным случаем пространственного перемещения – любого изменения положения тела и его элементов в пространстве, связанного и с изменением во времени. Создание теории относительности и квантовой механики позволили проникнуть в мир элементарных частиц и полей и выявить так называемые *фундаментальные взаимодействия* материи. Это силы *гравитационного, электромагнитного, сильного и слабого взаимодействий*. Сделанные открытия не только определили дальнейшую стратегию изучения физики, но и всех остальных естественных наук.

Таким образом, можно констатировать, что развитие физики и всего естествознания происходило и происходит в соответствии с принципами развития самой природы, зафиксированных диалектикой. О соотношении двух принципов материалистической диалектики – принципа *развития* и принципа *единства*, В.И. Ленин писал: «...всеобщий принцип развития надо соединить, связать, совместить с всеобщим принципом *единства мира*, природы, движения, материи etc» [115, с. 229].

По мнению Ф. Энгельса, классификация форм движения и их генетическая связь являются вместе с тем классификацией, расположением, согласно внутренне присущей им последовательности и естественных наук [258, с. 216]. Б.М. Кедров, анализируя классификацию естественных наук на основе классификации форм движения материи, предложенной Ф. Энгельсом, их взаимосвязь и проникновение друг в друга подчеркивают, что в этом обнаруживается не только *диалектика самой природы*, но и *диалектика процесса познания природы человеком* [97, с. 288].

Вполне естественно, что эта диалектика должна быть положена в основу создания психолого-педагогических, естественнонаучных концепций, школьных учебных планов, программ, учебников. Это обеспечит генетическую связь между курсами физики, химии, биологии, изучающими различные и вместе с тем связанные формы движения материи и формирование научного мировоззрения. Физика как фундаментальная дисциплина должна создавать понятийную базу для химии, которая в свою очередь (совместно с физикой) должна сформировать у учащихся систему понятий, необходимых для изучения глубинных процессов и явлений живого.

Следует отметить, что при разработке школьных нормативных документов, касающихся классификации естественнонаучных предметов, положение Ф. Энгельса о классификации форм движения материи учитывается, если так можно выразиться, на половину: изучению химии предшествует изучение физики, и это находится в соответствии с вышеупомянутым положением, в то время как курс биологии начинает изучаться первым, без опоры на физические и химические знания, что противоречит не только основным положениям учения о формах движения материи, но и вообще здравому смыслу.

На острую необходимость исправить данную ситуацию указывает один из ведущих специалистов в области методики физики академик РАО А.В. Усова. В разработанной ею Новой концепции естественнонаучного образования указывается, что современное содержание предметов естественного цикла не обеспечивает на должном уровне раскрытия перед учащимися взаимосвязи физических, химических и биологических форм материи, общности фундаментальных естественнонаучных понятий, законов, теорий, общности методов исследований, фор-

мирования единой естественнонаучной картины мира [229]. Этот серьезнейший недостаток в содержании и структуре предметов естественного цикла требует незамедлительного устранения и детерминирует исследования педагогов по разработке инновационных концепций школьного естественнонаучного образования.

В настоящее время естественнонаучная подготовка в общеобразовательных учреждениях развивает только эмпирический тип мышления, явно недостаточный для высшего профессионального образования. В докладе министра образования на Всероссийском совещании работников образования (Бюллетень МО РФ. – 2000. – №2. – С. 3–19) отмечено, что около половины учащихся не осваивают необходимого содержания естественнонаучных дисциплин, и это приводит к массовой довузовской переподготовке выпускников на платных курсах либо через репетиторство. Однако и эти меры не дают должного результата, и знания учащихся перед поступлением в вузы остаются на низком уровне, что не позволяет сформировать должный уровень компетенции у выпускников вузов [3].

Кризис школьного естественнонаучного образования обусловлен как минимум двумя основными причинами: необходимостью нового качества естественных знаний в целях дальнейшего научно-технического прогресса и резким снижением уровня знаний учащихся по естественным дисциплинам по сравнению с доперестроечным периодом развития нашего общества. Одна из причин такого снижения естественнонаучных знаний школьников – гипертрофирование идеи гуманизации и гуманитаризации образования, которое привело к выдавливанию из базисного учебного плана предметов естественнонаучного цикла, в том числе и физики. Количество часов, отводимое на курс

физики, снизилось на 30–40 %, поэтому учащиеся имеют дело не с физикой, а с ее профанацией. При таком убогом изучении физики вряд ли можно говорить, что она формирует у школьников научное мышление и мировоззрение.

Национальная доктрина образования в Российской Федерации к числу основных целей и задач образования относит формирование целостного миропонимания и современного научного мировоззрения [24], что в значительной мере является прерогативой цикла естественнонаучных дисциплин, первостепенной из которых в этом отношении является физика. Методология физики, лежащая в основе всего естествознания, понимаемая как умение задавать вопросы природе, принимать ответы, интерпретировать их и порождать новое знание, является фундаментом *развивающего обучения*.

Стремительные темпы развития естественных наук в настоящее время привели к бурному росту научной информации, которую включают в соответствующие школьные естественнонаучные дисциплины. Так, например, программы по физике, химии и биологии предписывают усвоение учащимися более 1000 научных понятий, которые в большинстве своем выступают как разрозненные элементы знаний. Решение этой проблемы лежит в плоскости интеграции знаний, усиления межпредметных связей между естественнонаучными курсами. Основой для такой интеграции естественнонаучных знаний являются, прежде всего, фундаментальные понятия и законы природы, изучаемые в курсе физики. Познание этих законов и их использование при изучении курсов химии, биологии, географии и астрономии обеспечит формирование системы естественнонаучных знаний, научного миропонимания и мировоззрения. Познанные закономерности природы являются общими

законами мышления, обеспечивающими правильное формирование сознания учащихся и их личностных качеств.

В настоящее время все более очевидным становится, что без воспитания у учащихся интереса не только к научным знаниям, но и к самому процессу познавательной деятельности цели научного образования недостижимы [95]. Более того, учащиеся по-настоящему глубоко усваивают программный материал при условии, если учеба в школе становится для них существенной частью их жизни. Поэтому в ходе проведения уроков следует обращать внимание учащихся на то, что для них лично ценность представляют не только те или иные физические знания, но и сам *процесс их приобретения* во всех его элементах.

Психологическими исследованиями установлено, что для того чтобы учащийся мог серьезно заинтересоваться, а затем понять, усвоить и принять как свои собственные научные знания и представления, он должен иметь *мотивы* к изучению предмета [116]. Физика как учебная дисциплина имеет в своем арсенале основания для формирования как минимум двух групп мотивов, которые могут определять интерес учащихся к изучению данного предмета. Для учащихся, склонных к абстрактному мышлению, глубокий интерес могут вызвать знания философско-методологического характера. Такие логические операции, как, например, *абстрагирование, выдвижение идеальных моделей, анализ и синтез, сравнение, индукция и дедукция* и др., **формируют научное мышление**, дисциплинируют ум учащегося, вооружают его здравый смысл научными принципами для успешной практической деятельности в будущем. Для учащихся с исходным эмпирическим уровнем мышления интерес к предмету может быть вызван необходимостью овладения знаниями

и умениями прикладного характера, которые необходимы в повседневной производственной и бытовой деятельности.

Методика физики в России и других странах развивается по пути вооружения учащихся *методами научного познания* в единстве с усвоением знаний и умений. *Метод познания в физике является образцом – парадигмой современного научного познания*. Владение им одинаково важно и для ученого-исследователя, и для учащегося, овладевающего достижениями науки. Только при этом условии можно достичь активизации познавательной деятельности учащихся. Поэтому объектами изучения в курсе физики на доступном для учащихся уровне наряду с фундаментальными физическими понятиями и законами должны быть методы научного познания – ***эксперимент как метод познания, метод построения моделей (гипотез) и метод их теоретического анализа***. Выпускники школы должны понимать, в чем суть *моделей* природных объектов (процессов) и гипотез, как делаются теоретические выводы, как экспериментально проверять модели, гипотезы и теоретические выводы. Они должны понимать, что в основе научного познания лежит ***моделирование*** реальных объектов и процессов, что никакая модель не может быть тождественна изучаемому процессу или объекту, но вместе с тем отражает его важнейшие особенности. Без всего этого у выпускника школы не может формироваться научное мышление, он не сможет отличать научные знания от ненаучных, разбираться в вопросах познаваемости мира. Решающим фактором обучения и интеллектуального развития ученика является *приобретение им опыта познавательной деятельности*. Поэтому учебный процесс целесообразно организовать так, чтобы ***изучаемые основы физики и методы науки были одновременно и объектом, и средством учебного познания*** [77]. Таким образом, физика как учебный предмет

является основой естественнонаучного образования, философии естествознания и политехнической подготовки учащихся в условиях научно-технического прогресса, поэтому изучение курса физики в школе должно предшествовать изучению других естественных дисциплин, в том числе, и биологии. Раскрытие общекультурной значимости физики-науки и формирование на этой основе научного мировоззрения и мышления учащихся составляют две приоритетные задачи при всех профилях обучения.

***Сущность концепции естественнонаучного образования, основанной на опережающем изучении физики (начиная с 5-го класса ) и химии (начиная с 6-го класса)***

Реформа и последующая модернизация, проводимые в системе народного образования, в том числе и биологического, требуют кардинальных изменений в его содержании. Однако внести эти коррективы в рамках существующих учебных планов и программ по естественным дисциплинам не представляется возможным, так как они до сих пор содержат в себе противоречия, обусловленные историческим ходом развития естественных наук о природе.

Биология как наука о живой природе сформировалась гораздо позже наук о неживой природе – физики, химии, геологии и др. Ее историческое развитие требовало, чтобы простейшее в ней предшествовало более сложному. Поэтому на первом этапе (особенно в ботанике и зоологии) преобладало в исследовании морфологическое направление. Простое описание или перечисление окружающих нас растений и животных не вызывало общего интереса ни с теоретической, ни с практической точек зрения. Это послужило одной из причин, что общество в целом к данным исследованиям относилось сдержанно.

Негативные тенденции и противоречия, имевшие место в становлении и развитии естественных наук, нашли отражение и в сфере образования и были заложены в учебные планы и программы. Биологию как учебную дисциплину считали относительно несложной, что послужило основанием для изучения ее на первой ступени основной школы (5–6 классы) перед физикой и химией.

Разработка физиологического направления в биологии потребовала соответствующих знаний по физике и химии уже на элементарном уровне исследования живых объектов. Теоретический же уровень изучения биологических объектов, задачей которого является познание сущности жизни, вообще немыслим без знаний физических и химических законов и закономерностей. Для того чтобы понять, каким образом происходит познание биологических явлений в настоящее время, в условиях научно-технической революции, при сильнейшем проникновении в биологию физики, химии и математики, целесообразно разобрать, как изменилось и эволюционировало это познание по мере развития биологической науки.

На ранних его этапах основным было простое наблюдение внешних признаков растений и животных, установление сходства и различия между особями одного или разных видов по морфологическим признакам, росту, поведению в природе и другим элементам их жизни. Использование разнообразных и очень тонких физических и химических методов привело к переходу биологии на молекулярный уровень [180, с. 7–9]. Приведенные рассуждения позволяют констатировать, что современные научные биологические знания невозможно формировать без опоры на физические и химические понятия, законы и теории. Из этого следует, что необходимо кардинально

переработать учебные планы, программы и содержание по естественнонаучным дисциплинам в средней школе, и курсу биологии отвести в них соответствующее место.

Вполне естественно, что изменение стратегии естественнонаучного образования в целом и биологического в частности потребует, прежде всего, фундаментального методологического обоснования. Такое глубокое научное обоснование впервые дал Ф. Энгельс в своем знаменитом труде «Диалектика природы». По Энгельсу, предметом естествознания являются различные формы движения материи. Комментируя эту идею, академик Б.М. Кедров пишет: «Основное содержание «Диалектики природы» составляет учение о формах движения материи, об их взаимосвязях и взаимопереходах, о их развитии от низших, наиболее простых форм к высшим, более сложным формам» [96, с. 50].

Главными формами движения в природе Ф. Энгельс считал механическую, физическую, химическую и биологическую. За самую низшую он принимал механическую, т.е. простое перемещение тел в пространстве, а за высшую – биологическую, т.е. жизнь. Опираясь на законы диалектики, согласно которым развитие в природе совершается от простого к сложному, Энгельс соответственно расположил и формы движения материи, начиная с механической и кончая биологической. Основополагающую значимость этой центральной парадигмы особо выделяет Б.М. Кедров: «Показать развитие природы как развитие и последовательный переход различных форм движения материи друг в друга – такова основная идея Энгельса, составляющая общий замысел произведения «Диалектика природы» [96, с. 58].

Применяя исторический подход к изучению природы, Ф. Энгельс использует его и к изучению познания ее человеком, т.е. к истории естествознания: «Само собой разумеется, что

изучение природы движения должно было исходить от низших, простейших форм его и должно было научиться понимать их прежде, чем могло дать что-нибудь для объяснения высших и более сложных форм его» [96, с. 60]. В качестве подтверждения центральной идеи о диалектическом развитии и взаимосвязи форм движения материи, он приводит историю становления и развития самого естествознания, которая свидетельствует, что раньше всего стала развиваться теория простого перемещения, механика небесных и земных тел, за ней последовали теории, отражающие физические и химические формы движения материи и только после этого был сделан переход к объяснению явления движения, именуемого Жизнью. Эта историческая последовательность в становлении и развитии естествознания, по мнению Ф. Энгельса, должна быть отражена и в образовательной области, что четко зафиксировано в его указании: «Необходимо изучить *последовательное развитие* отдельных отраслей естествознания» [96, с. 60]. При этом характерно, что обособление отдельных естественных наук шло, как указывает Ф. Энгельс, примерно в той же последовательности, в какой совершалось и само развитие природы, – от наук, изучающих более простые формы движения, к наукам, изучающим более сложные формы движения.

По мере развития различных областей естествознания произошла дифференциация научного знания, что привело к обособлению частных наук. Эта тенденция имела, с одной стороны, положительное значение, так как позволяла проводить более глубокие исследования той или иной формы движения материи. Вместе с тем именно эта тенденция породила проблему о связи между науками, т.е. об их классификации. Этот вопрос Ф. Энгельс также успешно решает с позиций диалектико-материалистического

учения о формах движения материи: «Классификация наук, из которых каждая анализирует отдельную форму движения или ряд связанных между собой и переходящих друг в друга форм движения, является вместе с тем классификацией, расположением согласно внутренне присущей им последовательности, самих этих форм движения, и в этом именно и заключается ее значение... Переходы должны совершаться сами собою, должны быть естественными. Подобно тому как одна форма движения развивается из другой, так и отражения этих форм, различные науки должны с необходимостью вытекать одна из другой» [96, с. 62]. Согласно данной концепции основные естественные науки он рассматривает в последовательной связи, располагая их в таком порядке: механика, физика, химия, биология. Эти четыре науки охватывали важнейшие разделы естествознания того времени и предметом каждой из них, как указывал Ф. Энгельс, являются отдельные формы движения материи – механическая, физическая, химическая, биологическая.

Классификация естественных наук, научно обоснованная великим теоретиком, имеет огромную методологическую значимость и для современного естествознания. Об этом свидетельствует высказывание видного философа XX века Б.М. Кедрова: «Исходя из материалистической теории познания, Ф. Энгельс рассматривает отдельные науки как отражение соответствующих форм движения материи, а взаимосвязь и взаимопереходы наук – как отражение *развития, взаимосвязи и взаимопереходов* этих форм. Изложенный взгляд Ф. Энгельса на связь наук представляет собой обоснование диалектико-материалистических принципов классификации естественных наук. Эти принципы полностью сохраняют все свое значение и для современного естествознания» [96, с. 62–63].

Понимание огромной значимости данных закономерностей при формировании и развитии системы естественных понятий в современной школе стимулировало работу ряда исследователей (физиков, химиков, биологов, географов), направленную на модернизацию естественнонаучного образования с целью приведения его в соответствие с объективными законами развития природы [231]. Преобразования проводятся в рамках Новой концепции естественнонаучного образования, основанной на опережающем изучении курса физики (в 5 классе) и курса химии (начиная с 6-го класса), разработанной академиком РАО А.В. Усовой [230]. Концепция включена в план исследования РАО и поддержана грантами Министерства образования РФ.

Главная отличительная особенность новой концепции, предложенной А.В. Усовой, заключается в том, что она направлена на решение стратегической проблемы в области естественнонаучного образования, которое спроецировало на себя противоречие, касающееся становления и развития биологической науки, когда она на первом этапе развивалась сама по себе, без опоры на теоретические знания и практические методы физической и химической наук.

Следует отметить, что вышеуказанное противоречие неоднократно пытались и пытаются решить за счет введения в начальной школе интегрированных курсов естествознания. Однако результаты таких экспериментов неутешительны.

Исходя из этого исторического противоречия и учитывая неэффективные попытки других исследователей решить данную проблему за счет тактических нововведений, автор новой концепции приходит к выводу, что современные научные биологические знания невозможно формировать без опоры на физические и химические понятия, законы и теории. Из этого следует,

что необходимо кардинально переработать учебные планы, программы и содержание учебников по естественнонаучным дисциплинам в средней школе и курсу биологии отвести в них соответствующее место.

В основе построения Новой системы естественнонаучного образования лежат следующие теоретико-методологические положения:

1. Дальнейшее развитие общества невозможно без решения экологических проблем, которые требуют коренного изменения всего естественнонаучного образования, ориентации всех предметов естественного цикла на усиление внимания к вопросам экологического воспитания, ознакомления учащихся с научными основами современных экологически чистых технологий.

Современные технологии опираются на комплексное использование достижений естественных наук, что требует ознакомления с данной проблемой учащихся – будущих специалистов различных отраслей народного хозяйства.

2. Наличие существенного разрыва между содержанием предметов естественнонаучного цикла в основной и средней школе, с одной стороны, и уровнем развития соответствующих наук, основы которых изучаются в школе, с другой стороны, вызывает необходимость сократить этот разрыв. Особенно значителен этот разрыв между содержанием школьного курса биологии и уровнем развития современной биологической науки. В курсе биологии рассматриваются только процессы, протекающие внутри живых организмов, без учета влияния на их жизнедеятельность и развитие внешних факторов (физических, химических), что в современных условиях недопустимо.

3. Перестройка курса биологии неизбежно приводит к необходимости перестройки содержания и структуры курсов физики и химии, а также изменения их места в учебном плане. Биология должна опираться на знания по физике и химии. Физика является лидером в естествознании. Ее фундаментальные понятия, законы и теории являются «работающими» в биологии и химии. В историческом развитии естественных наук физика служила базисом развития других наук. И в современном естествознании открытия новых научных фактов опираются на тесную связь всех естественных наук и широкое использование физических методов исследования (рентгеноструктурный и люминесцентный анализы, молекулярная спектроскопия и т.д.).
4. Современное содержание предметов естественного цикла не обеспечивает раскрытия перед учащимися взаимосвязи физических, химических и биологических форм материи, общности фундаментальных естественнонаучных понятий, законов, теорий, общности методов исследований, формирования единой естественнонаучной картины мира. Этот серьезнейший недостаток в содержании и структуре предметов естественного цикла требует незамедлительного устранения.
5. Назрела необходимость кардинальной перестройки курса физики основной школы, поскольку обязательное (бесплатное) обучение в современной школе, согласно 43 статье Конституции Российской Федерации, ограничивается IX классом. В связи с этим возникает необходимость в перенесении из курсов физики, химии и биологии X–XI классов некоторых вопросов, знания по которым нужны каждому грамотному человеку нашего общества, в программы соответствующих предметов основной школы. К числу таких вопросов относятся: явление радиоактивности, радиоактивные изотопы,

квантовый характер излучения и поглощения энергии атомом, влияние электрического и магнитного полей и радиоактивных излучений на живые организмы, флору, фауну [230, с. 3–5].

Из приведенных выше положений следует, что повышение уровня естественнонаучного образования современных школьников, приведение его в соответствие с запросами общества возможно только при условии кардинальной перестройки содержания предметов естественного цикла и пересмотра последовательности их изучения в школе. Это потребует опережающего изучения курсов физики и химии, обеспечивающих современное создание у учащихся понятийной базы, необходимой для успешного изучения современного курса биологии.

При этом, согласно данной концепции, должна раскрываться общность фундаментальных понятий, законов, теорий, методов исследования, диалектической взаимосвязи физических, химических и биологических явлений [230, с. 6].

Концепция школьного естественнонаучного образования, предложенная А.В. Усовой, принципиально отличается от концепции школьного естественнонаучного образования, разработанной ВНИК «Школа» в 1989 г. под руководством М.Н. Балашова, Г.Я. Мякишева и З.Б. Финкельштейна, а также от концепции, разработанной под руководством академика А.Г. Хрипковой, в основу которых положена идея интегративного курса «Естествознание».

Новизна концепции, разработанной А.В. Усовой, заключается прежде всего в том, что в ее основу положены две важнейшие методологические идеи, которые позволяют вывести естественнонаучное образование на новый качественный уровень. Первой исходной и фундаментальной является идея (учение) диалектического материализма о генетической связи различных форм движения материи, их иерархичности и преемственности.

Согласно данному учению, основополагающей является физическая форма движения материи, которая в процессе своего развития «породила» более сложную – химическую форму движения, а она, в свою очередь, – биологическую. Эволюция материи нашла отражение в истории возникновения и развития естественных наук: физики, химии, биологии. Их основные принципы становления и развития наук в полной мере отражают принципы становления и развития соответствующих форм движения материи, которые они познают. По мнению А.В. Усовой, данные принципы должны быть перенесены и в образовательную область естествознания, где они послужат *методологической основой* для разработки новых концепций естественнонаучного образования, которые будут отражать как закономерности развития форм движения материи, так и эволюцию естественных наук.

Сущность второй идеи, положенной в основу построения Новой концепции естественнонаучного образования, заключается в рациональном сочетании таких направлений развития научного знания, как дифференциация и интеграция. В основной школе, согласно данной концепции, обучение строится на основе предметного *дифференцированного* преподавания физики, химии, биологии и географии. Вместе с тем в X–XI классах вводится *интегративный* курс «Естествознание», который призван систематизировать и обобщать знания, полученные учащимися в V–IX классах по предметам естественного цикла. Диалектическое сочетание вышеобозначенных подходов и позволяет, по мнению автора концепции, привести в соответствие иерархию и содержание естественных дисциплин, изучаемых в школе, уровню развития современной науки и удовлетворить запросы, продиктованные научно-технической революцией.

Реализация новой концепции естественнонаучного образования предусматривает решения комплекса теоретико-методологических задач:

- 1) научного обоснования новой последовательности изучения предметов естественного цикла: физика, химия, биология, вместо традиционного: биология, физика, химия;
- 2) пересмотра содержания учебных предметов и прежде всего биологии с учетом новейших достижений биологической науки, отражения в содержании учебного предмета роли физических и химических процессов в жизнедеятельности живых организмов;
- 3) определения общих для всех предметов естественного цикла понятий, законов и теорий, последовательности в раскрытии их содержания;
- 4) обеспечения единства интерпретации общих понятий, законов и теорий, своеобразия оперирования ими в каждом из учебных предметов в соответствии со спецификой изучаемых структурных форм организации материи и форм движения;
- 5) обеспечения преемственности в формировании и развитии фундаментальных естественнонаучных понятий и общих учебно-познавательных умений;
- 6) выявления возможностей и способов раскрытия взаимосвязи физических, химических и биологических явлений, выявления влияния физико-химических процессов на развитие живых организмов;
- 7) разработки единого подхода к формированию общих для предметов естественного цикла учебно-познавательных умений на основе теории деятельности и принципа преемственности;
- 8) разработки критериев эффективности применяемых методов и форм обучения на основе пооперационного анализа

уровней сформированности умений и поэлементного анализа качества усвоения понятий;

9) разработки эффективных форм повышения квалификации учителей, участвующих в эксперименте [230, с. 10–11].

Эксперимент по внедрению Новой концепции естественнонаучного образования проводился в период с 1994/95 уч. г. по 2005/2006 уч. г. на экспериментальных площадках г. Челябинска и области, а также за ее пределами. Под руководством академика РАН А.В. Усовой была создана исследовательская группа преподавателей и учителей, в которую вошли М.Д. Даммер, С.М. Похлебаев, М.Ж. Симонова, А.Ю. Румянцев, О.К. Яворук, С.Н. Рябченко и др., которые обеспечили в рамках Новой концепции естественнонаучного образования разработку частных концепций и экспериментальных программ для курсов физики, химии, биологии и географии; экспериментальных учебников по опережающему курсу физики; методических рекомендаций, пособий и дидактического материала для учителей и т.д. [231].

Проведенный педагогический эксперимент по проверке педагогической эффективности реализации Новой концепции естественнонаучного образования в основной (9-летней) школе, основанной на опережающем изучении курса физики с пятого класса, показал, что разработанная нами модель весьма эффективна. Реализация данной модели образования в школьной практике свидетельствует не только о более высоком качестве знаний учащихся по всем предметам естественного цикла, но и о более высоком уровне сформированности у них учебно-познавательных умений.

Усвоение учащимися фундаментальных естественнонаучных понятий, законов, теорий в 5–6 классах создает научный фундамент для изучения биологических систем разного уровня организации не только на эмпирическом уровне, но и на теоретическом.

При этом усваивается не только понятийный аппарат курсов физики и химии, но и методы и приемы, которые позволяют добывать научные знания об объектах и явлениях окружающего мира. Важнейшим из них является функциональный подход, применение и усвоение которого в курсах физики и химии позволит эффективно его использовать и углубить при изучении физиологических функций у живых организмов, понимать их сущность и управлять ими в практической деятельности.

Эксперимент также показал, что *концепция, построенная на основе общих законов развития природы, сама является методологической основой для разработки программно-учебного материала для всех предметов естественного цикла и гарантирует единую стратегию формирования научного знания при изучении всех естественных курсов. В конечном итоге данная стратегия усваивается учащимися и становится методологической основой познания объективной реальности и фундаментом для их научного мировоззрения.*

## 1.2. ДЕЯТЕЛЬНОСТНЫЙ ПОДХОД КАК ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ПОНЯТИЙ В УСЛОВИЯХ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ ФИЗИКИ, ХИМИИ И БИОЛОГИИ

### **(1. Реализация принципов деятельностного подхода при конструировании образно-знаковых моделей)**

В образовательной области *философский принцип деятельности* лежит в основе *деятельностного подхода*, широко применяемого в научном познании психологами и педагогами. Проблема *деятельности* является одной из ключевых

*проблем психологических знаний*. Существенный вклад в ее решение внесли ведущие психологи нашей страны, такие как Л.С. Выготский [44], С.Л. Рубинштейн [182], А.Н. Леонтьев [116], П.Я. Гальперин [50], Н.Ф. Талызина [200] и другие.

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

- 1) «развитие психики и, в частности, преодоление фаталистического взгляда на развитие личности и сознания, проблема развития и обучения;
- 2) действенность и сознательность: преодоление господствующей в традиционной психологии сознания пассивной созерцательности;
- 3) преодоление абстрактного функционализма и переход к изучению психики, **сознания в конкретной деятельности**, в которой они не только проявляются, но и формируются» [181, с. 8] (курсив наш. – С.П.).

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

Суть своей концепции деятельностного подхода С.Л. Рубинштейн выразил в трех основных положениях: А. «Сознание – это специфическая форма отражения объективной действительности,

существующей вне и независимо от него, поэтому психический факт не определяется однозначно одним лишь отношением к субъекту, переживанием которого он является. Он предполагает отношение к объекту, который в нем отражается. Будучи выражением субъекта и отражением объекта, **сознание – это единство переживания и знания**. Б. Психическое переживание – непосредственная данность, но познается и осознается оно опосредовано через свое отношение к объекту. Психический факт – единство непосредственного и опосредованного. В. Психическое несводимо к одному лишь «явлению сознания», к его отражению в себе самом. Сознание человека – незамкнутый внутренний мир. В собственном внутреннем содержании оно определяется посредством своего отношения к объективному миру. Сознание субъекта несводимо к чистой, т. е. абстрактной, субъективности, извне противостоящей всему объективному. *Сознание – это осознанное бытие, единство субъективного и объективного* [там же, с. 20] (курсив наш. – С.П.).

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

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

При разработке *принципа единства сознания* (вообще психики) и *деятельности* или поведения С.Л. Рубинштейн основывается, прежде всего, на положениях *диалектического материализма* о единстве сознания и действительности или бытия, о единстве субъекта и объекта. Именно поэтому: «...психика человека, его сознание, образ его мыслей зависит от образа его жизни и деятельности, формируясь в процессе их развития» [181, с. 32].

Тезис о существовании психического в качестве процесса, в качестве деятельности, основывается также и на рефлекторном понимании психической деятельности. «...психические явления возникают и существуют лишь в процессе непрерывного взаимодействия индивида с окружающим его миром, непрерывающегося потока воздействия внешнего мира на индивида и его ответных действий, причем каждое действие обусловлено внутренними причинами, сложившимися у данного индивида в зависимости от внешних воздействий, определивших его историю» [там же, с. 33].

Разрабатывая принцип единства сознания (вообще психики) и деятельности, Рубинштейн в своих ранних монографиях «Основы психологии» (1935) и «Основы общей психологии» (1940, 1946) систематически *не дифференцировал в самой психике объективно присущие ей два аспекта*: психическое как

*процесс и как продукт (результат) указанного процесса. Однако позднее, в монографии «Бытие и сознание» (1957), а также во всех последующих рукописях, книгах и статьях Рубинштейн систематически вычленяет в психике ее процессуальный аспект, доказывая, что именно процесс есть основной способ существования психического (другие способы его существования – результаты психического процесса и психические свойства, состояния и т.д.).*

*«Всякая деятельность (человека) есть вместе с тем и процесс или включает в себя процессы, но не всякий процесс выступает как деятельность человека. Под деятельностью мы будем здесь понимать такой процесс, посредством которого реализуется то или иное отношение человека к окружающему его миру, другим людям, к задачам, которые ставит перед ним жизнь. Так, мышление рассматривается как деятельность, когда учитываются мотивы человека, его отношение к задачам, которые он, мысля, разрешает, словом, выступает личностный (это прежде всего значит мотивационный) план мыслительной деятельности. Мышление выступает в процессуальном плане, когда изучает процессуальный состав мыслительной деятельности – те процессы анализа, синтеза, обобщения, посредством которых разрешаются мыслительные задачи. Реальный процесс мышления, как он бывает дан в действительности, представляет собой и деятельность (человек мыслит, а не просто ему мыслится), и процесс или деятельность, включающую в себя совокупность процессов (абстракцию, обобщение и т.д.)» [181, с. 34].*

Таким образом, предмет психологического исследования, по С.Л. Рубинштейну, никак не сконцентрирован на изучении «психической деятельности. Положение это имеет, – по его

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

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

Большой вклад в разработку деятельностного подхода, и в целом психологической науки, внес известный психолог А.Н. Леонтьев.

По мнению А.В. Леонтьева, для построения целостной системы психологии как конкретной науки о порождении, функционировании и строении психического отражения реальности, которое опосредствует жизнь индивидов, необходимо, прежде всего, определить и осмыслить те категории, которые будут определять фундамент этой науки. Такими категориями, по его мнению, являются – ***категория предметной деятельности, категория сознания человека и категория личности***.

Первая из них является не только исходной, но и важнейшей. Это положение признается отечественными психологами, но раскрывается оно, как указывает А.В. Леонтьев, существенно по-разному: «Центральный пункт, образующий как бы водораздел между различным пониманием места категории деятельности, состоит в том, рассматривается ли предметная деятельность лишь как условие психического отражения и его выражение,

или же она рассматривается как процесс, несущий в себе те внутренние движущие противоречия, раздвоения и трансформации, которые порождают психику, являющуюся необходимым моментом собственного движения деятельности, ее развития. Если первая из этих позиций выводит исследование деятельности в ее основной форме – в форме практики – за пределы психологии, то вторая позиция, напротив, предполагает, что деятельность независимо от ее формы входит в предмет психологической науки, хотя, разумеется, совершенно иначе, чем она входит в предмет других наук. Иными словами, психологический анализ деятельности состоит, с точки зрения этой второй позиции, не в выделении из нее ее внутренних психических элементов для дальнейшего обособленного их изучения, а в том, чтобы ввести в психологию такие единицы анализа, которые несут в себе психическое отражение в его неотторжимости от порождающих его и им опосредствуемых моментов человеческой деятельности. Эта защищаемая мною позиция требует, однако, перестройки всего концептуального аппарата психологии...» [117, с. 12–13].

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

и понятия, а как особое внутреннее движение, порождаемое *движением человеческой деятельности*.

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

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

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

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

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

в широком смысле слова, *потребления*; второе – к построению психологии, исходящей из примата *деятельности*, в которой человек утверждается как личность. Такая двойственность возникает от неоднозначности самого понятия «личность» и она исчезает, если за основу принять известное марксистское положение, что личность есть особое качество, которое природный индивид приобретает в системе общественных отношений. При таком подходе, указывает А.В. Леонтьев, антропологические свойства индивида выступают не как определяющие личность или входящие в ее структуру, а только как генетически заданные условия формирования личности, которые определяют не ее психологические черты, а лишь формы и способы их проявления [117, с. 15].

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

А.В. Леонтьев, как и С.Л. Рубинштейн, подчеркивал, что психика развивается в системе внешней деятельности и определяется ее строением, задачами и законами. Принципиальное значение в данном случае имеет положение Леонтьева о том, что решающую роль в духовном развитии ребенка играет его собственная деятельность. «То, что непосредственно определяет развитие психики ребенка, – это ... развитие деятельности ребенка, как внешней, так и внутренней» [118, с. 513]. Данный исследователь детально разработал понятие о ведущей деятельности, а также выделил ее основные признаки. Он писал, что развитие ведущей деятельности «обуславливает

главнейшие изменения в психических процессах и психологических особенностях личности ребенка на данной стадии его развития» [там же, с. 515].

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

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

1. Источники знаний, умений и навыков человека, его способностей.
2. Динамика процесса научения.
3. Условия и факторы интеллектуального развития человека в процессе научения.
4. Движущие силы и этапы познавательного развития ребенка [138, с. 249–250].

Среди современных психолого-педагогических теорий, которые нацелены на решение данных проблем, особое положение занимает теория планомерного (поэтапного) формирования знаний, умений и умственных действий П.Я. Гальперина [55]. Эта специальная психолого-педагогическая теория, являющаяся обобщением и дальнейшим развитием учения о происхождении психических процессов и внутренних состояний *из внешней деятельности* (А. Валлон, Ж. Пиаже, Л.С. Выготский, А.Н. Леонтьев, С.Л. Рубинштейн и другие). Согласно данному учению, *предметное действие* и выражающая его *мысль* нахо-

дятся в диалектической взаимосвязи. Несмотря на их исходное различие, они – генетические звенья единого процесса постепенного *преобразования материального действия в идеальное, его интериоризации*, т.е. перехода извне внутрь. Любое действие функционально связано с предметом, над которым оно осуществляется, включает в себя цель и средства преобразования данного предмета, которые в совокупности составляют исполнительскую часть формируемого действия.

Теория поэтапного формирования умственных действий находит обоснование в работах А.Н. Леонтьева. Рассматривая вопросы психики ребенка, Леонтьев отмечает: «Мы рассматриваем психику как свойство материи. Но всякое свойство раскрывается в определенной форме движения материи, в определенной форме взаимодействия» [118, с. 25].

«Главным процессом, который характеризует психическое развитие, – указывает А.Н. Леонтьев, – является специфический процесс усвоения, или присвоения ими достижений развития предшествующих поколений людей, которые в отличие от достижений филогенетического развития животных, не фиксируются и не передаются путем наследственности. Этот процесс осуществляется в деятельности ребенка по отношению к предметам и явлениям окружающего мира, в которых воплощены эти достижения человечества. Такая деятельность, однако, не может формироваться у ребенка сама собой, она формируется в практическом и речевом общении с окружающими людьми, в совместной деятельности с ними; когда цель такой деятельности специально состоит в том, чтобы передать ребенку определенные знания, умения и навыки, то мы говорим, что ребенок учится, а взрослый учит... Его человеческие способности формируются в самом этом процессе» [там же, с. 535–536].

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

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

Основными положениями психологической концепции П.Я. Гальперина являются учение о предмете психологии, об объективной необходимости психики, об основных закономерностях ее развития в фило- антропо- и онтогенезе, о закономерностях формирования *идеальных действий, образов и понятий* как элементов психической деятельности [50; 52; 54; 56 и др.].

Развивая идеи своих предшественников, П.Я. Гальперин показал, что уровень и качество исполнения формируемого

действия в первую очередь зависит от *ориентировочной основы действия* (ООД). Введя впервые это понятие в психологическую науку, автор понимал под ним процесс и результат первоначального ознакомления обучаемого человека с формируемым у него действием, а также с качествами и условиями его успешного, правильного выполнения. При правильном выполнении ООД субъекту представляется достаточно полная картина обстоятельств, в которых должно совершиться действие. Соответственно этим обстоятельствам и цели намечается план выполнения действия и формы его контроля и способы коррекции, в случае возникновения ошибок.

Само действие состоит из операций. Таким образом, ООД представляет собой психологический механизм регулирования исполнительских и контрольных операций, которые включаются в действие в процессе его формирования и с помощью которых оценивается правильность процесса развития действия [55].

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

*Первый тип* имеет место при выполнении действия по методу проб и ошибок. Его используют учащиеся в том случае, когда задача обучения определенному действию специально не ставится. При *втором типе* такая задача ставится, и разумное

изучение внешних сторон действия происходит прежде, чем оно начнет выполняться. Однако тип ООД учащимся задает учитель. И только при *третьем типе* ООД учащиеся, встретившись с новым для них действием, самостоятельно способны составить и реализовать его ориентировочную основу. Согласно теории П.Я. Гальперина процесс усвоения знаний и формирования умственных действий проходит **шесть этапов**: *мотивация; уяснение ООД; выполнение действия в материальной (материализованной) форме; выполнение действия в плане громкой речи; выполнение действия в плане речи для себя; выполнение действия в плане внутренней речи, или в уме.*

В процессе учения школьники непрерывно совершают целую цепь *умственных, прецептивных, речевых и физических действий*. Им необходимо слушать, понимать, читать, писать, производить вычисления и т.д. Все эти действия составляют непосредственный предмет обучения и значительную часть учебных предметов. Другую их часть составляют *понятия*, которые также нужно *усвоить, понять и применить*, иначе говоря, также получить с помощью *действий*, или включить в разные действия, без чего они не могут быть представлены. Отсюда следует, что *действия и образы* (восприятия, представления, понятия) находятся в определенном соотношении. Анализируя эту связь, А.И. Подольский отмечает, что только «на первый взгляд они представляют нечто противоположное и даже противопоставленное: действие – процесс, понятие – статично, действие направляется на объект, который открывается в восприятии, представлении, понятии и т.д. Но такое противопоставление возникает от того, что, говоря о понятии, мы имеем в виду не само понятие, а его содержание, то, что в нем открывается. Само же понятие есть то, чем

руководствуется субъект при выполнении действия, компонент ориентировочной части этого действия [159]. Таким образом, сердцевиной любого процесса учения является *действие*. Вместе с ним и в результате него формируются новые представления и понятия о внешних объектах, на которые эти действия были направлены.

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

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

В отличие от «метода проб и ошибок» теория П.Я. Гальперина акцентирует внимание на необходимости знаний об *условиях* планомерного формирования умственных действий и понятий. Такие действия (материальные, перцептивные, рече-

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

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

При исследовании процессов *становления новых актов психики* данный автор разработал объективный метод, в основу которого положил такие характеристики, как *поэтапность* и *планомерность* (управляемость) процесса формирования новых умственных действий и понятий. При таком подходе становление новых психических актов стало *управляемым*, что обеспечило принципиально другой ход усвоения знаний. Процесс идет без отклонений и, как следствие, учащиеся с самого

начала не делают ошибок. При такой постановке дела можно изучать позитивные психологические *изменения действия*, видеть *возникновение его нового состояния*, в то время как в большинстве случаев процесс усвоения изучается в условиях его стихийного протекания. Во втором случае на первый план выходят отклонения, которые психолог и фиксирует.

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

Одним из принципов деятельностного подхода является признание социальной природы развития психики человека. Развитие конкретного индивида идет через усвоение тех знаний и видов деятельности, которые зафиксированы в социальном опыте предшествующего поколения. Разделяя этот философский принцип, П.Я. Гальперин указывает, что далеко не всегда освоенные ранее виды деятельности, закрепленные в социальном опыте, являются рациональными и отвечающими требованиям времени. В качестве источников новых видов деятельности он видит науку. В его школе моделируют новые виды деятельности, проверяют экспериментально и, если возникает необходимость,

дорабатывают [51]. По мнению Н.Ф. Талызиной, «данный метод помогает психологии выполнять главную функцию науки – опережать практику, пополнять социальный опыт наиболее ценными видами человеческой деятельности [201, с. 47–49].

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

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

Благодаря работам Гальперина внимание впервые приобрело самостоятельную функцию и вошло в деятельностный

анализ психики. Анализируя функциональную сторону действия, он показал, что контрольная часть умственного действия обеспечивается вниманием [55].

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

Вклад П.Я. Гальперина в развитие деятельностного подхода очень емко выразила Н.Ф. Талызина: «используя группу первичных свойств, П.Я. Гальперин выделил типовые психологические состояния действий и деятельности при переходе из материальных, внешних, развернутых, не обобщенных, разделенных, не автоматизированных в умственные, внутренние, обобщенные, свернутые, самостоятельные, автоматизированные. Эти типовые переходные состояния и составляют *этапы* основной фазы становления умственных действий и понятий» [200, с. 48]. По ее мнению, теория поэтапного формирования умственных действий и понятий является основой построения деятельностной теории учения [там же].

Деятельность учения также состоит из действий, которые в ее структуре могут занимать разные места. Одни занимают место *предмета усвоения*, другие – место *средств усвоения*. Основные исследования П.Я. Гальперина были направлены на первое, его интересовала динамика новых действий. При этом,

действия, составляющие средства усвоения (умение учиться), также обеспечивались, так как они были необходимы для перевода усвояемого действия из одного состояния в другое. Для этого в экспериментальных исследованиях школы Гальперина существует раздел: «Формирование предварительных знаний и действий». Однако эти предварительные знания и действия не подвергались специальному анализу с точки зрения их функции как средства усвоения. После того как теорию поэтапного формирования умственных действий стали называть теорией учения, эта часть деятельности учения подверглась специальному исследованию (И.И. Ильясов, Н.Г. Салмина и др.). Большой вклад в разработку этой проблемы внесла Н.Ф. Талызина, в работах которой «умение учиться» выступает как специальный предмет исследования, а действия, входящие в это умение, подвергаются классификации [200; 201; 203].

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

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

общих методов решения задач – формировать фактически интеллектуальные способности [200, с. 49].

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

Как отмечал сам П.Я. Гальперин, историко-теоретическими предпосылками создания теории поэтапного формирования умственных действий и понятий явилось два учения: Л.С. Выготского о происхождении и природе высших психических функций и учение А.Н. Леонтьева и С.Л. Рубинштейна об отношении психики к осмыслительной внешней предметной деятельности [50].

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

Сравнительный анализ опубликованных работ (и архивов) позволил М.А. Степановой высказать положение о том, что обе теории, *имея единое методологическое основание, представляют различное направление развития.* Это вытекает из высказывания самого Гальперина, который в неопубликованной работе «Система исторической психологии Л.С. Выготского и некоторые положения к ее анализу» пишет, что основная идея системы – «идея своеобразного развития и строения человеческо-

го сознания», и далее на основе этого положения выделяет три основных момента:

1. Идея развития как руководящая идея психологического исследования.
2. Идея двух типов развития: животного и человеческого... инстинктивного и разумного.
3. Своеобразие человеческого сознания заключается в его системном и смысловом строении [194].

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

По Л.С. Выготскому, при психическом развитии происходит двойное изменение: с одной стороны, содержания понятий и меры их глубины, а с другой – *положения понятий в структуре психической жизни*. На этом основании он говорит

о **смысловом и структурном строении сознания**. «Системное строение сознания можно условно назвать внешним строением сознания, тогда как смысловое строение, характер обобщения – его внутренняя структура. *Обобщение есть призма, преломляющая все функции сознания... обобщение выступает как функция сознания в целом, а не только одного мышления*» [46, с. 363], *(курсив наш)*.

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

Важнейшим источником развития Л.С. Выготский считал обучение. Он писал: «Всякое обучение является источником развития, вызывающим к жизни ряд таких процессов, которые без него вообще возникнуть не могут» [44, с. 386]. Обучение, по его мнению, должно опираться *не на созревшие, а на созревающие функции*. «Обучение только тогда хорошо, когда оно идет впереди развития. Тогда оно пробуждается и вызывает к жизни целый ряд функций, находящихся на стадии созревания, лежащих в зоне ближайшего развития. В этом и заключается главнейшая роль обучения в развитии. Этим и отличается обучение ребенка от дрессуры животных... Обучение было бы совершенно не нужно, если бы оно только могло использовать уже созревшее в развитии, если бы оно само не являлось источником развития, источником возникновения нового» [48, с. 252].

Как уже было отмечено выше, П.Я. Гальперин выделил **три типа учения в соответствии с тремя типами ориентировки**. Эти типы ориентировки были выделены по следующим основаниям: конкретная / обобщенная, полная / неполная, самостоятельно получаемая / данная в готовом виде. «При первом типе учения умственное развитие не зависит от обучения, а наоборот, обуславливает его возможности. Учение по второму типу также не оказывает влияния на развитие. И только третий тип учения обеспечивает «мощный развивающий эффект» [54, с. 40]. По мнению В.В. Давыдова, учение по третьему типу обеспечивает **формирование у учащихся абстракций и обобщений содержательного характера, усвоение ими теоретических знаний** [74]. Сам же П.Я. Гальперин такой эффект третьего типа обучения объяснял его нацеленностью на приобретение **общего метода** исследования объектов, на формирование нового способа мышления.

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

Преимственность работ Л.С. Выготского и П.Я. Гальперина высвечивается и по вопросу о соотношении биологического и социального. В самой общей форме этот вопрос был решен Выготским в рамках его культурно-исторической теории. «Культура, – писал Выготский, – и есть продукт социальной жизни и общественной деятельности человека, и потому самая постановка проблемы культурного развития повеления уже вводит нас непосредственно в социальный план развития [47, с. 145–146].

В ходе психического развития в процессе присвоения индивидом ценностей культуры происходит преобразование «натуральных» функций в функции высшего порядка. Развивая эту идею, Гальперин показал, что вся система орудийных операций есть продукт общества, вспомогательные средства животных лишь похожи на орудия, но не представляют собой таковых даже в зачатке. Он писал: «Замена ручных операций орудийными... ведет к переходу мышления с пути биологического его развития, принципиально ограниченного его непосредственным отношением к природе на путь развития общественного..., неограниченного в перспективе» [56, с. 93].

По мнению Гальперина, специфические особенности психики человека заключаются не в опосредовании, как указывал Л.С. Выготский, а в отсутствии у человека «унаследованных от животных инстинктивных форм деятельности и поведения» [52, с. 36]. Эта особенность является обязательным условием развития человеческой психики. «Отмирание инстинктов составляет... одно из фундаментальных условий образования личности» [50, с. 140].

Свое понимание представлений о специфике человеческой психики Гальперин выводит из категории «действие». Как психологическая категория действие изучалось и А.Н. Леонтьевым и С.Л. Рубинштейном. Именно Рубинштейн предложил рассматривать действие как единицу анализа психической деятельности. Он писал, что необходимо найти «ту «клеточку», или «ячейку», в которой можно вскрыть зачатки всех элементов психологии в их единстве» [181 с. 163]. Руководствуясь этим общим положением, Гальперин выделил *структурные и функциональные части действия, его свойства* (параметры) и тем самым наполнил учение о действии теоретическим обоснованием и проверенным на практике конкретно-психологическим содержанием.

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

При разработке теории поэтапного формирования умственных действий и понятий Гальперин опирался еще на одну идею Л.С. Выготского, а именно, о переводе действия извне внутрь. В учении об интериоризации Л.С. Выготский лишь констатировал, что высшие психические функции сначала образуются как внешние формы деятельности и лишь потом, в результате интериоризации, становятся психическими процессами индивида. По мнению Гальперина, эта идея заслуживает внимания, но не раскрывает процесс по существу. Понимание Выготским интериоризации как превращения внешних способов действия во внутренние Гальперин интерпретировал по своему, как *переход материального в идеальное, производство идеального мира, сознания* [53, с. 26].

Понимание психической деятельности как результата переноса внешних материальных действий в план восприятия, представлений и понятий Гальперин изложил в своей теории поэтапного формирования, согласно которой, этот процесс осуществляется поэтапно, и на каждом из этих этапов действие характеризуется совокупностью показателей по основным параметрам. Знание этапов формирования *умственного действия*

позволяет контролировать сам процесс его образования, а не только конечный результат, как это происходит при традиционном обучении. Такой контроль возможен с помощью *условий*, «которые обеспечили бы, – именно обеспечили бы! – формирование новых знаний и умений с заданными показателями» [54, с. 41]. К таким условиям Гальперин относит *создание адекватной мотивации, обеспечение правильного выполнения нового действия, воспитание его желаемых свойств и превращение его в действие заданной формы*. Совокупность данных условий и получила название «*поэтапное формирование*». В этом случае речь идет о формировании как психологическом методе, являющемся одновременно и *методом обучения*, и *методом исследования*.

По мнению Гальперина, Л.С. Выготский указывал на обучающий эксперимент как средство подлинного генетического анализа процесса, но ему не удалось получить достаточно полного контроля над процессом формирования понятий. Сам Л.С. Выготский назвал свой метод историко-генетическим и считал, что он является ключом к пониманию высших форм поведения ребенка и путем к практическому овладению ими [45, с. 58–77]. Метод планомерно-поэтапного формирования умственных действий и понятий, предложенный Гальпериним, позволил вплотную подойти к решению задачи управления познавательной деятельностью.

Таким образом, управление познавательной деятельностью обеспечивает решение следующих задач: 1) принципиально новый ход усвоения знаний; 2) раскрывает структуру процесса образования; 3) выявляет строение психической деятельности человека, то есть собственные его механизмы.

В психологических теориях деятельности исключительно важным является вопрос о движущих силах психического развития. *Источником такого развития* Л.С. Выготский считал процесс обучения. П.Я. Гальперин, развивая эту идею, наметил два источника движущих сил: 1) процесс организованного (или неорганизованного) обучения; 2) мотивы, интересы, потребности, т.е. аффекты. Так в системе идей Л.С. Выготского появилась проблема взаимоотношения интеллекта и аффекта, ставшая «внутренним нервом его психологических исканий» [56, с. 354].

А.Н. Леонтьев и С.Л. Рубинштейн подчеркивали, что психика развивается в системе внешней деятельности и определяется ее строением, задачами и законами. Принципиальное значение в данном случае имеет положение А.Н. Леонтьева о том, что решающую роль в духовном развитии ребенка играет его *собственная деятельность*. «То, что непосредственно определяет развитие психики ребенка, – это... развитие деятельности ребенка, как внешней, так и внутренней» [118, с. 513]. На каждом из этапов психического развития одни виды деятельности играют главную роль, другие – подчиненную. В связи с этим А.Н. Леонтьев предлагает говорить о зависимости развития психики не от деятельности вообще, а от *ведущей деятельности*.

Идея о ведущей деятельности впервые была предложена Л.С. Выготским. Характеризуя игру дошкольника, он писал, что игра – не преобладающий, а ведущий момент развития ребенка. «Игра в концентрированном виде содержит в себе, как в фокусе увеличительного стекла, все тенденции развития» [43, с. 74]. Выготский проводит параллель между отношением игры к развитию и отношением обучения к развитию. По его мнению, игра – источник развития и сама создает зону ближайшего развития. Поэтому *игра, как ведущая деятельность, определяет психическое развитие ребенка*.

А.Н. Леонтьев детально разработал понятие ведущей деятельности, а также выделил ее основные признаки. Он писал, что развитие ведущей деятельности «обуславливает главные изменения в психических процессах и психологических особенностях личности ребенка на данной стадии его развития» [118, с. 515].

Ключевые идеи теорий П.Я. Гальперина и А.Н. Леонтьева в определенной степени объединены Н.Ф. Талызиной, которая, рассматривая процесс учения как деятельность, отмечает, «что **в процессе обучения стоит задача формирования отдельных видов деятельности, прежде всего – познавательной, а не абстрактных функций памяти, мышления, внимания** и т.д.» [203, с. 41], (курсив наш. – С.П.). Она отмечает, что применение положений теории поэтапного формирования позволяет управлять процессом учения, причем «не только усвоением отдельных познавательных действий, но и формированием приемов интеллектуальной деятельности» [там же, с. 220].

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

Таким образом, разработанная П.Я. Гальпериным психологическая теория является результатом творческого развития концепций, идей принципов, заложенных Л.С. Выготским, А.Н. Леонтьевым и С.Л. Рубинштейном. Весомый вклад П.Я. Гальперина в психологическую науку весьма лаконично

сформулировала М.А. Степанова: «П.Я. Гальперин капитально разработал проблемы предмета и метода психологии, сущности психического, управляемого формирования умственных действий, создал конкретно-психическое учение о действии, о трех типах учения» [194, с. 99]. В свою очередь, психологическая теория П.Я. Гальперина служит ведущей методологической основой для разработки *деятельностной дидактики и методики обучения*.

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

Теория поэтапного формирования умственных действий и понятий П.Я. Гальперина, как и любая другая теория, была подвергнута всестороннему теоретическому анализу и проверке практикой, как со стороны ведущих психологов, так и практических педагогов. В результате этой проверки были установлены относительные границы по ее применению. Так, А.Н. Леонтьев, анализируя этапы формирования умственных действий, описанных в работах Гальперина и его сотрудников, отмечает, что «не всегда этот процесс проходит по всем трем указанным этапам, а может начинаться прямо с формирования в плане речи, что зависит от предшествующих достижений умственного развития ребенка» [118, с. 343]. Однако сами авторы теории поэтапного формирования умственных действий на эту возможность не указывают. П.Я. Гальперин и Н.Ф. Талызина считают, что исходной формой интеллектуальной деятельности в процессе обучения является деятельность внешняя, материализованная.

Психической, идеальной она становится лишь после ряда качественных преобразований, происходящих по нескольким параметрам.

Познавательная деятельность в этом случае выступает одновременно и как средство усвоения знаний о мире, и как особый предмет усвоения [53; 203].

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

Точка зрения сторонников поэтапного формирования умственных действий, согласно которой при усвоении новых знаний исходной формой всегда должно быть материальное (или «материализованное») действие, не разделяется целым рядом отечественных и зарубежных психологов, в частности Н.А. Менчинской, Г.С. Костюком, А. Рокша, Ф. Флейшнер [133, с. 20]. Они обращают внимание, что в обучении наряду с процессом *интериоризации* не меньшее значение имеет противоположный процесс *экстериоризации* (перенос операции из внутреннего во внешний план), который постоянно осуществляется при использовании знаний на практике, при решении различных наглядно-действенных задач.

Не разделяет в полной мере точку зрения П.Я. Гальперина и Н.Ф. Талызиной об этапах формирования понятий и М.Н. Шардаков, справедливо отмечающий, что предложенный ими метод нельзя считать универсальным. Он отмечает, что «Образование понятий путем практического оперирования оказывается эффективным лишь в тех случаях, когда можно тотчас же в процессе

усвоения знаний применить их на практике [253, с. 214]. П.Я. Гальперин и Н.Ф. Талызина в своем исследовании имели дело именно с такими понятиями, когда изучали процесс усвоения школьниками некоторых геометрических понятий [51; 203].

Они предлагали учащимся карточки с перечислением признаков понятий, стандартную фигуру и материализованный образец (нить, угол из проволоки и т.п.). Школьники показывали образцы и они должны были с ними действовать. Понятия усваивались в результате практических действий учащихся, и такой способ формирования понятий в их эксперименте приводил к хорошим результатам. Однако исследования других авторов, в частности А.Н. Соколова [191], показали, что к положительным результатам приводит также и иной порядок формирования понятий, при котором учащиеся *теоретически усваивают материал, а затем уже применяют его на практике.*

По мнению М.Н. Шардакова, усвоение понятий школьниками может совершаться разнообразными методами. Он полагает, что «Изучать закономерности формирования понятий у школьников следует не только в соответствии с этапами, указанными П.Я. Гальпериным и Н.Ф. Талызиной, но прежде всего путем выявления *соотношений* их словесно-понятийной, образной и практически-действенной мыслительной деятельности» [253, с. 214].

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

1. *Организация наблюдения единичных предметов или явлений.* Учащимся дается наглядное представление о явлении, предмете или законе с помощью выразительных наглядных пособий или опытов; при этом новые понятия даются в тесной

связи с уже известными учащимся понятиями. Если имеются условия, рекомендуется дать учащимся возможность манипулировать с предметом, понятие о котором они изучают (работа с раздаточным материалом, схемами, моделями).

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

2. *Обогащение наблюдений.* С целью обогащения наблюдений учащихся организуется наблюдение возможно большего количества разнообразных предметов и явлений, относящихся к изучаемому понятию. Наблюдая большое количество разнообразных новых предметов и явлений, учащиеся легче смогут обнаружить как общие существенные признаки и свойства, связи и отношения, так и второстепенные индивидуальные признаки.
3. *Выделение общих и существенных признаков изучаемых предметов и явлений.* После того, как знания учащихся обогащаются достаточным количеством наблюдений разнообразных признаков и свойств предметов и явлений, связей и отношений, они начинают выделять общие существенные признаки и отношения. Этот мыслительный процесс происходит при помощи абстрагирования и анализа отдельных признаков предметов и явлений, отношений между ними, сравнения сходных признаков и связей, и, наконец, синтезирования и обобщения их. В результате такой работы мышления школьники выясняют общие и существенные признаки понятия.
4. *Уточнение.* Чтобы приобретаемые школьниками понятия о предметах и явлениях действительности были не расплывчатыми, а точными, определенными, необходимо уточнить их, пользуясь сравнением, отличить от родственных или сходных понятий. Например, сравнить расширение тел

при нагревании с их сжатием при охлаждении, или сравнить содержание понятия «вес» с содержанием понятия «масса». Такое сравнение делает знания учащихся об изучаемом явлении более четкими, а, следовательно, и понятие о нем становится ясным, определенным и дифференцированным от всех других понятий.

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

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

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

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

Рассмотренный путь формирования понятий, – отмечает академик РАО А.В. Усова, – также не охватывает всех случаев усвоения понятий учащимися в процессе их обучения в школе. По ее мнению, «в педагогической практике усвоение понятий может идти и по другому пути. В частности, в старших классах формирование понятия может быть начато с определения понятия, после чего осуществляется конкретизация его с помощью средств наглядности, рассмотрения различного рода примеров и фактов» [224, с. 160].

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

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

П.Я. Гальперин и Н.Ф. Талызина, как уже отмечалось, применяли этот метод, в основном, при формировании геометрических понятий (например, перпендикуляр, прямоугольник), все существенные признаки которых могли быть раскрыты и выписаны на карточки при первоначальном знакомстве с ними учащихся [4]. В дальнейшем учащиеся оперировали со всей системой признаков. Такой же подход целесообразен при формировании понятий на уроках по русскому языку. «Однако в преподавании основ наук, – пишет А.В. Усова, – мы чаще всего имеем

дело с формированием таких понятий, содержание которых сложно и не может быть полностью раскрыто сразу же, при первоначальном знакомстве с ними учащихся. Учащиеся оказываются не в состоянии усвоить сразу все признаки понятия. В таких случаях раскрывается один признак за другим по мере теоретической подготовки учащихся к их усвоению. В результате этот процесс развития сложных понятий растягивается на продолжительное время» [224, с. 160].

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

Процесс развития сложных понятий у школьников на примере понятия «лист» очень хорошо показал Н.М. Верзилин. На первом уроке данное понятие выступает как очень простое, первичное понятие, «включающее» один элемент знания, которое касается лишь внешнего строения листа (учащиеся узнают, что лист имеет зеленую пластинку с жилками и черешок). По окончании темы, на восьмом уроке, понятие «лист» становится сложным, включающим ряд элементов знаний: анатомическое строение, фотосинтез, дыхание листа, приспособленность листьев к среде обитания. Таким образом, «сложное понятие «лист» обобщает понятия морфологии, анатомии, физиологии и экологии листа» [33].

Аналогичное движение сложных понятий при изучении их школьниками происходит и при изучении других наук. Это хорошо показано З.И. Шевцовой на примере развития химического

понятия «валентность» [256], Ю.И. Соколовским – на примере физических понятий «работа» и «энергия» [192], А.Л. Хинчиным – на примере некоторых математических понятий [246].

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

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

В курсе химии таким абстрактным понятием является «валентность». Его нельзя представить наглядно, нельзя отразить и с помощью символики (схем, чертежей). Как указывает З.И. Шевцова, при формировании этого понятия нельзя опереться ни на житейский опыт учащихся, ни на знания, усвоенные ранее.

Ученики впервые с термином «валентность» встречаются на уроках химии в 7 классе. В качестве первоначальной, конкретной опоры при формировании этого понятия выступают арифметические значения, так как единственным элементом, который связывает новое знание с предшествующим учебным опытом на данном этапе, является числовая характеристика величины валентности (валентность определяется как свойство атома присоединять или замещать определенное количество атомов других элементов). Арифметическая опора теряет свое значение только после того, как учащиеся познакомятся с строением атома и его электронной оболочки [256].

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

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

*В зависимости от вида и содержания понятий должна определяться и методика его формирования»* [224, с. 164] (курсив наш. – С.П.).

Аналогичной точки зрения придерживается и Н.А. Менчинская. «В одних случаях, – отмечает она, – исходной формой являются восприятия и действия с предметами, в других – только восприятие, в-третьих – образ или представление и, наконец, в-четвертых – возможны такие случаи, когда исходной формой

является обобщение и абстрактная, словесно выраженная мысль, усвоенная вначале в нерасчлененной форме, а затем путем последовательной конкретизации, усвоенная в ее полном содержании» [133, с. 20]. Мы полностью разделяем эту точку зрения. Однако, памятуя указания Н.А. Менчинской [134, с. 6] и других психологов на необходимость опираться на жизненные наблюдения школьников и их донаучные представления при формировании научных понятий, считаем необходимым, раскрыть нашу точку зрения по данному вопросу.

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

2. Тезис Н.А. Менчинской и других психологов о необходимости находить «точку опоры» в житейских представлениях

учащихся при формировании у них научных понятий [134, с. 6 ] не следует понимать как безоговорочное утверждение – прежде всего потому, что при формировании многих понятий, как это было показано выше, не всегда возможно найти такую «точку опоры». Во-вторых, Н.А. Менчинская сама указывает на зависимость способов раскрытия содержания понятий, этапов формирования понятий от содержания формируемых понятий и той основы, на которой они формируются [132, с. 354 ].

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

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

4. Учитель должен быть внимателен при отборе наглядно-иллюстративного материала при формировании понятий. «Функция наглядного материала, как это отмечает А.Н. Леонтьев, – может быть различной, в зависимости от той задачи, которая ставится в обучении. В разных конкретных условиях наглядный материал может оказывать положительное влияние или

быть бесполезным, или даже играть отрицательную роль как фактор, отвлекающий от основной задачи» [120, с. 301].

Исследованиями психологов установлено, что образное способствует усвоению обобщенных понятийных знаний лишь тогда, когда образное вариативно и является, с одной стороны, опорой, а с другой – конкретизацией обобщенного, понятийного [39; 87].

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

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

в силу того, что процесс обучения останавливается и убедиться в его справедливости учащиеся не имеют возможности.

В.В. Давыдов считает, что построение учебных программ должно удовлетворять диалектико-материалистической теории понятий, центральным моментом которой является определенное понимание соотношений между общим (всеобщим) и единичным (особенным), существующим в явлениях и предметах объективной действительности. Важной частью материалистической теории понятия является выделение двух форм обобщения – 1) движение от чувственно-конкретного к абстрактному (создание понятий) и 2) движение от абстрактного к конкретному (опора на понятие при выведении конкретного). «Первая из них связана с таким анализом частных видов явлений, эмпирических сведений о них и истории предыдущих поисков, который приводит к выделению «клеточки» системы, к обнаружению такого особенного явления, которое есть одновременно и всеобщее» [74, с. 462].

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

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

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

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

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

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

Ознакомление с особенной, чувственно-данной формой существования этой «клеточки» как всеобщего является, по мнению Давыдова, началом усвоения данной науки. «Только

тогда, – считает Давыдов, – ее изучение будет связано с теоретическим мышлением, с работой в понятийном плане.

В этом случае наращивание знаний будет происходить по логическому принципу развертывания и конкретизации всеобщих элементов, по принципу выведения их особенных случаев. И может оказаться, что понятие, исторически сформулированное позже, должно усваиваться раньше других, так как выражает объект «близкий» ко всеобщему, чем другие объекты. Кроме того, это ранее вводимое понятие может обозначать объект, более удаленный от прямого и непосредственного опыта, чем другие объекты, понятия о которых вводятся позже» [74, с. 467]. При такой структуре курсов, которая предлагается В.В. Давыдовым, формирование понятий начинается сразу со второй формы обобщения (движение от абстрактного – к конкретному). Первая форма обобщения при этом совершенно выпускается. Автор данного подхода считает, что она и не нужна, поскольку понятие уже образовано. «Но если всеобщее определение предмета в науке уже найдено, сформулировано, фиксировано понятием, то спрашивается, – пишет Давыдов, – в чем целесообразность повторения ребенком тех эмпирических поисков, которые осуществлялись ученым? Специфика обучения как раз и состоит в том, что здесь ребенок осваивает, присваивает то, что уже добыто, найдено человечеством, и выражено в систематической форме. Здесь можно начать с того, что является результатом поисков ученого, т.е. с понятия» [там же, с. 467].

Реализация этой идеи, по мнению автора, потребует перестройки учебных предметов. Прежде всего, в процессе обучения учащимися должна быть усвоена *система теоретических понятий*, выражающих наиболее общие и существенные знания данного предмета. Более того, *эти понятия, хотя и*

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

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

щихся, к затормаживанию аналитического мышления. Во-вторых, сообщение всех понятий в «готовом» виде может привести учащихся к формальному усвоению понятий, к догматизму в преподавании» [224, с. 171].

Следует отметить, что, развивая свою концепцию в последующем, В.В. Давыдов заострял определенное внимание и на *индуктивном методе* формирования понятий. Так, в частности, он отмечал, что «для формирования полноценного теоретического мышления, каким является индуктивно-дедуктивное мышление, необходимо предоставить учащимся на занятиях возможность свободного мыслительного движения в двух взаимосвязанных направлениях: от абстрактного к конкретному и от конкретного к абстрактному, с приоритетом первого над вторым. Одна из задач теоретического мышления состоит в выделении существенной связи (в ее абстрагировании), а затем и в мысленном сведении к ней всех проявлений объекта (в их обобщении)» [71, с. 204].

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

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

Актуальность и ценность такой последовательности процесса обусловлена тем, что формирование понятия может начаться с создания *проблемной ситуации* (и *мотивации*) требующей

от учеников активной мыслительной деятельности, что способствует созданию в коре больших полушарий *оптимального очага возбуждения* и образованию необходимых условных связей (ассоциаций).

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

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

На мозг действует огромное количество раздражителей, однако лишь некоторые из них, имеющие жизненно важное значение для организма, отражаясь в мозгу, образуют прочные временные связи, направляющие совместно с уже образованными другими временными связями всю психическую деятельность животных и человека [184, с. 242].

Для человека жизненно важное значение имеет общественная значимость связей.

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

- а) создается ли у учащегося в процессе восприятия оптимальный очаг возбуждения;
- б) насколько быстро образуется такой очаг;
- в) насколько он будет стойким, то есть, насколько сильным будет процесс торможения в ближайших участках коры.

Создать такой очаг возбуждения у учащегося, это значит мобилизовать их внимание на восприятие учебного материала. Успешная мобилизация внимания учащегося (создание устойчивого очага возбуждения) может иметь различную основу. Ю.А. Самарин в качестве такой основы выделяет: а) интерес

к данному учебному предмету; б) эмоциональный рассказ учителя; в) требовательность учителя, заставляющая учащихся внимательно слушать учителя во избежание плохой отметки; г) самостоятельные усилия учащегося, работающего над собой и т.д. [184, с. 491].

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

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

таковы, что перед школьниками не возникает препятствий, которые должны быть преодолены, то развитие детей идет вяло и слабо» [80].

Принцип проблемного обучения нашел свое развитие в ряде психолого-педагогических исследований. Так, А.М. Матюшкин определил два основных понятия, которыми пользуется психологическая теория проблемного обучения: понятие *задачи* и понятие *проблемной ситуации*. С помощью понятия задачи автор обозначает «такие интеллектуальные задания, в результате выполнения которых человек должен раскрыть некоторое искомое отношение, свойство, величину, действие» [131, с. 274].

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

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

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

Однако сказанное не означает отказ от реализации второго пути формирования понятия. В старших классах, когда у учащихся уже достаточно развито абстрактное мышление и достаточно устойчиво внимание, этот второй путь формирования понятий

может стать *преобладающим*. Возможен этот путь и при формировании некоторых понятий у учащихся 6–9 классов, но не верно было бы его рассматривать как единственно приемлемый путь формирования понятий.

Таким образом, каким бы путем не осуществлялось формирование понятия, движение от абстрактного к конкретному, от всеобщего к частному – составляет важный, завершающий этап в развитии понятия. Вместе с тем, без конкретизации не может быть завершено формирование понятия, так как подлинное обобщение достигается только конкретизацией. Общее существует лишь в отдельном, через отдельное [115].

### 1.3. ОБРАЗНО-ЗНАКОВЫЕ МОДЕЛИ КАК МЕТАПРЕДМЕТНАЯ ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ РЕАЛИЗАЦИИ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ ФИЗИКИ, ХИМИИ И БИОЛОГИИ

Современная культура живет и обновляется в значительной мере благодаря тому, что осмысливает и использует свою методологичность, культивирует и развивает социально-гуманитарные аспекты. Поэтому сама методология приобретает статус культуры и становится важным средством осмысления современной научной проблематики, в том числе и в сфере школьного образования.

*Методология* – (от греч. *methodos* – путь исследования, теория, учение и греч. *logos* – слово, учение), учение о структуре, логической организации, методах и средствах деятельности [190, с. 795].

Среди методов, изучаемых методологией, выделяются описание и анализ этапов, уровней научного познания и специфичности методов на каждом из этих этапов; анализ языка

науки; выявление сферы применимости отдельных процедур (объяснение, доказательство); анализ исследовательских принципов и концепций (редукционизм, элементаризм и т.п.); **обеспечение взаимодействия и синтеза методов разных наук и разных уровней методологии** [110, с. 218] (курсив наш. – С.П.).

К настоящему времени более разработанной (в сравнении с частно-научной методологией) оказывается общенаучная методология, в рамках которой достаточно широко исследованы *системный (системно-синергетический) подход и метод моделирования*. Несмотря на достаточно глубокие теоретические исследования и полученные результаты в этой области, практическое применение системного подхода и моделирования как методов научного познания, особенно в области школьного образования, является эпизодическим и не приносит ощутимых результатов на пути повышения качества знаний учащихся. Это обусловлено как минимум двумя причинами: 1) значительная часть учителей не понимают сущности данных методологий и их иерархической связи с другими методами познания; 2) учителя не имеют должных навыков и умений для конкретизации данных методологий, которые должны быть положены в основу преподавания (изучения) специальных дисциплин, т.е. таких методов познания, которые будут использованы при изучении данного курса, его раздела, темы. В итоге, системный подход и метод моделирования лишь декларируются в школьной практике обучения, а по этой причине и не приносят ощутимых результатов.

Подобная ситуация имеет место и в высшем образовании, где, как указывает Л.М. Фридман, содержанием вузовского обучения является вчерашний день соответствующих наук, т.е. уже устоявшиеся положения, факты и теории этих наук. В то время

как «...в высшем образовании должны получить приоритет *методологические основы содержания обучения*, овладение студентами основными познавательными средствами, методами и приемами изучаемых наук с тем, чтобы создать необходимую базу для непрерывного самообразования и самосовершенствования» [239, с. 121] (курсив наш. – С.П.).

Из указанных выше общенаучных методологий особенно слабо используется *метод моделирования*. Результаты массовых обследований свидетельствуют, что наши учащиеся имеют весьма смутные и ограниченные представления о моделировании и моделях. Хотя «... результаты психологических исследований показывают, что явное знакомство учащихся с модельным характером науки, с понятиями моделирования и модели не только способствует формированию у них правильного научного мировоззрения, не только обогащает их методологический аппарат, но и существенно меняет отношение школьников к учебным предметам, к учению, делает их учебную деятельность более осмысленной и продуктивной» [там же, с. 89].

Моделирование как метод научного познания в настоящее время востребован как никогда ранее. Это детерминировано двумя обстоятельствами: переходом науки и, прежде всего, естествознания к изучению глубинных свойств различных форм движения материи; разработкой философами и методологами теоретико-методологических основ моделирования, выявлением специфики таких *гносеологических функций моделей*, как ***отражение, абстрагирование, интерпретация, объяснение*** и т.п., а также выяснением роли и места моделей в познании с точки зрения *диалектико-материалистической теории отражения*.

Как *специфическое средство и форма научного знания* модели начали активно использоваться с XIX века, однако они

эффективно применялись и на заре науки. Достаточно указать на представления Демокрита и Эпикура об атомах, их форме и способах соединения, сочинения Н. Коперника «Об обращениях небесных сфер», чтобы обнаружить весьма старинное происхождение этого метода.

После точных теоретических исследований И. Ньютона (1686 г.), Ж. Бертрана (1848 г.) и Д.К. Максвелла в 50–60-х годах XIX века метод моделирования стал применяться не только в духовной сфере научного творчества, но и в практической области (в лаборатории, в эксперименте). Гносеологическое осмысление этого периода развития моделирования осуществил В. Томсон, который в своих знаменитых «Балтиморских лекциях» постулировал, что понять явление – значит построить его механическую модель.

Новые возможности и перспективы моделирования были выявлены в XX веке *кибернетикой*, которая показала роль этого метода в раскрытии общих закономерностей и структурных особенностей систем различной физической природы, принадлежащих к разным уровням организации материи, формам движения. Начиная со статьи Н. Винера и А. Розенблута «Роль моделей в науке» [38], в зарубежной и отечественной философской литературе широко обсуждаются гносеологические и методологические аспекты указанной проблемы. Интерес к моделям и моделированию стал всеобщим в настоящее время, и практически все науки используют данный метод и конкретизируют его применительно к своим предметам изучения. Сделаны существенные шаги в исследовании моделирования как метода познания, его связей с другими методами, в характеристике гносеологических функций моделей, их специфики, и в особенности кибернетических. Однако выяснилось, что среди ученых

имеются известные расхождения в трактовке и понимании философских вопросов моделирования.

Диалектико-материалистическая концепция метода моделирования дает возможность более последовательно охарактеризовать понятие модели и гносеологические функции различного рода моделей, исходя из фундаментального принципа марксистской теории познания – *принципа отражения*. Фундаментальный вклад в разработку этой концепции внес В.А. Штофф [257], а также другие известные отечественные философы: В.Н. Глушков [59], А.Н. Кочергин [108], И.Б. Новик [141], В.С. Тютин [218], А.И. Уемов [219, 220], И.Т. Фролов [240], В.В. Чавчанидзе [250], У.Р. Эшби [259] и др.

Гносеологический анализ моделирования в целом и его отдельных видов, по мнению В.А. Штоффа, может быть успешным лишь в том случае, когда исходно будет установлено достаточно четко и определенно содержание того *понятия модели*, которым пользуются в науке [257, с. 5]. Термин «модель» произошел от латинского слова «modus, modulus», что означает «мера, образ, образец, способ и т.п.». Его первоначальное значение было связано со строительным искусством и употреблялось для обозначения образца, или прообраза, или вещи, сходной в каком-то отношении с другой вещью. Такое общее значение данного термина, по-видимому, и послужило основанием для его использования практически во всех науках, где он получает два противоположных значения. В математике после создания Декартом и Ферма аналитической геометрии *моделью* стали *обозначать теорию*, которая обладает структурным подобием по отношению к другой теории. Две такие теории называют изоморфными, а одна из них выступает как модель другой, и наоборот. В науках о природе (астрономии, механике, физике,

химии, биологии) термин *модель* стал применяться в другом смысле: не для обозначения теории, а для обозначения того, к чему данная теория относится или может относиться, то есть того, *что она описывает*. В таком понимании модели выделяют два близких друг к другу, но несколько различающихся значения – в широком и узком смысле данного понятия. *В широком смысле* под моделью понимают *мысленно или практически созданную структуру*, воспроизводящую ту или иную часть действительности в упрощенной (схематизированной или идеализированной) и наглядной форме. Такие модели составляют *необходимый элемент естественнонаучного познания*, поскольку они не ограничиваются математическим формализмом и стремятся *раскрыть объективное содержание*, качественную сторону теории. В *узком смысле* термин «модель» используют когда хотят изобразить некоторую область явлений с помощью другой, более хорошо изученной, легче понимаемой, более привычной, иначе говоря, хотят непонятное свести к понятному. Часто такие модели называются моделями-аналогами или просто аналогами независимо от того, являются ли они воображаемыми или реальными [257, с. 7–9].

Таким образом, *модель в естествознании понимается не как теория, а как своеобразный предмет данной теории, который может иметь конкретный образ изучаемого объекта* (атом, молекула, клетка и т.п.), в котором *отображаются* реальные и предполагаемые свойства и строение этих объектов либо какой-то другой объект, реально существующий наряду с изучаемым (или воображаемый) и сходный с ним в отношении некоторых определенных свойств или структурных особенностей. В том и другом случае *модель означает некоторую конечную систему*, некоторый единичный объект независимо

от того, существует ли он реально или является воображаемым. В таком смысле модель не теория, а то, что описывается данной теорией – своеобразный предмет данной теории.

Термин «моделирование» употребляется зачастую как синоним познания, или гносеологического отображения, или вообще отражения, изоморфизма, когда модель отождествляется с гипотезой, абстракцией, идеализацией и даже законом. Такое положение, по мнению В.А. Штоффа, является ненормальным. Он предлагает «...исключить из научного языка такие значения термина «модель», для выражения которых существуют другие прочно установившиеся термины, и сохранить этот термин для таких специфических гносеологических ситуаций, которые не покрываются понятиями «теория», «гипотеза», «формализм» и т.п.» [257, с. 10]. Существенным признаком, отличающим в целом модель от теории, по мнению И.Т. Фролова, является не уровень абстракции и, следовательно, не количество достигнутых абстракций, отвлечений и упрощений, а способ выражения этих абстракций, упрощений и отвлечений, характерный для модели [240 с. 41; 241 с. 159]. Содержание теории выражается в виде совокупности суждений, связанных между собою законами логики и специальными научными законами и отображающих «непосредственно» закономерные, необходимые и всеобщие связи и отношения, присущие действительности. В модели это же содержание представлено в виде некоторых типичных ситуаций, структур, схем, совокупностей идеализированных (т.е. упрощенных) объектов и т.п., в которых реализованы эти закономерные связи и отношения или то же самое, в которых выполняются сформулированные в теории законы, но, так сказать, в «чистом виде» [3, с. 27].

Следовательно, общим для теории и модели является *свойство отражать действительность в упрощенной, абстрактной форме*, однако реализация этого отображения в виде некоторой *отдельной, конкретной* и потому более или менее *наглядной системы есть признак, отличающий модель от теории*.

В отечественной философской литературе предлагаются разные определения понятия модели. В некоторых из них отсутствует такой важный, существенный, с точки зрения марксистской теории познания, признак, как способность *отображать* объект. Это имеет место в определении А.А. Зиновьева и И.И. Ревзина, которые подчеркивают, что модель – лишь средство получения знаний, а не сами знания, не гносеологический образ [86, с. 81].

В определении понятия модели в формулировке И.Т. Фролова указывается, что главным признаком модели выступает именно *отображение*: «...моделирование означает материальное или мысленное имитирование реально существующей (натуральной) системы путем специального конструирования аналогов (моделей), в которых воспроизводятся принципы организации и функционирования этой системы» [240, с. 39]. Вполне очевидно, что термин «имитирование» в приведенном определении гносеологически равносителен отображению.

В определении модели, данном И.Б. Новиком, кроме отражения, включены такие существенные характеристики, как способность к замещению познаваемого объекта, наличие четких правил перехода от информации о модели к информации об объекте, способность давать информацию, допускающую опытную проверку. Объединив все эти признаки, И.Б. Новик дает следующее определение: «Под моделированием следует понимать метод опосредованного практического или теоретического

оперирования объектом, при котором используется вспомогательный промежуточный естественный «квазиобъект» (модель), находящийся в некотором объективном соответствии с познаваемым объектом, способный замещать его в определенных отношениях и дающий при его исследовании в конечном счете информацию о самом моделируемом объекте» [140, с. 92].

Исследователи в области моделирования [29; 19; 201; 219] подчеркивают, что модели во всех случаях выступают как аналоги объектов исследования, то есть они не тождественны с оригиналом. Они отражают в упрощенном, уменьшенном виде структуру, свойства и отношения между элементами исследуемого объекта [58]. Примеры тщательно разработанных теоретических моделей можно найти в работах Г.А. Балла, Г.С. Сухоборской, В.А. Сластенина и других ученых [12; 189; 198], в которых отмечается, что с помощью моделирования могут проигрываться, сравниваться и оцениваться различные варианты решений. Кроме того, в процессе моделирования могут имитироваться реальные процессы развития, планироваться решения о выборе альтернативных моделей.

При конструировании знаковых, логико-математических, предметных и других моделей открываются широкие возможности моделирования не только сложных умственных процессов, но и специфических деятельностей, в том числе и педагогической [12; 21; 103; 189; 198; 201; 266].

В.П. Давыдов, характеризуя модель, пишет: «модель – вспомогательное средство, которое в процессе познания, исследования дает новую информацию об основном объекте изучения. Модель может послужить и конструированию нового, еще неизвестного в практике» [75, с. 55]. Механизм моделирования,

по мнению данного автора, обычно состоит из следующих **операций**: «переход от естественного объекта к модели, построение модели; экспериментальное исследование модели; переход от модели к естественному объекту, заключающийся в перенесении результатов, полученных при исследовании, на данный объект» [там же].

Чаще всего авторы публикаций, в которых обсуждается роль моделей и моделирования, ссылаются на определение модели, данное В.А. Штоффом: «Под моделью понимается такая мысленно представляемая или материально реализованная система, которая, отображая и воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает новую информацию об этом объекте» [257, с. 19]. В формулировке данного автора понятие модели всегда имеет содержательный характер, в отличие от понятия модели как чисто формального, хотя и вполне строгого выражения в логико-математических терминах некоей системы, которая сама нуждается в интерпретации. По мнению данного автора, для того чтобы последовательно и систематически изучать роль моделей в познании, необходимо прежде всего разобраться во всем многообразии научных моделей. Для этой цели он предлагает элементарную классификацию моделей, которая отражает не только различия, но и то общее, что объединяет все научные модели (схема 2).

В основу этой классификации положены *способы, средства*, какими производится моделирование изучаемых объектов. На основе этого все модели подразделяются на два больших класса: 1) *материальные* (другие термины: действующие, реальные, вещественные) и 2) *идеальные* (другие термины: воображаемые, умозрительные, мысленные) модели.

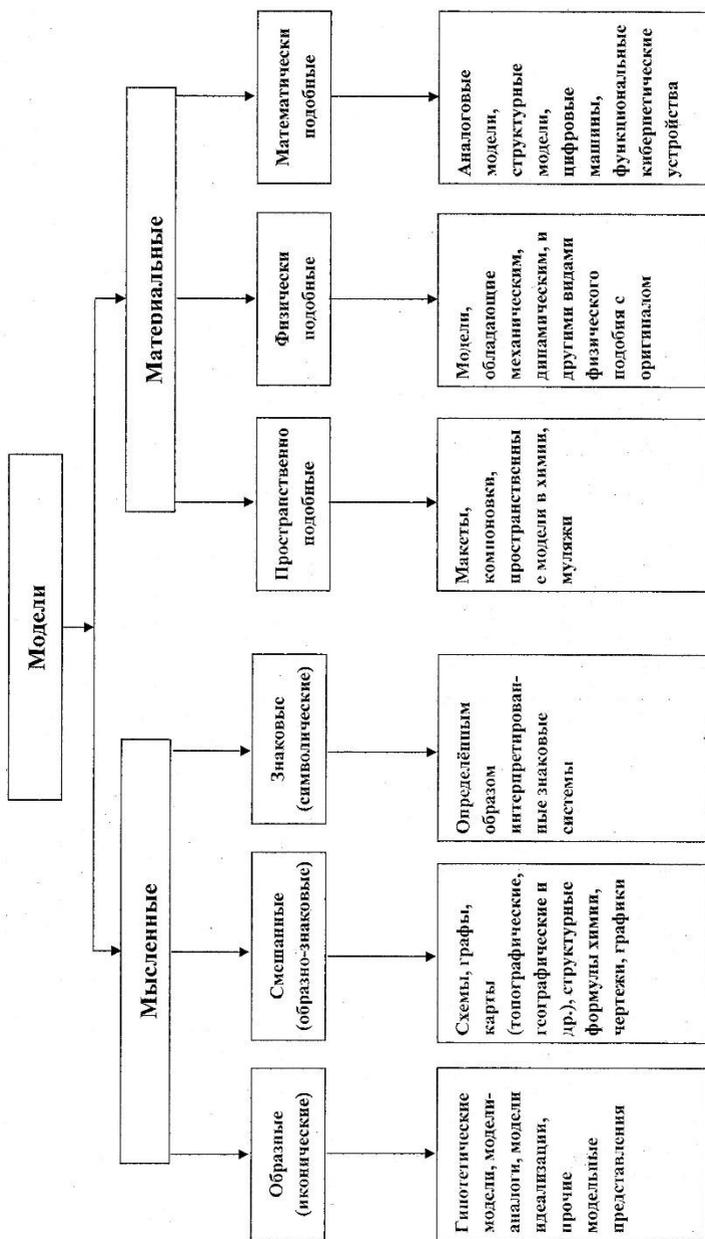


Схема 1. Классификация моделей по В.А. Штоффу (1966)

Сравнительный анализ моделей и других форм и средств познания позволяет констатировать, что *модели являются специфическими формами и средствами отражения внешнего мира*. Эта специфика проявляется в *конкретных гносеологических функциях моделей* и прежде всего – в функции **абстрагирования**. Являясь специфической формой абстракции, модель в ходе развития знаний становится и **средством конкретизации**.

Термин «абстракция» имеет два основных значения: 1) *определенного познавательного процесса* и 2) *результата этого процесса* [110, с. 5].

Для наших исследований были важны оба значения данного термина. Говоря о модели как специфической форме научной абстракции, мы будем иметь в виду абстракцию как *результат* некоторого познавательного процесса, т.е. абстракцию во втором смысле. Сам процесс *моделирования*, где дело касается построения моделей, является частным выражением абстракции в первом смысле.

Кроме того, мы будем исходить из принятого в логико-гносеологической литературе различия между разными типами или степенями абстракций: *понятием, абстрактным предметом и идеализированным объектом*. *Понятие*, согласно этому различию, представляет собой отражение свойств предметов, однако эти свойства мыслятся еще неотрешенно от предметов, от которых они отвлечены (например, «быть белым», «быть упругим» и т.д.). Но это справедливо не только для свойств, но и для отношений (например, «больше», «старше», «быть между *a* и *b*» и т.д.). Можно сказать поэтому, что понятие есть выражение *одноместных и многоместных предикатов*, т.е. свойств и отношений, выделенных в их определенности, но не отделенных еще от самих предметов, обладающих этими свойствами

или находящихся в данных отношениях. *Абстрактный предмет* представляет собой более высокую ступень абстрагирования. Здесь понятие мыслится не как предикат, а как самостоятельный «предмет», которым мышление может оперировать, отвлекаясь совершенно от того, каким реальным предметам или вещам «принадлежит» соответствующее свойство или отношение. *Абстрактный предмет* – это отражение общего в явлениях, причем это общее отражено в своей относительной самостоятельности.

*Идеализированный (идеальный) объект* – это уже не просто общее в его относительно самостоятельной форме, в его отрешенности от конкретных вещей и явлений. *Идеализированный объект* – это сама вещь, или явление, или система объектов, но отраженные в абстрактном, упрощенном, схематизированном, словом, идеализированном виде. При построении (мысленном конструировании) идеализированных объектов абстракция состоит в выделении основных элементов и отношений, существенных, типичных для данного явления или процесса, и элиминации всего несущественного, случайного, второстепенного. Кроме того, идеализированные теоретические объекты наделены такими признаками, которых нет у реальных объектов. Например, материальную точку определяют как тело, лишенное размера, но сосредоточивающее в себе всю массу тела. Таковыми являются и абстракции типа «идеализированный газ», «несжимаемая жидкость», «инерциальная система». Введение в теорию абстрактных, идеализированных объектов позволяет «отделить» сущность от явления и познать ее в чистом виде [31, с. 377].

Для нашего исследования исключительно важной является идея о том, что *мысленные модели, выполняя функцию*

*абстрагирования, выступают в качестве идеализированных объектов.* Это вполне согласуется с трактовкой модели как некоторой системы, воспроизводящей и отражающей объект изучения в упрощенном и схематизированном виде. Учитывая, что при построении идеализированных объектов осуществляются различные по своему характеру операции абстрагирования, целесообразно рассмотреть эти *операции* в отдельности.

Перечень основных видов абстракций представлен в работе Д.П. Горского [63, с. 50–60]. Внося некоторые изменения в этот перечень, В.А. Штофф приводит следующие виды абстракции:

1. *Абстракция отождествления*, состоящая в отвлечении от несходных сторон, свойств, признаков предметов и выделении тех признаков или свойств, которые у них одинаковы (обобщающая абстракция).
2. *Абстракция изолирующая или аналитическая*, состоящая в отвлечении от некоторых предметов, от некоторых их свойств, сопровождающаяся иногда опредмечиванием (формальная абстракция).
3. *Абстракция мысленного выделения части и отвлечения от целого.*
4. *Абстракция отвлечения от изменения и развития предмета*, от изменчивости, неопределенности, относительности его границ, от его текучести, диалектичности. Д.П. Горский называет этот вид абстракции конструктивизацией, хотя В.А. Штофф предлагает, по-видимому, более удачный термин – термин «стабилизация». В результате этого рода абстракции возникают жесткие, огрубленные, мысленно обездвиженные и омертвленные «объекты».
5. *Абстракция упрощения*, состоящая в отвлечении от сложности объекта, от многообразия внутренних связей и отношений

и сохранении лишь основных, существенных связей, в результате чего объект предстает в значительно более простом, чем исходная ситуация, виде.

6. *Абстракция идеализации*, состоящая не столько в простом отвлечении от каких-то частных свойств или упрощении объекта, сколько в одновременном преувеличении, абсолютизации и доведении до предела (предельные случаи) некоторых наблюдаемых состояний или свойств, в результате чего возникают идеализированные объекты, не существующие в действительности, но имеющие в ней свои прообразы.

7. *Абстракция от ограниченных вообще или определенными историческими условиями практических, конструктивных возможностей человека – абстракция потенциальной осуществимости* [257, с. 153–154].

Последний вид абстракции А.А. Марков определяет следующим образом: «Она состоит в отвлечении от реальных границ наших конструктивных возможностей, обусловленных ограниченностью нашей жизни в пространстве и во времени... Их осуществимость потенциальная, если бы наша жизнь длилась достаточно долго и мы имели бы достаточно места и материалов для практического осуществления этих представлений» [124, с. 15].

Несмотря на то, что единый принцип классификации видов абстракций отсутствует, для нашей цели приведенный выше список вполне достаточен, поскольку *он охватывает основные случаи применения абстракций в научном мышлении и, по видимому, все случаи, имеющие отношение к моделированию.*

Анализ способов построения различных моделей обнаруживает, что все перечисленные виды абстракций и абстрагирования осуществляются с помощью моделей и в виде моделей.

Разумеется, в какой-нибудь одной модели нельзя обнаружить наличия всех типов абстракций вследствие взаимной несовместимости некоторых из них, однако фактом является возможность осуществления подобных абстракций на уровне моделей.

Следует также отличать идеальный характер абстрагирования и абстракций в мысленных моделях от практического и фактического абстрагирования, осуществляемого с помощью и в виде вещественных моделей.

При построении различных моделей обнаруживается наличие в них почти всех видов абстракций, правда, в различной степени и различного характера.

**Абстракция отождествления** применяется при построении моделей, когда необходимо показать, что различные сложные и внешне разнообразные образования обладают одной и той же или сходной структурой. В этих случаях *модель* используется как *средство выделения соответствующей структуры*, закрепления ее в виде некоторой схемы или, чаще всего, в виде знаковой системы. Так как при этом отбрасываются случайные для данной структуры признаки, отношения, связи, и остаются только, так сказать, необходимые скелеты – абстрагированные структуры, то уже их сравнение позволяет либо провести процесс отождествления, либо доказать невозможность такого отождествления. Примером такого метода отождествления при помощи моделей являются структурные формулы в химии. Так, уже элементарная химическая формула воды  $\text{H} - \text{O} - \text{H}$ , или  $\text{H}_2\text{O}$  позволяет химику отвлечься от множества свойств, состояний и особенностей воды в различных агрегатных состояниях, в различных условиях существования одной и той же жидкой воды и рассматривать эту структуру как выражение качественной тождественности всевозможных индивидуальных форм

существования этого химического соединения. Использование моделей в вышеуказанных целях возможно не только в науках о *неорганической природе*, но и в *биологии и социологии*. Модель всегда есть некоторая структура, динамическая или статическая, образная или знаковая и т.д., смотря по обстоятельствам, но *обязательно структура, складывающаяся из совокупности или некоторого множества элементов и связей (отношений) между ними*. Вполне естественно, что для отображения одного свойства или признака не требуется строить систему или искать подходящую структуру.

*Модель выполняет абстракцию отождествления* не в качестве понятия и не в качестве абстрактного предмета, а как *специфический идеализированный объект*, обладающий структурой, тождественной в известном отношении со структурой действительного объекта [257, с. 155–156].

Еще более возрастает значение модели в осуществлении ***абстракций конструктивизации (стабилизации), упрощения и идеализации***. Здесь построение моделей, в особенности мысленных, является *просто необходимой формой познавательной деятельности*. С помощью различного рода мысленных моделей, внешне выражаемых в виде рисунка, чертежа, схемы или системы знаков, становится возможным отображение в фиксированном виде момента *устойчивости*, относительного покоя и неизменности в отвлечении от изменения, переходов, относительности границ и т.д. Эту функцию отвлечения осуществляют такие модели, как структурные формулы: модели молекул, модели стационарных состояний атомов, всевозможные структуры, моделирующие строение атомного ядра, и т.д. Так, например, в некоторых структурных моделях атомного ядра отвлекаются от постоянных переходов, процессов рождения

и превращения элементарных частиц, фиксируя внимание лишь на общей структуре.

Модель служит средством отвлечения не только от текущести и неопределенности, но и чрезмерной сложности, от множества несущественных и случайных связей, внешних влияний и воздействий (*абстракция упрощения*). В модели в результате процесса применения этого вида абстракции объект выглядит значительно более простым, чем сложное явление. В.И. Ленин следующим образом охарактеризовал необходимость подобных методов познания, свойственных не только понятному мышлению, но и чувствительности: «Мы не можем представить, выразить, смерить, изобразить движения, не прервав непрерывного, не упростив, углубив, не разделив, не омертвив живого. Изображение движения мыслью есть всегда огрубление, омертвление, – и не только мыслью, но и ощущением, и не только движения, но и *всякого* понятия.

И в этом *суть* диалектики. *Эту-то суть* и выражает формула: единство, тождество противоположностей» [115, с. 233].

В.И. Ленин подчеркивает *диалектический характер познания*, обнаруживающийся при таком *упрощении*. Действительно, здесь единство противоположных сторон и тенденций познания состоит в том, что для более полного и глубокого, всестороннего познания мы вынуждены создавать неполные, односторонние понятия, *для познания сложного явления – его упрощенные модели*. Конечно, познание не останавливается на этом, оно идет дальше, переходя *от абстракции к конкретизации*, от односторонних образов к всесторонним, от упрощенных к более сложным, преодолевая, так или иначе, односторонность абстракций, упрощенный характер моделей. Абсолютизация, огрубление снимаются, постепенно преодолеваются

в процессе развития, уточнения и изменения научного познания. В случае же моделей диалектика развития такова, что абсолютно точные модели бесполезны и невозможны, слишком же отдаленная, «переупрощенная» модель – источник ошибок. Как справедливо заметил Р. Хайнд, «слишком хорошая модель бесплодна, слишком отдаленная модель вводит в заблуждение» [243, с. 323].

В упрощенных моделях выделяются *схемы*. Отыскиваются более простые аналоги, сохраняются только скелеты или остовы сложных явлений, и тем самым мысль облегчает поиски тех или иных решений. Благодаря такому методу *законы объективного мира могут быть изучены на моделях*, которые отражают существенные связи и отношения действительности, но в более простой и чистой форме.

Значение моделей как средства упрощения действительности и, следовательно, как своеобразных абстракций, подчеркивают и создатели кибернетики Н. Винер и А. Розенблют: «Никакая существенная часть Вселенной не является настолько простой, чтобы ее можно было постичь и ею управлять без абстракции. Абстракция состоит в замещении части Вселенной, подлежащей рассмотрению, моделью с подобной, но более простой структурой» [266, с. 316].

Не менее характерен при построении моделей процесс абстрагирования, называемый *идеализацией*, состоящий в мысленном конструировании объектов, не существующих и не осуществимых в действительности, но имеющих свои прообразы в объективной реальности. Собственно идеализацией в известной степени являются и другие виды абстрагирующей деятельности, поскольку при этом происходит отвлечение от ряда несущественных, случайных, внешних, затемняющих и искажающих

сущность изучаемого явления условий, а также от весьма существенных свойств, как, например, изменяемость, движение в случае конструктивизации.

Различают *идеализацию* в широком и узком смысле слова. В широком смысле идеализацией называют такие процессы отвлечения, которые происходят на основе схематизации, огрубления, упрощения, абсолютизации действительности; это, следовательно, такая идеализация, которая снимается или принципиально может быть снята в процессе дальнейшего развития науки и практики, хотя она и является необходимой. Под идеализацией в узком смысле слова, или собственно идеализацией понимается процесс создания особых, идеализированных объектов типа идеальный газ, несжимаемая жидкость, абсолютно твердое тело, в математике – точка, окружность и т.д., идеализированная популяция в биологии. Все эти объекты хотя и имеют реальные прообразы в действительности, но не могут быть осуществлены [257, с. 159–160].

Процесс идеализации в узком смысле складывается из следующих этапов, или ступеней: мысленного выделения какого-либо условия существования или свойства изучаемого объекта; изменения и постепенного сведения к минимуму (к нулю) или максимуму действия данного условия или свойства; если обнаруживается, что при этом изменяются и другие свойства в определенном направлении, то совершается переход к такому предельному случаю, когда допускаемые мысленно процессы возрастания или убывания доведены до конца. Так возникают идеализированные объекты или предельные случаи, т.е. модели, выступающие в качестве содержания соответствующих предельных понятий.

В классе этих идеализированных объектов мы находим один из видов мысленных моделей. Будучи разновидностью идеальных объектов, эти модели отличаются от других моделей (в частности, упрощенных) тем, что они *не осуществимы* в действительности в форме, предусматривающей выполнение условий идеализации (что не исключает их приближенной реализации с той или иной степенью приближения), и в то же время они отличаются от других абстракций своей более или менее развитой структурой. Следовательно, такая модель есть не просто идеализированный объект (например, «точка»), а *сложный идеализированный объект*, имеющий структуру, сходную с оригиналом, но отличающийся от последнего также условиями идеализации.

Подобные модели являются, следовательно, также специфической формой научной абстракции – ***абстракции идеализации***.

Важно подчеркнуть, что *операции* с идеализированными объектами или идеализированными моделями представляют собой специфическую *форму теоретической деятельности* – это мысленный, воображаемый или ***идеализированный эксперимент*** [там же, с. 159–161].

Общей особенностью рассматриваемых моделей и связанных с ними мысленных экспериментов является принципиальная невозможность их практического осуществления в форме, предполагающей выполнение условий идеализации. Но одно ясно, что *модель является средством осуществления идеализирующей абстракции, специфической формой закрепления и выражения ее результатов*.

Построение идеальных моделей происходит *не произвольно, а в соответствии с законами природы*, путем выделения,

акцентирования, подчеркивания, выявления реально существующих свойств, отношений, структур. «Поэтому формулировка законов применительно к этим предельным случаям – идеализированным моделям – означает, что эти законы относятся не только к данным моделям – предельным случаям, но и к самой действительности. Зная процедуру отвлечения и условия идеализации, мы вносим соответствующие поправки, уточнения и получаем возможность относить наши знания не только к моделям, но благодаря последующим уточнениям – к естественному порядку вещей» [257, с. 162]. Материалистическое понимание идеализированных моделей исключает всякие агностические выводы из правильного тезиса о неосуществимости идеальных моделей, так как предполагает наличие их реальных прообразов в объективном мире.

Итак, мы видим, что почти все виды абстракций могут быть реализованы при помощи моделей. Однако для нашего исследования крайне важно решение и другого вопроса: *чем отличаются научные абстракции в виде понятий и теорий от научных абстракций в форме моделей*. В.А. Штофф выделяет несколько таких отличий:

*Первое отличие* касается формы выражения. В то время как *понятия и теория* нуждаются в обыденном и специальном языках, средства закрепления и выражения *моделей* иные. Это либо *обобщенные образы-представления*, либо *специальные знаки*, обозначающие отдельные элементы или блоки элементов, а также связи и отношения между ними.

Специфика в знаковых средствах, используемых для моделирования, в отличие от знаков естественного и искусственного языков, заключается в том, что структура сложного знака, образующего модель, *является репликой*, упрощенной, схематической, структурной копией оригинала, которая однозначно

воспроизводит те или иные структурные свойства оригинала. Р. Фейнман очень точно подметил, что химическое имя угарного газа CO – это не просто знак, а изображение молекулы: «Буква CO – это не просто знак, а изображение молекулы, ...когда химик пишет формулу на доске, он, грубо говоря, пытается нарисовать молекулу в двух измерениях» [234, с. 32]. Особенность модельной формы выражения абстракции состоит в том, что способ упорядочения знаков в модели, их организация *передают более непосредственно содержание соответствующих абстракций*. И эта особенность присуща не только знаковым, но и образным моделям, что позволяет говорить о различной степени и формах наглядности.

*Второе отличие* касается природы наглядных образов, с которыми связано мышление. В то время как те наглядные образы, которые сопровождают так или иначе всякий процесс мышления, варьируясь от схем и систем знаков до определенных картин, являются случайными, произвольными, фрагментарными и чисто качественными, в моделях наглядная сторона, как бы она ни варьировалась от знака до образа, всегда с необходимостью выражает некоторую *систему*, части или элементы которой находятся в строго определенных отношениях и зависимости, отличаются упорядоченностью и поддаются количественному расчету. Таким образом, *в модельных представлениях логическое и чувственное, не наглядное и наглядное связаны друг с другом органически в одном-едином образе*. Это позволяет нам сделать вывод о том, что если модели представляют собой различные виды абстракции, то во всех случаях *это абстракции особого рода*. Их своеобразие в том, что в них *абстрактный момент непосредственно и необходимым образом связан с наглядными средствами*. Поэтому мы вправе утверждать, что *мысленная модель как абстракция особого*

*рода есть органическое и необходимое единство логического и чувственного. Модель представляет собой специфическую для научного познания форму связи мышления и чувственности и выполняет здесь функцию, аналогичную той, которую выполняет представление в элементарных процессах мышления в обыденной жизни.*

*Третье отличие* касается проблемы общего и единичного. В обычных абстракциях выделяется *общее, существенное*. Это общее и существенное отображается в *понятиях*, абстрактных объектах, суждениях или системах суждений (*теориях*) так, что при этом мышление *не покидает сферы общего* или всеобщего. Языковая форма выражения научных абстракций этого типа, понятий и теорий (цепей суждений) обеспечивает возможность движения мысли, которая остается в основном в сфере общего. Напротив, *модель*, как правило, *всегда есть индивидуальное, единичное, это некоторая структура, схема, идеализированный объект, упрощенный образ* и т.п., которые могут быть непосредственно схвачены, представлены. Но это не просто единичные явления. Уже обычные явления представляют собой, строго говоря, *единство явления и сущности, единичного и общего*. Но в обычном явлении общее, сущность как бы скрыты, отодвинуты на задний план, «заставлены», «загорожены» различными случайными обстоятельствами, деталями, несущественными элементами данной целостности. *В модели же эта сущность и это общее открыты*, выдвинуты на передний план, подчеркнуты выбором самой модели, способом аналогии, *представлены в виде некоторой образной структуры* и т.д. Следовательно, *модель есть единство общего и единичного, но такое единство, в котором особенности единичного целиком и полностью подчинены целям выявления общего, а значит, и закономерного, существенного.*

Здесь общее есть не просто частичка или сторона, а именно сущность отдельного, а отдельное не так или иначе выражает общее, а специально создается или выбирается для того, чтобы это общее выразить *наилучшим образом*, наиболее точно, в выявленном и формализованном виде [257, с. 163–165].

Для выяснения вопроса о роли метода моделирования в формировании *теоретического мышления* и его месте среди других методов теоретического познания действительности необходимо понимать механизм перехода от абстрактного к конкретному и обратно. Для этого следует хотя бы кратко рассмотреть сущность диалектической пары «абстрактное» и «конкретное».

Абстракция – (от лат. *abstractio* – отвлечение, абстрактное) форма познания, основанная *на мысленном* выделении существенных свойств и связей предметов и отвлечении от других, частных свойств; общее понятие как результат процесса абстрагирования; синоним «мысленного», «понятийного». Абстракция является необходимой ступенью на пути к мысленно конкретному воспроизведению сущности предмета [190, с. 10]. Основные типы абстракции: изолирующая абстракция (вычленяющая исследуемое явление из некоторой целостности), обобщающая абстракция (дающая обобщенную картину явления), идеализация (замещение реального эмпирического явления идеализированной схемой). Абстракция, таким образом, служит базой для процессов *обобщения* и образования *понятий*. *Эмпирическому и теоретическому уровням мышления соответствуют формальная и содержательная абстракции.*

*Конкретное* – (от лат. *concreticus*, буквально – сгущенный, уплотненный, сросшийся) философская категория, выражающая единство, целостность объекта во всем многообразии

его связей и отношений. В диалектическом материализме употребляется в двух смыслах: как непосредственно данное, *чувственно воспринимаемое целое* и как *система научных определений, выявляющая существенные связи и отношения вещей, закономерностей и тенденций развития явлений*. Конкретное противоположно абстрактному; **теоретическое познание** осуществляется как *восхождение от абстрактного к конкретному* [там же, с. 618] (курсив наш. – С.П.).

Восхождение от абстрактного к конкретному предполагает первоначальное движение от конкретного (данного в созерцании) к абстрактному. На этом последнем пути *образуются понятия, отражающие отдельные стороны и свойства объекта*, которые сами могут быть поняты лишь постольку, поскольку они рассматриваются как моменты целого, определяемые его специфическим содержанием. Поэтому необходимо различать конкретное как *изучаемый предмет*, как *исходный пункт исследования* (чувственное конкретное) и *конкретное как завершение*, итог исследования, как научное понятие об объекте (*мысленное конкретное*) [236, с. 5] (курсив наш. – С.П.).

Касаясь вопроса о взаимосвязи абстрактного и конкретного, К. Маркс писал: «Конкретное потому конкретно, что оно есть синтез многих определений, следовательно, единство многообразного. В мышлении оно поэтому выступает как процесс синтеза, как результат, а не как исходный пункт, хотя оно представляет собой действительно исходный пункт, и вследствие этого, – также исходный пункт созерцания и представления» [127, с. 727]. Называя этот метод правильным в научном отношении, Маркс указывает, что «метод восхождения от абстрактного к конкретному

есть лишь способ, при помощи которого мышление усваивает конкретное, воспроизводит его как духовно конкретное» [там же].

Как известно, Маркс говорит также и о другом пути – и положение о единстве этих двух путей познания является одной из особенностей *диалектического метода и теории познания* – о пути, по которому идет процесс образования абстрактных понятий «от конкретного, данного в представлении, ко все более и более тощим абстракциям, получаемым путем анализа [там же, с. 726].

В области моделирования процесс перехода от абстрактных моделей к моделям конкретным осуществляется в основном двумя путями: путем детализации и путем построения дополнительных моделей. Первый путь возможен и реализуется, когда на основе получения модели и, при необходимости – ее экспериментальной проверки в нее вносятся необходимые исправления, уточнения, новые детали, добавляются те моменты, от которых первоначально отвлекались. Так в истории физики происходил процесс конкретизации модели атома. Сначала модель неделимой частицы, затем структурная модель с учетом электронов Дж. Дж. Томсона, позже планетарная модель Э. Резерфорда, наконец, модель со стационарными орбитами Н. Бора, дополненная А. Зоммерфельдом.

Конкретизация другим путем достигается сочетанием, объединением или наложением («суперпозицией») разных, а иногда даже противоположных и, более того, исключаящих друг друга моделей.

В обоих случаях конкретизации модели должны выполняться все новые утверждения на основе новых научных фактов – присоединенные аксиомы и выведенные теоремы и формулы – конкретизированной теории.

Таким образом, построение модели является особого рода процессом абстрагирования, а сама она – результатом соответствующих абстракций. Особенностью мысленных моделей является то, что они способны быть **средством конкретизации**. «Мысленная модель, – пишет В.А. Штофф, – выступает в качестве важного средства движения познания на двуедином диалектическом пути познания от конкретной действительности к ее абстрактному отображению и от начальных, абстрактных, бедных образов к более конкретному, всестороннему, полному воспроизведению действительности в сознании» [257, с. 167] (курсив наш. – С.П.). Эта важная черта мысленного моделирования своеобразно выражает диалектический принцип *единства абстрактного и конкретного*.

Функция модели как средства **интерпретации** и научного объяснения является особенно важной в силу того, что существуют такие процессы познания, которые без моделей не могут быть осуществлены или для которых построение моделей является крайне необходимым.

*Интерпретация* (от лат. interpretatio) – истолкование, объяснение; в математической логике, философии и методологии науки интерпретация – приписывание значений (смыслов) элементам теории (выражениям, формулам, символам и т.д.) [110, с. 138].

В настоящее время выделяют два основных типа интерпретации, выражающих весьма разнородные и даже противоположно направленные процессы познания. *При построении формальных теорий*, в особенности в логике, математике, а отчасти – в математической физике под интерпретацией имеют в виду истолкование теории путем выявления ее объективного содержания, значения ее терминов, физического смысла математических выражений и т.п. *В экспериментальном исследовании*

при изучении *физических, химических и биологических явлений*, употребляя этот термин, имеют в виду объяснение их при помощи некоторой уже имеющейся теории или выдвигаемой гипотезы. В первом случае теория посредством интерпретации нащупывает свою предметную область, свой объект и движение направлено от теории к объекту, во втором – факты посредством интерпретации подводятся под объединяющую и объясняющую их теорию и движение идет от объекта (фактов) к теории [257, с. 169–170].

Но при всем различии и даже противоположности значений термина «интерпретация» в этих гносеологических ситуациях между ними имеется все же нечто общее. Этим общим является *модель*, которая, отражая принципы теории, является *промежуточным звеном* между теорией и действительностью. И хотя эти два направления, на первый взгляд, совершенно противоположны в использовании моделей в качестве интерпретации, но в реальном процессе познания они переплетаются, выступают в единстве, подобно тому, как в познании связаны между собой дедукция и индукция, абстрактное и конкретное. Более того, указанные два направления в применении моделей как интерпретаций являются сторонами дедуктивного и индуктивного методов. Сказанное позволяет утверждать, что *между эмпирическим и теоретическим уровнями знаний работает принцип прямой и обратной связи*.

Модели выступают не только в роли интерпретации теорий, но и в роли ***своеобразного объяснения действительности***. На это указывает Арре, который рассматривает построение моделей и аналогий как особый вид научного объяснения.

Одной из форм теоретического моделирования процессов или систем, не осуществимых в данный момент по техническим

или другим причинам, является *мысленный эксперимент* [236, с. 558], который рассматривают как своеобразный прием *теоретического мышления*, как форму мысленной (умственной) деятельности познающего субъекта. Основанием для этого служит тот факт, что структура мысленного эксперимента адекватна структуре эксперимента реального.

Указывая на аналогию между реальным и мысленным экспериментами, А.К. Бенджамин отмечает: «Мы не только можем создавать образы более или менее произвольно, мы их можем также видоизменять и затем выяснять, какие изменения могут вытекать в качестве результата тех или иных особенностей. Мы можем осуществлять воображаемый эксперимент, вводя превращения в образы и затем отмечая, какое дальнейшее содержание может получить образ с точки зрения этих изменений. Эта процедура во многом аналогична физическому эксперименту; образы поддаются манипуляции так же, как физические объекты» [262, с. 256].

Образы, о которых говорит Бенджамин, это не просто чувственные образы-представления, выделяемые психологами, и не отвлеченные понятия, которыми оперирует понятийное мышление, *это мысленные модели*. Построение мысленной модели является необходимой, но не единственной операцией, входящей в структуру мысленного эксперимента.

Реальный эксперимент начинается в своей практической стадии с построения определенной экспериментальной установки и подготовки объекта, а модельный эксперимент – с построения вещественной, материальной модели. Нечто подобное имеется и в мысленном эксперименте, когда *создается идеализированная модель*, с той лишь разницей, что это процесс, как и весь «эксперимент» в целом, есть процесс мысленный.

Включение мысленной операции построения идеализированной модели объекта, над которой затем производится вообразимое экспериментирование, не является просто данью поверхностной аналогии, а определяется тем обстоятельством, что такая модель должна замещать объект, отражая его особенности, существенные для экспериментирования. Поэтому важно всегда отдавать себе отчет, по каким правилам построена модель, в какой форме в ней реализуется отражение, какие стороны объекта в ней отражены.

Для того чтобы мысленное экспериментирование имело какой-то познавательный смысл и объективное значение, его объект должен быть построен так, чтобы все его основные характеристики, свойства, особенности находились в соответствии с наблюдениями, экспериментальными данными о подобном объекте, а *методы идеализации и другие приемы построения модели – в соответствии с принципами материалистической философии и известными законами частных наук.*

В ходе построения модели, с которой будут «экспериментировать», несмотря на упрощения, идеализацию и другие преобразования, она действительно будет замещать подлинный объект, репрезентировать мысленно и именно его.

Как только модель вовлекается в сферу мыслительной деятельности в качестве *ее средства или орудия*, эта деятельность приобретает характер или форму умственного эксперимента. Из всех признаков мысленного эксперимента *самым существенным является модель: построение ее, изучение, изменение и другие мысленные операции над нею.*

В число основных ***операций***, составляющих мысленный эксперимент, должны быть включены следующие: 1) *построение* по определенным правилам мысленной модели (идеализированного «квазиобъекта») подлинного объекта изучения;

2) *построение* по таким же правилам *идеализированных условий*, воздействующих на модель, включая создание идеализированных «приборов», «инструментов»; 3) *сознательное и планомерное изменение* и относительно свободное и произвольное комбинирование условий и их воздействия на модель; 4) *сознательное и точное применение* на всех стадиях мысленного эксперимента объективных законов и использование фактов, установленных в науке, благодаря чему исключаются абсолютный произвол, необузданная и необоснованная фантазия. В этих пунктах *имплицитно* содержатся такие особенности мысленного эксперимента, как *идеализация, наглядность* в соединении с требованиями теории, наличие *творческого воображения* и научной фантазии. Эти моменты входят в определение постольку, поскольку *использование мысленной модели и мысленные операции с ней выступают как основной и существенный признак мысленного эксперимента. Модель, следовательно, позволяет использовать эксперимент как метод познания на теоретическом уровне и с помощью его выявить сущностные связи*, однако при этом необходимо выполнять определенные логические требования и следовать общеметодологическим принципам материализма и диалектики. Несмотря на сходство между реальным и умственным экспериментом, между ними имеется и различие: реальный эксперимент представляет собой *форму объективной материальной связи сознания с внешним миром, тогда как умственный эксперимент является специфической формой теоретической деятельности субъекта* [257, с. 212–213].

Ценность мысленного эксперимента заключается не столько в том, что он служит иллюстрацией физических принципов, делая их наглядными, и не в том, что он предваряет реальный эксперимент, а в том, что, будучи проявлением *творческой*

активности мышления, позволяет исследовать ситуации, не осуществимые практически, хотя и возможные с научной, материалистической точки зрения. Это обстоятельство отметил еще М. Планк: «В мысленном эксперименте дух исследования поднимается над миром действительных средств измерения, помогающих ему создавать гипотезы и формулировать вопросы, исследование (Prüfung) которых посредством различных экспериментов открывает взору новые закономерные связи, а также такие связи, которые недоступны прямому измерению» [265, с. 267].

Познавательное значение мысленного эксперимента аналогично значению мысленных моделей. Более того, оно в значительной степени совпадает с последним в силу того обстоятельства, что модель включена в мысленный эксперимент в качестве его воображаемого объекта. Этим, в частности, и определяется отмеченная способность умственного эксперимента выполнять роль *иллюстрации* к тем или иным *абстрактно-теоретическим положениям*. Однако модель как элемент мысленного эксперимента привносит с собой и другие познавательные функции. Она является ***средством закрепления*** тех ***идеализаций и упрощений***, которые столь характерны для него. Вполне естественно, что абстракция потенциальной осуществимости в мысленном эксперименте характерна не только для объекта-модели, но и для средств воздействия на эту модель, а также воображаемых измерительных или регистрируемых инструментов [257, с. 218–219].

Структура мысленного эксперимента значительно упрощается, и во многих случаях она мало чем отличается от модели. *В пределе понятие мысленного эксперимента и понятие мысленной модели (мысленного моделирования) совпадают.* А это значит, что все отмеченные выше познавательные функции

мысленных моделей так же, как и свойственная им наглядность, выполняются в конечном счете и мысленным экспериментом.

М. Планк, касаясь преимуществ и познавательных возможностей мысленного эксперимента, отмечал: «Мысленный эксперимент не связан с пределами точности (Genauigkeitgrenze), ибо мысли тоньше (feiner) атомов и электронов, кроме того, при этом нет опасности причинного воздействия измерительного инструмента на измеряемый процесс» [265, с. 267].

В вопросе о *наглядности* моделей как существенном их свойстве или функции нет единого мнения ни у философов и логиков, ни у физиков. Одни авторы отрицают наглядность как общий и обязательный признак или свойство всех моделей [86], другие допускают, что модель может «сопровождаться элементами наглядности» [250], третьи считают, что существуют наглядные и не наглядные модели [140; 240]. Вместе с тем существует мнение, что «наглядность» и «модельность» – это одно и то же понятие. Так, например, Н. Бор считает, что наглядность не следует отделять от возможности модельного восприятия действительности. Для него наглядное и модельное толкование совпадают [28, с. 108, 146]. А немецкий физик Г. Гебер полагает даже, что в будущем у человека разовьются способности наглядного представления микромира и откроется возможность построить наглядные модели атомных объектов [263, с. 30].

Истоки таких разногласий по данному вопросу В.А. Штофф усматривает в следующем:

– в неоднозначном толковании терминов «наглядность» и «модель»;

- в разном подходе к решению вопроса о наглядности как свойстве отражения: в отказе от теории отражения, что влечет за собой и отказ от наглядности;
- в гносеологических трудностях, связанных как со старой проблемой соотношения общего и единичного в действительности, логического и чувственного в познании; неумения ее диалектически решить, так и с новой проблемой, связанной с природой «наглядности» единичного микрообъекта и его поведения, с чем столкнулась новая физика.

По мнению данного автора, «проблема наглядности – это проблема о соотношении концептуального мышления, формирующего теории, которые отражают существенные связи, и чувственных образов, в форме которых выступает первоначальная информация о многообразии явлений объективного мира» [257, с. 278–279]. И такой формой связи мышления с чувственностью, не наглядных элементов знания с наглядными, соответствующей требованиям и потребностям науки, является *построение моделей*. И хотя эта функция не является ни единственной, ни главной, ни даже свойственной всем моделям, она существует, облегчая понимание формальных теорий, и **является особенно важной в процессе преподавания и обучения** [там же, с. 280]. Ее назначение – сделать любой предмет познания по возможности более наглядным.

Наглядность **вещественной модели** состоит не просто в ее доступности органам чувств, а в том, что все практические, экспериментальные действия над ней, включающие измерения, и визуальные или иные наблюдения тесно связаны с наличным *теоретическим знанием ее внутреннего строения*, принципа действия, ее закономерностей, ее сущности. Поэтому *вещественная модель облегчает наглядное познание сущности*

*более глубокой, более отдаленной и не наглядной.* Такая модель дает возможность «онагляживания» объектов, отличающихся не наглядностью первого и второго рода, и это возможно потому, что процесс построения и изучения модели с самого начала представлял собой тесное единство и органическое взаимопроникновение конкретно-чувственных и абстрактно-логических, практических и теоретических моментов [там же, с. 282].

Таким образом, *построение моделей отражает диалектическую структуру мира, которая выступает как единство сущности и явления.* При этом происходит «сопряжение» эмпирических и теоретических методов исследования объектов материального мира, что обеспечивает более глубокий уровень их познания.

Средствами построения **идеальных или мысленных моделей** являются *представления*, возникающие на основе *памяти* как воспроизведение прошлых восприятий, прошлого опыта и формирующиеся в процессе *воображения*, которое творчески и относительно свободно оперирует образами, комбинирует их и т.д. Уже обычные представления, с гносеологической точки зрения, есть не только наглядность, но и форма обобщения и отвлечения. По выражению С.Л. Рубинштейна, «представления являются ступенькой или даже целым рядом ступенек, ведущих от единичного образа восприятия к понятию и обобщенному представлению, которым оперирует мышление [181, с. 261–262].

Если *память* только *воспроизводит прошлый опыт*, то есть выдает информацию, которая хранится в ней, то *для воображения характерно ее преобразование*, обуславливающее дальнейшее развитие активной, преобразующей деятельности человеческого сознания. Разделение между продуктами памяти и воображения является условным в силу того, что образы,

извлекаемые из памяти, несут в себе следы определенной переработки ранее полученной информации; и это выражается в различной степени ее обобщенности.

Особенностью *мысленных научных моделей, применяемых в физике, химии, биологии и других науках*, является то, что они порождаются не столько памятью, сколько *воображением*.

Классификация мысленных (идеальных) моделей на *образные, знаковые и промежуточные* (переходные) между первыми и вторыми, в основном совпадает с результатами психологического анализа форм представлений воображения и классификацией образов, возникающей на этой основе. «Образы, которыми оперирует воображение, могут быть различны; это могут быть образы единичные, вещные, обремененные множеством частных деталей, и образы типизированные, *обобщенные схемы*, символы. Возможна целая иерархия, или ступенчатая система, наглядных образов, отличающихся друг от друга различным в каждом из них *соотношением единичного и общего*; в соответствии с этим существуют многообразные виды воображения – более конкретного и более абстрактного. Различие конкретного и абстрактного воображения является различием тех образов, которыми оперирует воображение. *Абстрактное воображение пользуется образами высокой степени обобщенности, генерализованными образами-схемами, символами (в математике)*. Абстрактное и конкретное не является при этом *внешней* полярностью; между ними существует множество *взаимопереходов*» [18, с. 300]. В обрисованную С.Л. Рубинштейном иерархию образов, расположенных между конкретными, вещественными, детализированными, с одной стороны, и абстрактными, схематизированными, символическими – с другой, прекрасно вписываются *образные и знаковые, а также промежуточные модели*.

Итак, *образная модель* – это результат очень сложной переработки прошлых впечатлений, обобщения и отвлечения, осуществляемого на базе представлений, комбинации в едином образе различных сторон, свойств, черт, принадлежащих разным явлениям, с обязательным соблюдением теоретических требований и условий логического, математического и специфического характера. Отвлекаясь от теоретического момента, который является выражением мыслительной деятельности, участвующей в формировании модельного представления, мы видим, что наглядность последнего связана с деятельностью воображения, оперирующего конкретными, в большей или меньшей степени детализированными образами. Таковы, например, модели молекул, атомов, которыми пользовались физики, химики и биологи как в прошлом, так и настоящем.

*Знаковая модель* также способна в *наглядной форме отображать объективную действительность*. При ее формировании обнаруживаются еще большие результаты схематизации, освобождающие модель от незначительных деталей. Поэтому оставшийся скелет является концентрированным выражением и отображением не только и не столько со стороны явления, сколько со стороны сущности. Примерами таких знаковых моделей служат стереохимические модели молекул, где обнаруживаются существенные отношения (связи) между атомами как с качественной, так и с количественной стороны.

Наглядное созерцание сущностных связей и отношений в модели (особенно в знаковой), отображающих внутреннюю структуру объекта, возможно лишь при непрерывном участии *мыслительной деятельности*, протекающей посредством языка,

в форме речи, устной или письменной. Без соблюдения этого условия любая модель, в особенности знаковая, превращается в набор ничего не говорящих отрывочных и случайных впечатлений.

Таким образом, *наглядность мысленных моделей является важнейшей специфической функцией. Она проистекает из их чувственной формы, которая в психологическом плане является продуктом творческого воображения.* Многообразие моделей в научном творчестве вполне отвечает многообразие образов-представлений, порождаемых воображением, которое помогает познанию мира, создавая гипотезы, модельные представления, идеи экспериментов. Связанное с потребностями общества воображение представляет собой «качество величайшей ценности». Вместе с тем, следует помнить, что на модельные представления при их формировании, в отличие от других представлений воображения, накладывается ряд ограничений, вытекающих из философских, методологических, математических или каких-либо специальных (физических, химических, биологических и т.п.) принципов, которым модели обязательно должны удовлетворять.

Гносеологическое значение наглядности *вещественных и мысленных моделей* вытекает из *общих принципов диалектического материализма.* Первый принцип постулирует, что *всякое познание начинается с практики, исходит из чувственных, эмпирических данных.* Это положение о внешнем, проходящем через каналы чувственности источнике нашего знания составляет квинтэссенцию материализма в этом вопросе. *Второй принцип – принцип диалектики – состоит в указании на единство противоположных сторон, тенденций в процессе*

познания, выступающих как единство общего и единичного, сущности и явления (онтологически) и чувственных и логических форм отражения (гносеологически). Уже из этих принципов следует, что никакое знание не может проистекать, в конечном счете, иначе, как из чувственности.

Значение наглядных моделей состоит не столько в том, что они являются отправным пунктом познания, сколько в том, что *в реальном процессе мышления понятия и суждения не фигурируют в абсолютно чистом виде, в полной отрешенности от чувственности, связывающей так или иначе человеческое мышление с внешним миром.* Они всегда функционируют в единстве с наглядными моментами представлений, не говоря уже о словесной форме, которая также связана с чувственностью, хотя и в другой функции. Но обычные представления случайны, индивидуальны, фрагментарны, неустойчивы. Модельное же представление является не просто наглядным образом, выступающим в качестве сенсорной опоры понятий или теоретических высказываний (мышления). В модели чувственно-наглядная сторона, *во-первых*, тесно связана с теоретической, мысленной стороной; *во-вторых*, фиксирована, более или менее однозначно закреплена принципами (правилами) и условиями построения; *в-третьих*, выступает как более *точный носитель смыслового содержания тех теоретических терминов, которыми пользуется теоретическое мышление*, и выполняет семантические функции более строго и объективно в сравнении с образом представления. Рассмотрение С.Л. Рубинштейном наглядного образа как носителя смыслового содержания, выполняющего семантическую функцию обозначения

предмета и отражения предметных отношений [182, с. 61], по мнению В.А. Штоффа, может быть конкретизировано в соответствующем анализе роли наглядных моделей.

Анализ наглядности научных моделей позволяет преодолеть широко распространенный в гносеологической литературе предрассудок: будто чувственному познанию доступны только явления, а не сущность, только единичное, а не общее, только внешняя форма, а не внутреннее содержание и внутренняя форма (структура) и т.д. [257, с. 289–290].

Итак, взятие на вооружение *диалектического материализма* как всеобщей методологии, которая проявляется как *принцип единства диалектики, логики и теории познания*, позволило нам проследить эволюцию познания во всех его формах, раскрыть своеобразие диалектического единства общего и единичного, сущности и явления, определяющее единство чувственного и логического, и определить конкретные формы этого единства.

В теоретическом мышлении объект выступает главным образом со стороны сущности (общего), в чувственном образе – со стороны явления (единичного). Объединение этих форм познания (отражения) происходит в модельном представлении, где *«объект отображается как единство чувственного, наглядного и логического, не наглядного, как единство конкретного, представляемого и абстрактного, отвлеченного, как единство данного (единичного, случайного) и необходимого, закономерного»*.

Благодаря этой диалектике *модель является подлинным промежуточным звеном, соединяющим в научном познании*

*пары полюсов: чувственное и логическое, конкретное и абстрактное, наглядное и не наглядное» [там же, с. 290] (курсив наш. – С.П.). В виду того, что в модели объединены диалектические противоположные формы познания в единое целое, ее следует рассматривать как качественно новую, специфическую форму и средство познания объективной реальности, позволяющие быстрее и глубже проникнуть в сущность изучаемых явлений в науке и изучения их в предметах естественнонаучного цикла.*

Диалектика познания состоит в том, что, хотя сущность явлений, воспринимаемых чувственно, и дана субъекту, но дана не непосредственно, а опосредованно, не прямо, не очевидно, а косвенно, так сказать, скрыто. «Ее еще нужно вычлениить, выделить, сделать явной, эксплицировать. И в этом заключается деятельность мышления, которое успешно выполняет эту задачу, создавая научные абстракции, понятия, связывая эти понятия в суждения и совокупности суждений. Выполняя эту задачу, мышление как бы отрывается от чувственности, теряет связь со своим источником, соединяющим его с внешним миром, перестает быть наглядным. На этой ступени познание приходит к другой противоположности, к постижению сущности, общего, необходимого и т.д. в совокупности абстрактных не наглядных образов» [там же, с. 291], (курсив наш. – С.П.). Вместе с тем, действительность есть единство общего и единичного, сущности и явления, закона и данной конкретной формы существования и обнаружения этого закона. Отражение этого единства в познании – между наглядным восприятием и представлением явлений и не наглядным отображением их сущностей

в понятиях и суждениях (теориях) возможно в рамках **мысленной модели**. «Только при помощи модели можно сделать сущность наглядной, но не в том смысле, чтобы ее непосредственно узреть, увидеть, ощутить, а в том, чтобы построить чувственный образ (представление, с психической точки зрения) явления или совокупности явлений (фрагмента действительности), причем так, чтобы выполнялись следующие условия: 1) в рамках чувственности должны быть осуществлены определенные упрощения и применены соответствующие приемы абстрагирования; 2) в случае построения синтетического образа и использования в нем гипотетических элементов и связей все операции и допущения должны быть научно (то есть теоретически или экспериментально) обоснованы... В таком мысленно преобразованном явлении, которое выступает уже в качестве модели, сущность как бы «просвечивается», и в этом смысле мы можем говорить, что *при помощи модели можно приблизиться к наглядному постижению сущности*» [там же, с. 291–292] (курсив наш. – С.П.).

Моделирование как деятельность по построению моделей для указанных выше целей имеет не только внешнее содержание, но и внутреннюю психическую сущность. «Моделирование, – пишет Л.М. Фридман, – органично включено в такие психические процессы, как восприятие, память, мышление, воображение. Мы запоминаем, мыслим, воображаем не только образы ранее воспринятых органами чувств объектов, но и модели (зачастую весьма обобщенные и абстрактные) этих реальных или воображаемых объектов» [238, с. 91].

Согласно современным представлениям в процессе филогенеза человека его мышление прошло путь развития от наглядно-действенного до понятийного. Промежуточным этапом на этом пути явилось *наглядно-образное мышление*. Последовательность прохождения данных этапов мышления характерна и для онтогенеза человека. Знание данной закономерности является исключительно важным при изучении предметов естественнонаучного цикла. Однако практика свидетельствует, что не только в школе, но и в вузе знания большинства учащихся и студентов не достигают теоретического уровня, в основе которого лежит понятийное мышление. Наибольшие затруднения в развитии мышления школьников возникают на этапе трансформации наглядно-образного мышления в понятийное.

В разрешении этой проблемы большое значение имеют результаты исследований в области физиологии мышления, полученные в лаборатории, руководимой Г.А. Твердохлебовым. Опираясь на принципы рефлекторной теории И.П. Павлова и собственные экспериментальные результаты, он доказал наличие у человека обобщенно-образного вида мышления, которое является связующим звеном между наглядно-образным и понятийным видами мышления. Итак, четыре качественных уровня развития индивидуальной формы деятельности организма определяются четырьмя видами мышления, которые формируются четырьмя видами условных рефлексов [206]. Эти данные согласуются с концепцией Ж. Пиаже, декларирующей существование четырех уровней (этапов) развития мышления в онтогенезе детей [153, с. 179].

Приступая к формированию того или иного понятия, – отмечает один из ведущих специалистов по методике физики и по теории формирования понятий А.В. Усова, – учитель должен решить вопрос о правильном сочетании наглядно-образного, словесно-теоретического (понятийного) и практически-действенного компонентов мышления в работе учащихся по овладению понятием. При этом должна быть тщательно продумана система самостоятельной работы учащихся по овладению понятием. Такой подход, по мнению данного автора, обеспечивает высокий уровень усвоения понятий [232].

Сама цель формирования обобщенно-образного мышления предопределяет и необходимые средства, одним из которых является *метод моделирования*. Он апробирован во всех областях науки и зарекомендовал себя как исключительно плодотворный. Важную роль данный метод играет и в образовательной области естествознания.

Об огромной значимости моделей в формировании наглядных обобщенных образов свидетельствует высказывание Л.М. Фридмана: «...когда же мы воспринимаем модель, созданную нами или не нами, но нами понятую, усвоенную, то у нас возникает *наглядный обобщенный образ* существенных свойств моделируемого объекта, отраженный в модели. Все остальные свойства, несущественные в данном случае, в модели отсутствуют, они были отброшены при моделировании» [238, с. 92].

Проблема формирования обобщенно-образного мышления, которое в действительности отсутствует как у большинства школьников, так и студентов, является весьма актуальной и требует незамедлительного решения. Это подтверждает многолетний опыт работы автора со школьниками, студентами и учителями. Даже студенты пятого курса в большинстве своем не имеют

должных теоретических знаний, практических навыков и умений по составлению обобщенных моделей (схем).

Подтверждением правильности выбора стратегии в решении данной проблемы могут служить результаты исследования В.В. Давыдова и В.П. Зинченко. Анализируя онтогенез познания в предметной деятельности, они отмечают, что, «приступая к овладению каким-либо учебным предметом, школьники под руководством и с помощью учителя анализируют учебный материал, выделяют в нем некоторое общее отношение, обнаруживая вместе с тем, что оно проявляется и во многих других отношениях. Фиксация детьми в какой-либо знаковой форме общего исходного отношения дает им *содержательную абстракцию* изучаемого предмета. Продолжая анализ учебного материала, школьники раскрывают закономерную связь выделенного исходного отношения с его различными проявлениями и тем самым строят содержательное обобщение изучаемого предмета. Затем они используют содержательную абстракцию и обобщение для *выведения* (опять с помощью учителя) других, более частных абстракций и для объединения их в целостном (конкретном) учебном предмете» [72, с. 3].

Для решения вышеобозначенной проблемы автором данного исследования разработаны образно-знаковые модели высокого уровня обобщенности, которые выполняли методологическую функцию при изучении предметов естественнонаучного цикла в целом и курса биологии в частности. Использование данных моделей в учебном процессе показало, что учащиеся и студенты усваивают их, после чего модели становятся своеобразными методологиями изучения конкретного материала,

и это способствует формированию у обучающихся обобщенно-образного мышления, которое является важнейшим звеном на пути к понятийному виду мышления.

Таким образом, осмысление сущности понятий модели и методов моделирования позволяет выявить *методологические функции моделей и их отношение к теоретическому уровню знания*. В нашем исследовании овладение учащимися методом моделирования не только обогащало их методологический аппарат, но и вооружало научным методом познания и современным учебным средством для многих дидактических целей. Усвоение школьниками метода моделирования как общенаучной методологии познания явлений и объектов не живой и живой природы, изучаемых в курсах физики, химии и биологии способствовало более глубокому пониманию сущности важнейшего атрибута материи – отражения и формированию диалектического стиля мышления.

Приведенный выше анализ литературных источников свидетельствует, что моделирование является одним из фундаментальных общенаучных методов познания как в научной области, так и в образовательной. Это обусловлено тем, что модели и моделирование выполняют разнообразные онтологические и гносеологические функции при изучении сущности объектов и явлений природы. Для наглядности и обобщения этих функций автором работы сконструирована обобщенная модель (рис. 2). Данная модель должна быть постоянно в поле методического зрения как преподавателей, так и обучающихся и выполнять методологическую функцию при изучении конкретных объектов и явлений бытия.

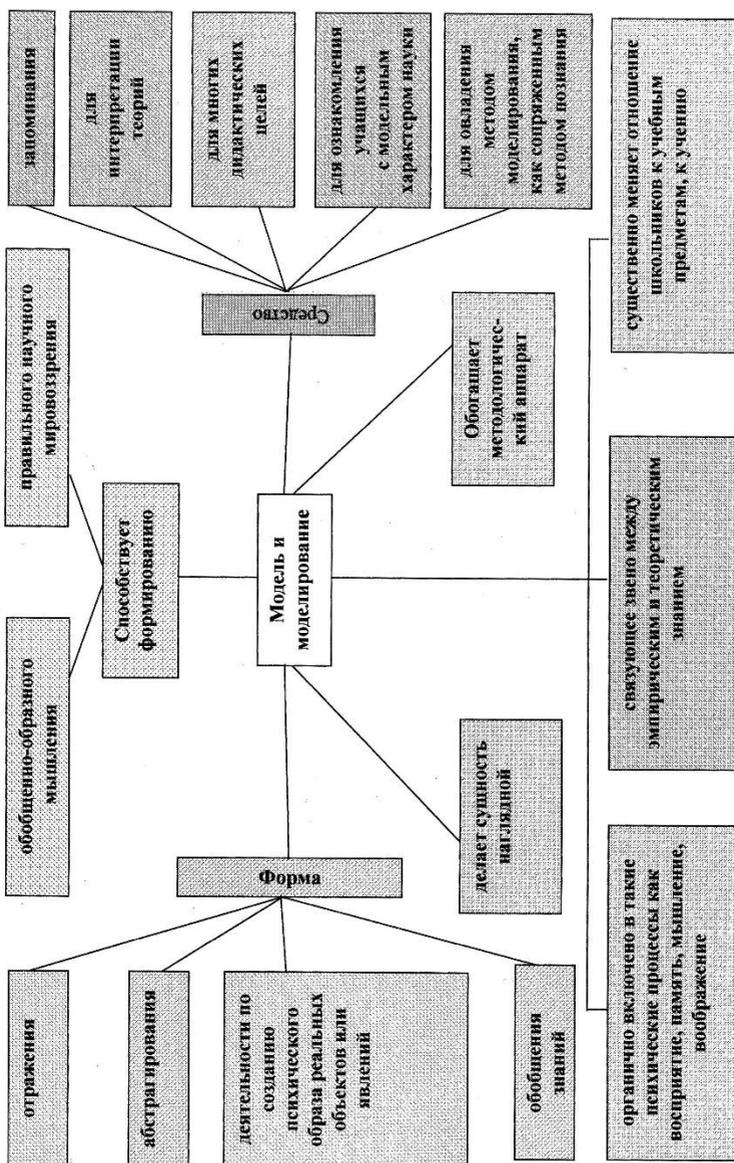


Рис.2. Гносеологическая функция моделей и моделирования

## 1.4. РОЛЬ ОБРАЗНО-ЗНАКОВЫХ МОДЕЛЕЙ В ФОРМИРОВАНИИ УСТОЙЧИВОЙ МОТИВАЦИИ К УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

### ***1.4.1. Инициация положительных эмоций и чувств посредством обобщенно-образных и наглядно-образных моделей в школьном курсе биологии***

Эмоция как процесс есть деятельность оценивания поступающей в мозг информации о внешнем и внутреннем мире. Эмоция оценивает действительность и доводит свою оценку до сведения организма на языке переживаний. Восприятие информации обобщенно-образной модели начинается с фиксации внимания на выразительности формы, т.е. наглядно-образной стороне организации модели. Так как эмоции плохо поддаются волевой регулировке, то те спонтанные позитивные эмоции, которые сопровождают красочную наглядную модель (схему), являются своеобразной установкой, обеспечивающей прием информации. Даже если у учащегося в предшествующие периоды обучения сформировалась стойкая отрицательная реакция к предмету, он непроизвольно приобретает интерес, а затем и стремление к изучению данной дисциплины, науки. Эмоции трудно вызвать по своему желанию. Вызванные обобщенно-образной моделью положительные эмоции создают ситуацию удовольствия, располагая индивида к приобретению соответствующего позитивного отношения к предмету.

Эмоциональный процесс включает три основных компонента. Первый – это эмоциональное возбуждение, определяющее мобилизационные сдвиги в организме. В нашем случае

при восприятии обобщенно-образной модели это то эмоциональное впечатление (восторг, восхищение и т.п.), которое остается у учащихся в результате работы с наглядной системой знаний (моделью). Во всех случаях, когда происходит событие, имеющее значение для индивида, в такое событие констатируется в форме эмоционального процесса, происходит нарастание возбудимости, скорости и интенсивности протекания психических, моторных в вегетативных процессов. В результате нарастает эмоциональное напряжение, и учащийся на основании уже имеющихся у него знаний и той новой информации, которую он получил, начинает делать выводы и умозаключения. Причем часто добытые в результате мыслительной деятельности знания приобретаются в виде инсайта, который является одним из средств эмоциональной разрядки.

Второй компонент эмоционального процесса – это знак эмоции: положительная эмоция возникает тогда, когда событие оценивается как позитивное, отрицательная – когда оно оценивается как негативное. Положительная эмоция побуждает действия поддержки позитивного события, отрицательная – побуждает действия, направленные на устранение контакта с негативным событием. Так как наглядно-образная модель запрограммированно вызывает приятные положительные эмоции, то учащийся приобретает сначала желание продолжить процесс познания новой области научного знания. А затем в процессе деятельности и при возникновении инсайтов познавательное стремление начинает актуализироваться и укореняется в личности.

Третий компонент – степень контроля эмоций. Следует различать два состояния сильного эмоционального возбуждения: аффекты (страх, гнев, радость), при которых еще сохраняется ориентация и контроль, и крайние возбуждения (паника, ужас, бешенство, экстаз, полное отчаяние), когда ориентация и контроль практически невозможны.

Форма эмоционального процесса зависит от особенностей вызвавшего её сигнального раздражителя. Специфически адресованными будут все сигналы, связанные с определенными потребностями, например, пищевой, сексуальной, дыхания и т.п. В случае слишком сильных воздействий раздражителей возникает боль, отвращение, пресыщение. Значительную роль при изучении теоретического знания с помощью обобщенно-образных моделей играет феномен предвосхищения. Благодаря этому феномену (который возникает в результате приобретения систематизированных знаний через наглядные образы), учащиеся начинают «жить учением», и в связи с этим они достигают качественно нового восприятия закономерностей и причинно-следственных связей различных процессов и явлений.

Главный механизм внутренней регуляции психической деятельности и поведения, направленный на удовлетворение актуальных потребностей – это эмоции. Под влиянием эмоций течение всех познавательных процессов может изменяться. Эмоции могут избирательно способствовать одним познавательным процессам и тормозить другие. Человек, находящийся в эмоционально нейтральном состоянии, реагирует на предметы в зависимости от их значимости, при этом, чем важнее для него тот или другой фактор (предмет, его свойство), тем лучше он воспринимается. По мнению С.Л. Рубинштейна, «... психические процессы, взятые в их конкретной целостности, – это процессы не только познавательные, но и «аффективные», эмоционально-волевые. Они выражают не только знание о явлениях, но и их отношение к ним; в них отражаются и сами явления, и их значение для отражающего субъекта, для его жизни и деятельности» [181, с. 36–37].

Применяя в процессе обучения наглядные обобщенно-образные модели, мы имеем возможность создать у учащихся положительную чувственно-эмоциональную установку на приобретение знаний. Обобщенно-образная модель, несущая информацию о различных объектах, явлениях и процессах окружающей действительности с помощью изобразительно-выразительных средств наглядности (цвета, оттенков, шрифтов, геометрической формы др.) не только «приковывает» внимание учащихся к объясняемому материалу, но и формирует потребность в получении знаний и интеллектуальном росте. Как правило, деятельность, сопровождаемая положительными эмоциями, закрепляется в памяти, в соответствии с ней у учащегося на сознательном или бессознательном уровнях образуются целевые ориентации, стремления и желания.

Эмоции умеренной и высокой степени интенсивности вызывают уже отчетливые изменения в познавательных процессах, в частности, у человека появляется сильная тенденция к восприятию, припоминанию и т.д. только того, что соответствует доминирующей эмоции. При этом содержание воспринимаемого, мнемического мыслительного материала усиливает и упрочивает эмоцию, что в свою очередь еще больше укрепляет тенденцию к сосредоточению на содержании, вызвавшем эту эмоцию. Поэтому, как правило, безуспешными оказываются попытки повлиять на сильные эмоции при помощи уговоров, объяснений и других способов рационального воздействия.

Влияние информативных образов наглядных моделей обеспечивает необходимую эмоциональную направленность, формируя новый эмоциональный очаг достаточно сильный, чтобы доминировать и мотивировать дальнейшую деятельность. Одним из главных факторов, определяющих, будет ли

данный человек более или менее подвержен влиянию эмоций на его познавательные процессы, является степень упроченности этих процессов. Поэтому ребенок более подвержен влиянию эмоций, чем, как правило, взрослый. Эмоциональное возбуждение улучшает выполнение более легких заданий и затрудняет – более трудных. Но при этом положительные эмоции, связанные с достижением успеха, обычно способствуют повышению уровня выполнения деятельности, учения.

Регуляция действий может происходить в двух принципиально различных формах: в форме непосредственной реакции и в форме целенаправленной активности. Так учащийся взаимодействующий с обобщенно-образной моделью при первоначальном знакомстве с её содержанием и оформленностью испытывает какую-либо положительную эмоцию (или их сочетание). А затем по мере экстерииоризации знаний и ряда эмоциональных ощущений появляется целенаправленная активность по освоению учебного материала изучаемого курса и смежных областей науки.

Более элементарные формы доведения человека – реактивные – являются эмоциональными процессами, более сложные – целенаправленные – осуществляются благодаря мотивации. Следовательно, мотивационный процесс можно рассматривать как особую форму эмоционального. Таким образом, мотивация – это эмоция плюс направленность действия. Эмоциональное доведение является экспрессивным, а не ориентированным на цель, и поэтому его направление меняется вместе с изменением ситуации. Между этими двумя формами поведения располагаются действия, целью которых является **разрядка эмоций**. Поведение человека в большинстве случаев содержит

как эмоциональные, так и мотивационные компоненты, поэтому на практике их не легко отделить друг от друга.

Обобщенно-образные модели обладают мощным образовательным **потенциалом**, а потому являются важным воспитывающим средством. Воспитание через эмоциональное воздействие – очень тонкий процесс. Основная задача заключается не в том, чтобы подавлять и искоренять эмоции, а в том, чтобы надлежащим образом их направлять. Подлинные чувства – переживания – плод жизни. Они не поддаются произвольному формированию, а возникают, живут и умирают в зависимости от изменяющихся в процессе деятельности человека его отношений к окружающему. Нельзя произвольно по заказу вызвать у себя то или иное чувство: чувство можно косвенно направлять и регулировать через посредство деятельности, в которой они и проявляются и формируются. Рассматривая проблему о взаимодействии эмоции и образа жизни, С.Л. Рубинштейн констатирует: «Труд, основа человеческого существования, становится важнейшим источником человеческих чувств» [181, с. 556]. Чувства – это эмоциональные процессы более высокого уровня, выражающие относительно устойчивые отношения человека к предметам, людям и явлениям действительности. В отличие от ситуативных эмоций, чувства оценивают явления, имеющие стабильное значение для человека. «Высшие чувства человека – это определяемые идеальными – интеллектуальными, этическими, эстетическими – мотивами процессы» [181, с. 557]. По мере приобретения знаний через обобщенно-образные модели в той или иной области учебной дисциплины или научного знания в результате обобщения эмоционального опыта **формируются чувства**. Приобретенные позитивные чувства к процессу учения является основанием для дальнейшей успешности индивида в **профессиональной деятельности**.

### **1.4.2 . Обобщенно-образные модели как средство формирования устойчивой мотивации к учебной деятельности**

Учебная деятельность занимает практически все годы становления личности, начиная с детского сада и кончая обучением в средних и высших профессиональных учебных заведениях. Получение образования является неременным требованием к любой личности, поэтому проблема мотивации обучения является одной из центральных в педагогике и педагогической психологии. Отсюда и обилие работ в этом направлении Л.И. Божович [26]; В.В. Бойко [27]; Л.С. Славина [188]; М.В. Матюхиной [130]; В.Э. Мильман [135]; А.К. Марковой [125]; Й. Лингарт [121]; Э. Стоунса [195] и др. которые, впрочем, также несут на себе отпечаток недостатков во взглядах на мотивацию существующих в психологии.

Под мотивом учебной деятельности понимаются все факторы, обуславливающие проявление учебной активности: потребности и интересы, влечения и эмоции, установки и идеалы чувство долга, чувство долга и т.п. [151]. Г. Розенфельд (1973), например, выделил следующие контент-категории (факторы) мотивации учения:

1. Обучение ради обучения, без удовольствия от деятельности или без интереса к преподаваемому предмету.
2. Обучение без личных интересов и выгод.
3. Обучение для социальной идентификации.
4. Обучение ради успеха или из-за боязни неудач.
5. Обучение по принуждению или под давлением.
6. Обучение, основанное на понятиях и моральных обязательствах или на общепринятых нормах.

7. Обучение для достижения цели в обыденной жизни.

8. Обучение, основанное на социальных целях, требованиях и ценностях.

Обучаемые наиболее высоко оценивают такие мотивы, как «хочу иметь знания, чтобы быть полезным обществу», «хочу быть культурным и развитым», «нравится узнавать новое», «хочу продолжить образование», «хочу подготовиться к избранной профессии», «хочу радостно преодолевать трудности», престижные мотивы («привык быть в числе лучших», «не хочу быть худшим», «приятно получать одобрение», «привык все делать хорошо») получали меньшие оценки, но самые низкие оценки давались мотиву «стараюсь избегать неприятностей». В то же время первая группа мотивов скорее была «знаемой», чем реально действующей, побуждающей к учению. В качестве таковых в реальности оказались престижные мотивы.

Однако простое перечисление таких факторов очерчивает лишь область обсуждения вопроса, выявляет ведущие мотиваторы учения, но не раскрывает целостную структуру мотива учения, причинно-следственные зависимости между его компонентами. Поэтому требуется не столько классификация «мотивов» (конкретных причин осуществления субъектами учебной деятельности), сколько соотнесение их с блоками мотива и стадиями мотивационного процесса, учитывающее возраст и пол учащихся, ситуацию в семье, социальное происхождение в другие моменты. К сожалению, таких исследований в психологии почти нет.

Попытку подойти к мотивации учения с позиции сочетания у одного и того же учащегося различных мотивационных факторов предпринял финский психолог К. Вепсяляйнен (1987),

взяв за основу контент-категории Г. Розенфельда. Им выделены своеобразные «мотивационные типы»:

- 1) первый тип характеризуется хорошей успеваемостью, сочетанием чувства долга и ответственности с зависимостью от авторитетов;
- 2) второй – принятием образования как значимого фактора (необходимость посещения школы), отсутствием специальных интересов и низкой мотивацией к достижениям в школе;
- 3) третий – зависимостью от авторитетов, отсутствием чувства долга и ответственности;
- 4) четвертый – стремлением к достижениям в школе, чувством долга в ответственности и отсутствием боязни неудачи;
- 5) пятый – сочетанием стремления к успеху и боязни неудачи с чувством долга и ответственности и т.д.

Однако им были обследованы только учащиеся 7-х и 9-х классов, что не позволило выявить возрастную динамику этих типов учащихся [89].

У любого педагога нередко возникает проблема формирования у школьников положительной мотивации учения вообще и, в частности, к своему предмету. Для её решения используют различные приемы: активизация познавательной деятельности с помощью привлечения интересной и занимательной информации, проведения различного рода игр, активных форм обучения («мозгового штурма», например), замена реальной оценки действий учащихся несколько завышенной и т.д. Однако при этом обнаруживается несоответствие между высокой активностью в энергических затратах учителя, с одной стороны, кратковременностью и неустойчивостью мотивации у учащихся – с другой. Найти причину низкой эффективности несложно.

Дело в том, что основные усилия педагога, как правило, направлены на поиск **внешних стимулов**, непосредственно не связанных с учебным предметом. Действительно, игра, похвала, занимательность и т.п. – все это внешние педагогические приемы, напрямую не связанные с учебной деятельностью детей именно на данном уроке. Они с успехом могут быть использованы и на занятиях по другим предметам, при изучении иных тем. Это все лишь внешняя мотивация – наиболее распространенная и чаще используемая на уроках. Между тем известно, что более продуктивна **внутренняя мотивация**. Она порождается конкретной предметной деятельностью и непосредственно связана с данной учебной дисциплиной и её содержанием. Внутренняя мотивация более сложна для формирования, требует больших усилий и подготовки со стороны учителя и потому часто остается в тени или вовсе не используется [37].

Обучая с помощью обобщенно-образных моделей, мы имеем возможность формировать именно внутреннюю мотивацию, изменяя мироощущение и мировосприятие учащихся. Изменяется подход учащихся к обучению, обобщенно-образные модели стимулируют интерес и ориентируют деятельность личности на процесс обучения. Познание учебных дисциплин и наук при использовании обобщенно-образных моделей становится приятным, располагающим к активной деятельности. И теперь ученик имеет возможность получать знания во всей ясности и систематизированности, охватывая пониманием обширные зоны иерархии научного знания. Обобщенно-образные модели «провоцируют» стремительный интеллектуальный рост и неукротимую жажду деятельности, т.к. полученная системно-образная информация направляет мышление по пути инсайтов, озарений. Образовательный процесс становится сверхэффективным,

а обучающиеся личности, всесторонне развиваясь, приобретают мощный фундамент для дальнейшего развития и самообучения.

Предмет деятельности есть её действительный **мотив**. Изучая обобщенно-образные модели, учащиеся воссоздают в мыслительном плане идеализированную модель, отличающуюся высоким уровнем сформированности компонентов системности: целостности, структурности, иерархичности, взаимосвязи внутренних структур целого. За любым мотивом человека стоит некая потребность или переживание, являющиеся источником действия (побуждением к нему). В качестве мотива всегда выступает переживание чего-то лично значимого для индивида, т.е. того, что индивид сам **осознал, открыл** в результате деятельности, наблюдения. Информация, заключенная в обобщенно-образные модели, начинает «работать» в поле мышления и восприятия и становится побуждающим фактором, мотивом.

Такой мотив, побуждая к действительности, как правило, придает ей *личностный смысл*, пробуждает потребность во впечатлениях (познавательная потребность). Ориентация человека на определенные ценности возникает в результате их предварительной положительной оценки. Получая знания через красочную, яркую обобщенно-образную модель, процесс обучения (восприятия информации) естественно подкрепляется положительной **эмоциональной окраской**. Однако об ориентации на ту или иную ценность можно говорить только тогда, когда субъект запроектировал в своем сознании (или подсознании) овладение ею. Для отдельных индивидов путь формирования ценностных ориентации может быть не от потребности к ценностям, а прямо противоположным: перенимая точку зрения на что-либо как на **ценность**, достойную того, чтобы на нее

ориентироваться в своем поведении и деятельности, человек может тем самым *закладывать в себе основы новой потребности*, которой раньше у него не было. Таким образом, значение обобщенно-образных моделей в учебном процессе трудно переоценить, ведь они являются своего рода трансляторами передовых общенаучных ценностей.

Содержание деятельности не определяется лишь предметным содержанием потребности, удовлетворяемой этой деятельностью. Человек учитывает ситуацию, наличие субъективных и объективных возможностей, наличие или отсутствие противоположных потребностей и потребностей, действующих в одном направлении с основной потребностью. И лишь затем он на основании мотива (значимости, ценности, смысла), который имеет для субъекта данное поведение и перепевается как субъективное основание решения действовать так, а не иначе, субъект оправдывает, санкционирует данное поведение. Мотив заменяет одно поведение другим, менее приемлемое более приемлемым, и этим путем создает возможность определенной деятельности.

Формирование сознательно-волевого уровня мотивации состоит, во-первых, в образовании иерархической регуляции; во-вторых, в противопоставлении высшего уровня этой регуляции стихийно формирующимся, импульсивным влечениям, потребностям, интересам, которые начинают выступать уже не как внутренние по отношению к личности человека, а скорее как внешние, хотя и принадлежащие ей.

*Формирование мотивации имеет два механизма.* Первый из них заключается в том, что стихийно сложившиеся или специально организованные воспитателем условия учебной и трудовой деятельности и взаимоотношений избирательно

актуализируют отдельные ситуативные побуждения, которые при систематической актуализации постепенно переходят в устойчивые мотивационные образования. Это механизм формирования «снизу вверх».

Второй процесс (механизм «сверху вниз») заключается в усвоении воспитуемым предъявляемых ему в готовой форме побуждений, целей, идеалов, содержания направленности личности, которые по замыслу воспитателя должны у него сформироваться и которые сам воспитуемый должен постепенно превратить из внешне понимаемых во внутренне принятые и реально действующие.

Полноценное формирование мотивационной системы личности должно включать в себя оба механизма. Предвидение возможного удовлетворения заставляет человека ставить себе цели, которые, как он ожидает, приведут к вознаграждению и, таким образом, к удовлетворению, предположение о котором возникло раньше. Цель обеспечивает направление поведения, которое заканчивается при достижении цели. Внутренняя мотивация и есть потребность в чувстве уверенности в своих силах и намерениях.

На внутреннюю мотивацию влияют следующие условия или ситуации:

- 1) внутренняя мотивация снижается при переходе причин (условий, событий), вызвавших эту мотивацию, от внутренних к внешним;
- 2) внутренняя мотивация увеличивается с усилением уверенности человека в своих силах;
- 3) положительная обратная связь (одобрение или похвала) усиливает внутреннюю мотивацию у мужчин и снижает у женщин,

ибо контролирующий аспект положительной обратной связи играет для женщин большую роль, чем для мужчин.

Для того, чтобы учащийся по-настоящему включился в работу, нужно, чтобы задачи, которые ставятся перед ним в ходе учебной деятельности, были не только поняты, но и внутренне приняты им, т.е. чтобы они приобрели значимость для учащегося и нашли, таким образом, отклик и опорную точку в его переживании.

Учебная деятельность всегда полимотивирована. В системе учебных мотивов переплетаются внешние и внутренние мотивы. К внутренним мотивам относятся такие как собственное развитие в процессе учения; действие вместе с другими и для других; познание нового, неизвестного. Такие мотивы, как понимание необходимости учения для дальнейшей жизни, процесс учения как возможность общения, похвала от значимых лиц, являются вполне естественными и полезными в учебном процессе, хотя их уже нельзя отнести полностью к внутренним формам учебной мотивации. Еще более насыщены внешними моментами такие мотивы, как учеба как вынужденное поведение; процесс учебы как привычное функционирование; учеба ради лидерства и престижа; стремление оказаться в центре внимания. Эти мотивы могут оказывать и заметное негативное влияние на характер и результаты учебного процесса. Наиболее резко выражены внешние моменты, в мотивах учебы ради материального вознаграждения и избегания неудач [37]. В этом нам снова помогают обобщенно-образные модели, которые обладают возможностью фиксировать мыслительную деятельность и память на тех или иных научных закономерностях, фактах.

Развитие внутренней мотивации учения происходит как сдвиг внешнего мотива на цель учения. Каждый шаг этого процесса является сдвигом одного мотива на другой, более внутренний, более близкий к цели учения. Поэтому в мотивационном развитии учащегося следует учитывать, так же как и в процессе обучения, зону ближайшего развития. Развитие внутренней мотивации учения – это движение вверх. Гораздо проще двигаться вниз, поэтому в реальной педагогической практике родителей и учителей часто используются такие «педагогические подкрепления», которые приводят к регрессу мотивации учения у школьников. Ими могут быть: чрезмерное внимание и неискренние похвалы, неоправданно завышенные оценки, материальное поощрение и использование престижных ценностей, а также жесткие наказания, приникающая критика и игнорирование вниманием, неоправданно заниженные оценки и лишение материальных и иных ценностей. Эти воздействия обуславливают ориентацию ученика на мотивы самосохранения, материального благополучия и комфорта.

Сдвиг мотива на цель зависит не только от характера педагогических воздействий, но и от того, на какую внутриличностную почву и объективную ситуацию учения они ложатся. Поэтому необходимым условием развивающего сдвига мотива на цель является расширение жизненного мира школьника.

Рассматривая мотивацию человека как психологический феномен, ученые столкнулись со многими трудностями. Прежде всего возникла терминологическая неясность: одинаково и даже как синонимы употребляются термины «мотивация» и «мотив». «Мотивация» используется даже охотнее, так как, понимая под ней процессы детерминации активности человека и животных или формирования побуждения к действию или деятельности.

В это понятие можно включать что угодно; ведь детерминировать и побуждать может безграничное множество вещей и явлений [149]. Недаром Д. Дьюсбери (1981) пишет, что понятие «мотивация» используется обычно как мусорная корзина для разного рода факторов, природа которых недостаточно ясна [79]. Действительно, мотивацию связывают с потребностями и мотивами, мировоззрениями человека и особенностями его представления о себе, личностными особенностями и функциональными состояниями, с переживаниями, знаниями о среде и прогнозом ее изменения, с ожидаемыми последствиями и оценками других людей [88].

Не лучше обстоит дело с понятием «мотив». В качестве его называются самые различные психологические феномены: представления и идеи, чувства и переживания [26], потребности и влечения, побуждения и склонности [245], желания и хотения, привычки, мысли и чувство долга, [183], морально-политические установки и помыслы (А.Г. Ковалев, 1969), [100], психические процессы, состояния и свойства личности [158], предметы внешнего мира, установки [128], и даже условия существования [37]. Врачи ставят даже такой диагноз, как «немотивированные (!) головные боли», очевидно полагая, что мотив – это любая причина, любого явления. Недаром А.Н. Леонтьев писал, что работы по проблеме мотивации почти не поддаются систематизации – до такой степени различны те понятия, по поводу которых употребляется термин «мотив», и что само это понятие превратилось в большой мешок, в который сложены самые различные вещи. О вольном использовании понятия «мотив» литераторами, публицистами, юристами и говорить не приходится. Любая причина поступка исторического или экономического развития человечества называется мотивом.

Неудивительно, что подчас исчезает сам предмет обсуждения, т.е. мотив, или же высказываются предположения, что современные понятия о нем описывают не одну, а несколько реальностей, не совпадающих друг с другом [88].

В результате такая неразбериха практики, имеющая дело с воспитанием людей, оказываются в сложном положении. Так, один из педагогов, Л.П. Кичатинов, резонно задает вопрос: как быть педагогам, как при такой разноплановости в толковании «мотива» выйти на практическую дорогу его формирования? Пока не ясна суть явления, работа по совершенствованию или преобразованию этого понятия напоминает сказочную ситуацию «сделай то, не знаю что». Превращение «мотива» в «большой мешок», как справедливо указывает Л.П. Кичетанов, ведет к закрытию целого ряда педагогических перспектив [98].

В зарубежной психологии имеется около 50 теорий мотивации. В связи с таким положением В.К. Вилюнас (1990) высказывает сомнение в целесообразности обсуждения вопроса, что такое «мотив». Вместо этого он предлагает сосредоточить внимание на более отчетливом обозначении и описании отдельных феноменов, принимаемых в качестве побудителей активности [37]. Другой подход предлагает В.А. Иванников: нужно сузить содержание понятия «мотив» до какой-то одной реальности, а для обозначения других ввести новые понятия [88]. Термин «мотив», по его мнению, нужно закрепить за устойчивыми образованиями мотивационной сферы в виде опредмеченных потребностей, а для обозначения конкретного ситуативного образования, непосредственно инициирующего деятельность, использовать термин «побуждение».

В ряде работ «мотив» рассматривается только как интеллектуальный продукт мозговой деятельности. Так, Ж. Годфруа пишет, что «мотив» – это соображение, по которому субъект

должен действовать [60]. Еще более резко говорит Х. Хекхаузен: это лишь «конструкт мышления», т.е. теоретическое построение, я не реально существующий психологический феномен. Он пишет, что в действительности никаких «мотивов» не существует, они не наблюдаемы непосредственно, и поэтому не могут быть представлены как факты действительности. Они лишь условные, облегчающие понимание вспомогательные конструкты нашего мышления, вставляемые в схему объяснения действия между наблюдаемыми исходными обстоятельствами и последующими актами поведения. Неудивительно, что в его двухтомной монографии за «мотив» принимаются либо потребность (потребность во властвовании, называемая им «мотивом власти»); потребность в достижении – «мотив достижения»), либо личностные диспозиции (тревожность к другим), либо внешние и внутренние причины того или иного поведения (оказание помощи, проявление агрессии) [245].

Не лучше обстоит дело и с другими понятиями, используемыми в мотивационных теориях, в частности – с понятием «побуждение». Так, В.А. Иванников считает, что это понятие вводится как объяснительный конструкт, как нечто, что является необходимым и достаточным условием для начала в поддержании поведения, для достижения намеченной цели [88]. Скептически относится к этому понятию Р. Хайнд. Он, в частности, пишет, что введение переменной «побуждение» уменьшает количество рассматриваемых связей между внешней и внутренней ситуацией и реакцией на них. Но если нас интересует степень независимости рассматриваемых параметров друг от друга, то это понятие может ввести в заблуждение и превращается в помеху [243]. Отчасти можно согласиться с этими авторами, так как многие психологические понятия суть конструкты мышления, домыслы ученых. Но это не означает, что данное психологическое явление

или образование не существует в действительности. Обозначение каких-то психологических явлений и феноменов – не плод воображения психологов, а результат анализа фактов. Если же следовать за Х. Хекхаузенем и некоторыми другими психологами, то надо признать, что нет и таких психологических феноменов, как воля, состояние, внимание, мышление и т.д., поскольку их тоже в руки не возьмешь и на приборах прямо не зафиксируешь. Из понимания этого факта следует лишь то, что любое теоретическое построение (касающееся и психической деятельности, представляющей перед исследователем как «черный ящик») должно опираться на факты, логически увязанные друг с другом, а не быть плодом фантазии и волюнтаризма: как хочу, так и называю, куда хочу, туда и отношу. Например, в учебниках по психологии «мотиву» отводится различное место в структуре психологических знаний: то в разделах «Направленность личности», «Воля», то в разделе «Деятельность».

Противоречия существуют по такому вопросу: к чему относятся мотивы и мотивация – к действию, к деятельности? А.Н. Леонтьев в 1975 году писал, что мотив побуждает отдельное, частное действие. Однако в более поздних работах он утверждал, что мотивы относятся только к деятельности, а действие не имеет самостоятельного мотива [117]. Если принять это как частный случай осуществления действий, то правомерность утверждения А.Н. Леонтьева становится очевидной – каждое действие в составе деятельности не имеет собственного мотива, но это не значит, что эти действия не мотивированны. Просто для деятельности и действий имеется общий мотив. Однако цели деятельности и каждого действия в её составе не совпадают, хотя и те и другие обусловлены смыслом деятельности как своеобразным стержнем осуществляемой программы.

В то же время действия могут выступать в качестве поступков. Но может ли быть немотивированным сознательно совершаемый поступок? Ответ очевиден. Поэтому самостоятельные действия должны иметь мотив. Само действие может выступать и в качестве деятельности, если её содержанием является только это действие. Впрочем, рассматривая подобные случаи, А.Н. Леонтьев (1975) пишет, что когда одни и те же действия становятся деятельностью, то она приобретает самостоятельный мотив. Подобные случаи он обозначает как «сдвиг мотива на цель» [117]. Согласно же представлениям Р.А. Пилюна, мотив, наоборот, относится только к действиям, а деятельность он рассматривает в контексте понятия «мотивация» [154]. В этом он солидарен с М.Ш. Магомед-Эминовым, который связывает мотивацию не только с подготовкой деятельности, но и с её осуществлением [122].

Таким образом, проблема мотивации и мотивов остается остро дискуссионной и, к сожалению, трудно изучаемой экспериментально. Многие зарубежные теории мотивации построены на основании экспериментов с животными, поэтому в ряде случаев прямая экстраполяция на человека невозможна. Кроме того, возникает вопрос: можно ли вообще эти теории рассматривать как истинно мотивационные? Не являются ли они биологическими теориями детерминации поведения?

В то же время, как отмечает П.М. Якобсон, растущий интерес к психологии личности (а мотивационная сфера, без сомнения, является её ядром), к сложным динамическим переменам в её деятельности и поступках делает изучение мотивации поведения человека насущной задачей психологической науки [261].

Очевидно, что требуются критическое рассмотрение существующих точек зрения на проблему и поиск нового подхода к её решению.

### ***1.4.3. Иерархическая модель активности субъекта (деятельностный подход в моделировании)***

Разработанная нами обобщенно-образная модель формирования мышления и сознания в процессе деятельности отражает некоторые основные феномены личности субъекта, являющиеся различными проявлениями активности нервных процессов (рис. 3). Внешний круг модели включает такие психофизиологические понятия, как потребность, мотивация, поведение, деятельность, мышление, сознание и раскрывает характер прогрессивности этих процессов. Человек является существом биосоциальным. В связи с чем его иерархия мотивов, т.е. мотивация, в своей основе содержит различные уровни потребностей, структуры когнитивной сферы (установки, ценности, убеждения и т.п.) и сознания. Модальность мотивации формирует поведение и деятельность (в том числе и мыслительную деятельность) субъекта и детерминируется его сознательностью.

Сознание – высший уровень психической активности человека, являющийся результатом отражения психикой окружающей действительности и основанный на функциональном состоянии организма личности. Блок сознания является одновременно начальным и конечным этапом развития активности субъекта и формируется под влиянием мышления (в частности мыслительных операций), совершенствование которого есть одна из важнейших задач обучения.

Феномены внешнего круга типологически поясняются в соответствующих им подсистемах. Так, например, мотивацию субъекта условно подразделяют на три типа:

1. Автоматическое поведение и рефлексы.
2. Аффективно-когнитивные структуры.
3. Инстинкты.

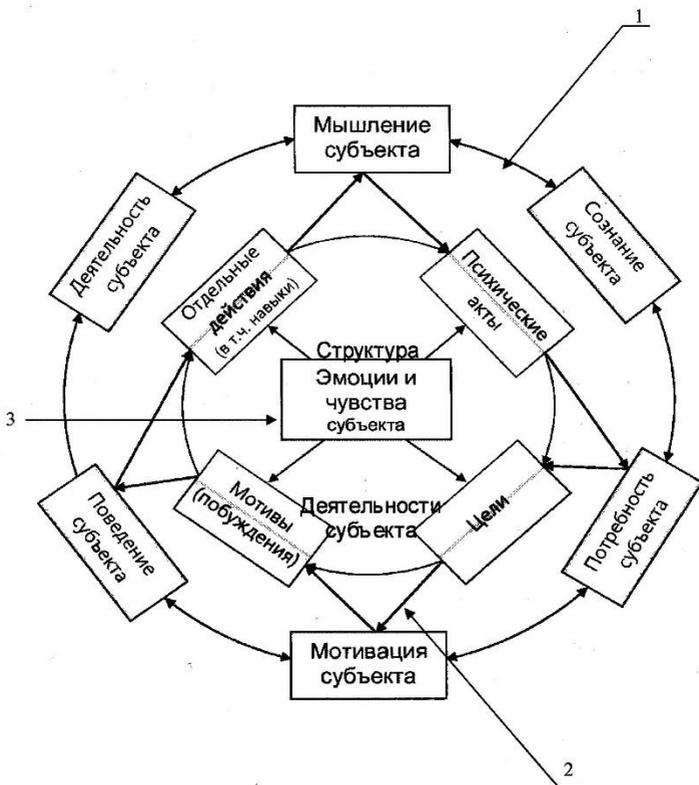


Рис. 3. Модель формирования мышления и сознания субъекта

1. Внешний круг модели включает психо-физиологические понятия.
2. Внутренний круг раскрывает структурную организацию деятельности.
3. Центральное место в данной модели занимает блок эмоции и чувства, влияние которого распространяется на все феномены личности субъекта.

Внутренний круг раскрывает структурную организацию деятельности и имеет четыре основных блока (цели, мотивы, отдельные действия и психические акты), которые последовательно замкнуты в целостную систему построения любой формы деятельности (в том числе и мыслительной).

Центральное место в данной модели занимает блок *эмоции и чувства*, влияние которого распространяется на все феномены личности субъекта. Эмоции являются психическими состояниями, возникающими у организма *рефлекторно* в ответ на ситуацию. Эмоциональное состояние определяется качеством и интенсивностью актуальной *потребности* индивида и оценкой, которую он дает вероятности ее удовлетворения. Чувства же – это переживание в различной форме отношения человека к предметам и явлениям действительности; *устойчивые эмоциональные состояния*, оказывающие значительные воздействия на самосознание личности.

Формирование мышления на необходимом теоретическом уровне и сознания, соответствующего актуальным и перспективным потребностям общества, происходит в процессе деятельности по решению проблемной задачи посредством *методологии моделирования*. Подобный подход к учебной деятельности исходит из развития ключевых мыслительных операций и инициирует творческую активность личности учащихся, мотивируя их на усвоение знаний.

Таким образом, разработанная модель представляет собой теоретический синтез ключевых психофизиологических понятий, которые выстроены в логической взаимосвязи и отражают в самом общем виде механизм формирования мышления и сознания у учащихся в процессе учебной деятельности. Данная модель может выполнять метапредметную функцию при изучении любого школьного предмета, в том числе и биологии.

## ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

1. Необходимость применения моделирования в образовательной области естествознания очевидна в силу сложности и комплексности этой предметной области. В последнее время наблюдается тенденция к изменению парадигмы подготовки учащихся, а именно переход от экстенсивно-кумулятивной парадигмы к интенсивно-технологической, предполагающей формирование методологической культуры у школьников вплоть до интеллектуальной деятельности (В.И. Разумов). Поэтому нам представляется актуальным обучение моделированию учащихся основной школы и использование системы моделей при формировании фундаментальных биологических понятий (естественнонаучных), а также их применение при объяснении и интерпретации объектов и явлений природы.

2. Наглядно-образная модель запрограммированно вызывает притяжение положительных эмоций, поэтому учащиеся приобретают сначала желание продолжить процесс познания новой области научного знания, а затем в процессе деятельности по конструированию и использованию моделей в учебном процессе познавательное стремление начинает актуализироваться и укореняться в личности.

3. Обобщенно-образные модели позволяют учащимся систематизировать теоретические знания через наглядные образы. При этом возникает феномен предвосхищения, и учащиеся

начинают «жить учением» и достигают качественно нового восприятия закономерностей и причинно-следственных связей различных процессов и явлений.

4. Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что учащиеся в определенной степени овладели методом моделирования как важнейшим методом познания и как учебным средством для достижения многих дидактических целей. Постоянное использование таких моделей в учебном процессе способствовало достаточно быстрому переходу от наглядно-образного к обобщенно-образному виду мышления, что обеспечило формирование межпредметной структуры учебных знаний.

5. Средством реализации методики формирования биологических понятий являются образно-знаковые модели, высокий уровень интеграции и эстетическое оформление которых способствуют «сопряжению» интеллектуальных и чувственных эмоций, а на их основе и «сопряжению» чувственного и рационального способов познания, что, в свою очередь, детерминирует глубокую и устойчивую мотивацию к изучению курса биологии в целом и раздела «Растения» в частности.

## **ГЛАВА 2. ОБРАЗНО-ЗНАКОВЫЕ МОДЕЛИ КАК МЕТАПРЕДМЕТНАЯ ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ**

### **2.1. СОПРЯЖЕНИЕ КАК СТОРОНА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И КАТЕГОРИЯ ПОЗНАНИЯ**

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

Воздействие на ход развития научного знания, отмечает П.В. Копнин, философия в современных условиях может оказать как мировоззрение, реализуемое в виде метода и теории познания [104, с. 80–81]. По мнению данного автора, в различных

областях знания «все острее встает вопрос *об анализе понятий*, теорий и методов наук. Все чаще и чаще теперь задаются вопросы не только о том, что мы знаем о предмете, но и как мы узнали это, на основе какого метода, с помощью каких интеллектуальных и материальных средств пришли к знанию. Причем решение этих проблем, как показывает опыт математики, приводит и к дальнейшему движению в самой специальной области знания и к разработке логико-гносеологических проблем научного знания вообще» [104, с. 84] (курсив наш. – С.П.). В настоящее время необходим фундаментальный философский синтез современного научного знания, результатом которого явилось бы развитие и обогащение всех законов и *категорий* материалистической диалектики, которые только тогда становятся эффективным методом научно-теоретического мышления, когда берутся в своей связи [там же, с. 87]. По мнению П.В. Копнина, современная марксистская философская мысль должна сосредоточить «свое внимание не на построении системы из уже существующих категорий диалектического материализма, распределяя их на основе какого-то принципа по рубрикам, а на систематическом анализе всех существующих категорий и **выдвижении новых на основе синтетического понимания особенностей и закономерностей современного научного познания**, его тенденций и устремлений в будущее» [там же] (курсив наш. – С.П.). Актуальность подобной стратегии в настоящее время очевидна, так как совершенствование категориального аппарата, выступающего методом научно-теоретического мышления, будет способствовать совершенствованию философского мировоззрения, которое, в свою очередь, предопределил векторы развития во всех областях научного знания, и прежде всего,

в естествознании. Именно эта область человеческих знаний в основном определяет темпы научно-технического развития любого государства и его статус на мировой арене.

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

Фундаментальные понятия занимают особое место в системе научных знаний. Они обладают большой степенью общности и формируются на всем протяжении изучения курсов физики, химии, биологии и географии как многоуровневые теоретические понятия. А.В. Петров отмечает, что фундаментальные понятия, которые закладываются физикой, это центральные теоретические понятия, являющиеся непосредственной *проекцией философских категорий*, определяющих в самом широком плане содержание *научной картины мира* как с количественной, так и с качественной стороны [152].

Стратегия формирования фундаментальных естественнонаучных понятий и естественнонаучного мышления во многом определяется пониманием принципов организации, функционирования и развития материи в целом. Известный философ Л.Ф. Ильичев отмечает, что «... представления о принципах структурной организации материи образуют основу научных воззрений, и поэтому сила и значение новых идей в науке,

прежде всего, оценивается в методологическом плане тем, как они связаны и как они содействуют развитию и совершенствованию этой основы» [129, с. 438]. Доказательством этому является сама история науки, которая свидетельствует о том, «что важнейшие ее достижения в конечном счете, оценивались в зависимости от их вклада в развитие учения о материи» [там же]. Именно в таком плане оценивалось, прежде всего, революционизирующее влияние на мировоззрение людей открытий Коперника и Галилея, работ Ньютона, открытия закона сохранения и превращения энергии, создания теории относительности и квантовой механики, становления эволюционного учения Дарвина, генетики, молекулярной биологии и т.д. Философское осмысление и понимание всех этих достижений науки явилось основой для совершенствования, изменения наших исходных представлений о структурной организации материи, благодаря чему раскрывались новые широкие перспективы, новый подход и взгляд на ведущие проблемы науки и их роль в структуре познания [там же].

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

Даже краткий анализ содержания атрибутов материи позволяет констатировать, что они диалектически связаны и взаимообусловлены: отражение зависит от взаимодействия, которое является следствием и основным проявлением движения,

а одновременно и условием движения и взаимодействия, т.е. выступает в качестве источника дальнейшего развития объекта. Материя не может *ни существовать* без своих атрибутов, *ни мыслиться*. Поэтому *движение, взаимодействие и отражение* как атрибуты материи играют ключевую роль для понимания сущности конкретных форм движения материи и их генетической связи. Как *философские категории* (наиболее общие понятия) они являются основой для формирования и развития фундаментальных 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 [258].

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 [190, с. 1276].

«Взаимодействие – это процесс взаимного влияния тел друг на друга путем переноса материи и движения, универсальная форма изменения состояний тел. Взаимодействие определяет

существование и структурную организацию всякой материальной системы, ее свойства, ее объединение, наряду с другими телами, в систему большего порядка. Без способности к взаимодействию материя не могла бы существовать» [236, 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» [258, 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*» [104, с. 160] (курсив наш. – С.П.).

«В категориях диалектики тесно *связаны объективное знание* о соответствующей форме связи явлений (причинность, закон и другие) и форма мысли – *познавательный прием*, посредством которого постигается, осмысливается такая связь. И чем совершеннее понятийные средства, способы осознания определенных связей, тем успешнее может, в принципе, осуществляться их реальное открытие, истолкование. Одно предполагает другое. Философы говорят в связи с этим о единстве онтологического и гносеологического смысла категорий» [236, с. 109].

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

*социального опыта. Во-вторых, эти же мировоззренческие универсалии усваиваются людьми в процессе обучения и воспитания и становятся **категориальной** структурой их сознания. И в-третьих, они же в своем сцеплении и взаимодействии (сопряжении, прим. авторов) задают некоторый целостный образ человеческого жизненного мира, который называется мировоззрением.*

Мировоззренческие универсалии определяют не только осмысление человеком мира, его рациональное постижение, но и переживание человеком мира, эмоциональные оценки различных аспектов, состояний и ситуаций человеческой жизни. Смыслы универсалий в этом аспекте предстают как *базисные ценности культуры*» [ 235, с. 8] (курсив наш. – С.П.)

«Понятия позволяют сконструировать соответствующие *теоретические идеальные объекты*, с которыми философы оперируют аналогично тому, как математик оперирует с геометрическими фигурами, числами, функциями и др. математическими объектами ... неклассическая философия вовсе не отказывается *от системного мышления, от установления **связей между категориями***» [235, с. 9,11] (курсив наш. – С.П.).

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

Нахождение более широкого понятия представляет собой только начало определения понятия. Вторым этапом является

указание видового отличия определяемого понятия. В процессе образования понятий происходит движение понятий в двух направлениях: 1) от отдельных восприятий и представлений – к простейшим общим понятиям и от них, посредством дальнейшей абстракции, – к более высоким, более *общим* понятиям; 2) от общих и абстрактных понятий – к многообразию действительности, к *конкретизации понятий* [233].

Возникнув в науке на определенном этапе ее развития, понятие не остается неизменным. В результате открытия новых *существенных свойств и признаков предметов и явлений происходит обогащение содержания понятий*, увеличивается их объем, полнее раскрываются связи и отношения между ними. Имея в виду эту особенность развития понятия, В.И. Ленин отмечал, что они «человеческие понятия не неподвижны, а вечно движутся, переходят друг в друга, переливают одно в другое, без этого они не отражают живой жизни. Анализ понятий, изучение их, «искусство оперировать с ними» (Энгельс) требует всегда изучения *движения* понятий, их связи, их взаимопереходов» [115, с. 226–227].

Процесс образования понятий, как и всего познания, носит диалектически противоречивый характер. Противоречивый характер процесса образования понятий, как указывает Г.А. Курсанов, «раскрывается в единстве аналитической и синтетической его сторон, в единстве логических операций отвлечения и обобщения, активно совершаемых разумом познающего субъекта» [112, с. 205].

Понятие есть обобщенный умственный образ, единство противоположных моментов, единство общего и единичного, конкретного и абстрактного «...уже самое простое обобщение,

первое и простейшее образование понятий (суждений, заключений etc), – отмечает В.И. Ленин, – означает познание человека все более и более глубокой объективной связи мира» [115, с. 161]. Оно является некоторым *итогом*, результатом развития соответствующей области науки. «Понять, – писал Ленин, – значит выразить в форме понятий» [там же, с. 231].

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

- «категории материалистической диалектики выработаны в процессе исторического развития философского знания, поэтому опыт истории философии имеет первостепенное значение для их понимания и дальнейшего обогащения» [104, с. 49];
- «сама философия уже не может служить поставщиком готовых *естественнонаучных идей*. Последние рождаются в тяжелых муках самими науками» [там же, с. 82];
- источниками возникновения и развития понятий в науке являются противоречия между установленными новыми научными фактами и имеющимся понятийным аппаратом, недостаточностью имеющихся знаний для объяснения вновь открытых явлений и свойств тел [232, с. 76];
- «категории надо вывести (а не произвольно или механически взять) (не «рассказывая», не «уверяя», а доказывая)...» [115, с. 86];
- «новые идеи и построения в науке возникают в результате *теоретического синтеза*, который в качестве своего момента содержит категории философского мировоззрения, выступающие методом научно-теоретического мышления» [104, с. 82]; поэтому философия продолжает оставаться источником новых научных идей, а материалистическая диалектика является

- «единственным, в высшей инстанции, методом мышления, соответствующим теперешней стадии развития естествознания» [126, с. 528];
- «категории материалистической диалектики не дедуцируются друг из друга, ни из каких-то других более общих понятий и предложений научного знания» [104, с. 52];
  - «понятие (наряду с суждением и «научной теорией») представляет собой форму отражения мира на рациональной, логической ступени познания» [110, с. 296];
  - «образование (абстрактных) понятий и операции с ними уже включают в себе представление, убеждение, сознание закономерности объективной связи мира» [115, с. 160];
  - «понятия отражают обобщенное содержание, относящееся не только к одному предмету, но и ко многим предметам, *к целому классу предметов*» [232, с. 7];
  - «категории материалистической диалектики *тесно связаны с понятиями других наук, являются их обобщением*» [104, с. 52].

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

Платон (428–347 г. до н.э.), развивая сократовскую индукцию, приходит к мысли, что понятие есть существенное

в вещах, общее, показывающее принадлежность к общему роду. *Он считал, что определение должно указывать на принадлежность к общему (роду) и на специфическое различие, которое отличает данную вещь от всех других вещей рода.*

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

Большое внимание определению понятий уделяли в своих работах основоположники материалистической диалектики. Так, Ф. Энгельс в своем знаменитом труде «Диалектика природы» отмечал: «Единичность, особенность, всеобщность – вот те три определения, в которых движется все «Учение о понятии». При этом восхождение от единичного к особенному и от особенного к всеобщему совершается не одним, а многими способами...» [258, с. 194].

В свою очередь В.И. Ленин писал: «Что значит дать «определение»? Это значит, прежде всего, подвести данное понятие под другое, более широкое» [114, 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*» [10, с. 53].

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

Д.Н. Богоявленским [25], Н.М. Верзилиным [33], Е.К. Войшвилло [40], Л.С. Выготским [46–48], П.Я. Гальпериним [55], В.В. Давыдовым [74], Е.Н. Кабановой-Меллер [93], Н.А. Менчинской [134], А.В. Усовой [232; 233] и др.

Особого внимания в последние годы заслуживают работы А.В. Усовой. На основе многолетних исследований автора и анализа результатов, ранее выполненных исследований психологов и дидактов определены условия успешного формирования научных понятий у учащихся. Проецируя диалектический подход на методiku формирования понятий, академик РАО А.В. Усова отмечает: *«Определить понятие – значит подвести данное видовое понятие под ближайшее родовое понятие и указать его видовые отличия»* [232, с. 38].

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

В словаре русского языка С.И. Ожегова понятие *«сопряженный»* трактуется как *«взаимно связанный, непременно сопровождаемый чем-нибудь»* [147, 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» [190, 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» [190, с. 1239].

Используя метод молекулярных орбиталей для изучения распределения электронной плотности и роли  $\pi$ -электронов у важнейших биологически активных веществ, Б. Пюльман и А. Пюльман пришли к заключению, что почти все высокомолекулярные соединения содержат *сопряженные системы  $\pi$ -электронов*. Они представляют собой длинную цепь (кольцо) с многократно чередующимися  $\sigma$ - и  $\pi$ -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. [177]. Эти важнейшие биологические соединения играют ключевую роль в превращении *вещества, энергии и информации* во всех типах клеток, существующих на Земле.

Природа, таким образом, широко использует *сопряжение* как принцип организации и эволюции вещества. Действие этого принципа имеет место во всех природных формах движения материи: физической, химической и биологической. Особенно важен этот принцип при возникновении новой формы движения материи, у которой возникает абсолютно *новое качество*. Именно эта характеристика «сопряжения» является отличительной чертой по отношению к родовому понятию «взаимодействие»,

которое отражает процесс взаимного влияния тел друг на друга путем переноса материи и движения, универсальную форму *изменения состояний тел*.

Понятие «сопряжение» используется не только в естественных науках, но и социальных. Особого внимания заслуживает тот факт, что данное понятие используют корифеи современной отечественной философии для того, чтобы подчеркнуть *качественную* особенность анализируемого предмета или явления. Так, обсуждая вопрос о роли философии в современной культуре, В.А. Лекторский отмечает: «Философия всегда была и всегда останется выражением одного из высших проявлений мышления. Поэтому она не может не быть системной. Она не может быть собранием фрагментов – иначе это не философия. При всей своей современной специализированности она всегда останется также способом *интеграции* разных форм культуры, способом коммуникации между далеко разошедшимися видами культуротворчества. Многие крупные и влиятельные современные философы, такие, например, как Б. Рассел, Л. Витгенштейн, К. Поппер, Ю. Хабермас, М. Фуко, Р. Рорти, Х. Патнэм и другие, *сопрягали и сопрягают анализ познания, моральной философии, политики*» [235, с. 6] (курсив наш. – С.П.). Понятие «сопряжение» В.А. Лекторский использует и во время дискуссии о свободе философии: «...в отношении свободы философ может и должен занять критическую позицию, различая, в частности, свободу и произвол, мнимую и подлинную свободу, *сопрягая* свободу с необходимостью, с познанием, с нравственными требованиями, с зависимостью, вписывая понимание свободы в систему других философских понятий и проектируя идеал свободы. Но в этом случае придется понимание свободы *сопрягать* также с пониманием предельных оснований познания» [235, с. 38] (курсив наш. – С.П.).

В таком же смысле понятие «сопряжение» употребляет В.В. Миронов при обсуждении вопроса о профессиональной подготовке преподавателя философии. «Как известно, можно окончить 10 философских факультетов и не стать философом, и наоборот. Я всегда иронизирую над нашими студентами. Вот запись в дипломе – философ, преподаватель философии. Я говорю, что вторую часть мы еще можем гарантировать, тогда как в качестве философа себя можно осознать лишь самому. Преподаватель философии – это некоторая *профессия, сопряженная с известными знаниями философских систем*. Философ – это призвание» [235, с. 23] (курсив наш. – С.П.).

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

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

Фундаментальное положение Ф. Энгельса о том, что «...законы мышления и законы природы необходимо согласуются между собой...» [258, с. 193], позволяет спроецировать «сопряжение» как фундаментальный принцип организации и развития материи в образовательную область и рассматривать его

как *категорию* и важнейшую методологию формирования и развития естественнонаучных понятий.

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

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

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

## 2.2. МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ФОРМА СОПРЯЖЕННОЙ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ

Среди естественных наук биология изучает самую высокоорганизованную форму движения материи, которая включает своих генетических предшественников – физическую и химическую формы движения. Отсюда следует, что понимание сущности биологических объектов и явлений возможно только на основе явлений физических и химических. Данная закономерность свидетельствует о сложной организации биологических объектов и во многом определяет стратегию развития современной биологической науки как в отношении экспериментальных и теоретических исследований, так и методов, используемых при этом.

Одним из эффективных методов изучения объектов и явлений материального мира служит моделирование, которое, опираясь на методологию системного подхода, конкретизирует его принципы и при этом само становится важнейшей общенаучной методологией познания объективной реальности. Преимущество моделирования как метода познания проявляется прежде всего в том, что в моделях в той или иной форме наглядно «высвечиваются» существующие (или предполагаемые) фундаментальные связи у изучаемых объектов и явлений, что делает их плодотворными в познании законов и принципов организации и функционирования материальных систем в научных исследованиях и весьма удобными и эффективными для понимания сущности изучаемого материала в учебном процессе. Об огромном потенциале данного метода свидетельствует

высказывание известного психолога Л.М. Фридмана: «Моделирование является важнейшим методом научного познания. Метод моделирования используется любой наукой на всех этапах научного исследования реальных явлений и процессов. Он обладает огромной эвристической силой, ибо с его помощью удастся свести изучение сложного к простому, невидимого и неосязаемого к видимому и осязаемому, т.е. сделать любой, какой угодно сложный объект доступным для тщательного и всестороннего изучения» [238, с. 89].

Вслед за наукой моделирование стало использоваться и в области образования, в том числе и биологического. Однако многолетняя практика авторов работы в вузе и сотрудничество со школами позволяет констатировать, что учащиеся и даже студенты, изучающие биологические науки, имеют ограниченные представления о моделировании и моделях. Основная причина этого, по-видимому, кроется в том, что большинство учителей и преподавателей вузов не обладают должным уровнем методологической культуры, и как следствие – весьма мало уделяют внимания как обобщенным методам познания в целом, так и моделированию в частности. В то время как результаты психологических исследований свидетельствуют, что усвоение обучающимися моделирования, как общенаучной методологии познания, обогащает их методологический аппарат, делает их познавательную деятельность осмысленной и продуктивной, и в итоге обеспечивает формирование мировоззрения адекватного современной науке. Такая точка зрения подтверждается результатами многолетних исследований М.Ю. Королева, который приходит к выводу, что преподаватели в силу ограниченности учебного времени крайне мало внимания уделяют обобщенным научным 64 методам познания, что существенно сужает

возможности формирования научного мировоззрения и теоретического мышления. Повышение эффективности обучения естественнонаучным дисциплинам в педвузах непосредственно связано с систематическим целенаправленным обучением методу моделирования с последующим активным использованием данного метода на всех видах учебных занятий с целью формирования целостного представления об окружающем мире [105].

При изучении биологии в школе и в вузе в познавательных целях используются те модели (символы), которые были наработаны той или иной областью биологической науки: биохимией, цитологией, генетикой эмбриологией и т.д. Такие модели выносятся как на обложки учебников, так и приводятся в различных разделах этих книг. Содержательный анализ этих моделей позволяет констатировать, что они, в лучшем случае, отображают лишь отдельные понятия, идеи (свойства, признаки), а не всю их совокупность, известную на момент их издания, и не представляют собой целостной системы. Эти модели во многом предопределяют успех в усвоении отдельных тем изучаемого курса. Однако выход биологии на молекулярный и субмолекулярный уровни, а также прогрессирующая тенденция к интеграции естественнонаучных знаний предопределяют запрос на разработку идеальных моделей высокого уровня обобщенности, которые послужат методологической основой не только для интеграции знаний в рамках курса биологии, но и естествознания в целом.

Создание таких интегративных идеальных моделей в области биологии может идти как минимум по двум направлениям: общебиологическому и естественнонаучному (философскому). Стратегия общебиологического направления должна быть

направлена на конструирование образно-знаковых моделей, отражающих наиболее общие биологические закономерности строения, функционирования и эволюцию биологических объектов всех уровней организации и их физико-химическую основу. В нашем исследовании на роль таких моделей могут претендовать такие как «Эмблема жизни» – идеализированная модель живых систем, «Эволюция форм в не живой и живой природе», «Энергетическое состояние электрона в метаболитах фотосинтеза и дыхания» и др. [161, 210; 217].

Естественнонаучное (философское) направление предопределяет создание моделей самого высокого уровня интеграции на основе общебиологических, фундаментальных естественнонаучных и философских понятий (категорий) законов и теорий, которые должны быть логически связаны в единую систему (модель), призванную выполнять содержательную и гносеологическую функции при изучении конкретных явлений природы. На статус таких авторских моделей могут претендовать: «Атрибутивная модель (схема) понятия «материя», «Общая характеристика живых систем». [162; 215].

Усвоение содержания любого методологического подхода во многом детерминируется стратегией более общей методологии, которая лежит в его основе. Такой стратегией для моделирования является системный подход, который конкретизирует принципы самой универсальной методологии – диалектического материализма и потому является основой для более частных методов познания. Поэтому неслучайно некоторые авторы рассматривают моделирование как разновидность системного подхода.

Методология системного подхода, лежащая в основе моделирования, предопределяет не только содержательную

стратегию этого общенаучного подхода, но и условия, в которых он может оказать максимальный эффект при его использовании как в области науки, так и в области образования. Таким важнейшим условием является системность его применения. Результаты нашего исследования свидетельствуют, что только при систематическом использовании моделирования как метода познания сущности объектов и явлений разного уровня иерархичности может быть раскрыт в должной мере его содержательный и гносеологический потенциал, а сам метод явится важнейшим базовым элементом профессиональной компетенции специалистов любого профиля. Реализации этой идеи на практике способствовал разработанный нами комплекс образно-знаковых моделей (философских, естественнонаучных, биологических) разного уровня интеграции, начиная с понятия материи и заканчивая электронным уровнем. Большинство этих моделей студенты не получали в готовом виде, а конструировали сами под руководством преподавателя. На заключительном этапе создания модели происходило интерактивное обсуждение полученных результатов. Каждый студент сравнивал разработанную им модель с моделью преподавателя и в случае необходимости вносил соответствующие коррективы. При такой познавательной деятельности студенты более полно осознавали содержательный и гносеологический потенциал моделирования и сконструированной ими модели и эффективно использовали (конкретизировали) этот потенциал в учебном процессе.

Использование в учебном процессе таких моделей имеет исключительное значение в двух аспектах. Первый аспект обусловлен тем, что идеальные модели, созданные на основе теоретического синтеза естественнонаучных (общебиологических)

и философских знаний, играют огромную методологическую роль, так как заложенные в них общие закономерности во многом определяют стратегию изучения не только биологических дисциплин, но и естествознания в целом. Постоянное использование этих закономерностей при изучении объектов материального мира приводит к тому, что общие законы природы становятся общими законами мышления учащихся и студентов, обеспечивая осуществление более быстрыми темпами познание сущности изучаемых объектов и явлений, а также их взаимосвязи, формируя единую картину научного миропонимания. Второй аспект предопределен большой значимостью образно-знаковых моделей высокого уровня интеграции в формировании обобщенно-образного мышления у обучаемых, наличие которого обосновал Г.А. Твердохлебов. На основании экспериментальных исследований данный автор приходит к выводу о том, что обобщенно-образное мышление является связующим звеном между наглядно-образным и понятийным мышлением [206]. Установление данной формы мышления является исключительно значимым, так как во многом определяет стратегию перехода от наглядно-образного к понятийному виду мышления. Косвенным подтверждением существования четвертого вида мышления является концепция Ж. Пиаже о четырех уровнях (этапах) развития процесса мышления в онтогенезе современного ребенка [153].

Целенаправленно методологический потенциал моделирования как общенаучного метода познания при изучении биологических систем может быть реализован должным образом только в купе с теми принципами, которые отражают сущность организации, функционирования и эволюции материи в целом. Это предопределено основным критерием, согласно которому

модель должна отражать, прежде всего, сущностные связи изучаемого объекта или явления. В этой связи особо значимыми при конструировании моделей являются принципы, отражающие внутренние стороны взаимодействия, через которые, согласно Ф. Энгельсу, только и познается сущность объектов и явлений.

По мере развития научного знания выявляются новые принципы взаимодействия между элементами материи, которые позволяют глубже понять механизмы организации, функционирования и эволюции как конкретных объектов и явлений, так и материи в целом. В предыдущих исследованиях нами доказано, что одной из внутренних сторон взаимодействия является принцип сопряжения, действие которого продемонстрировано на примере биологической формы движения материи, начиная с электронного уровня и заканчивая биосферным уровнем организации живого [172]. Вполне очевидно, что этот принцип природы может и должен быть использован и при моделировании, так как мысль, по выражению П.В. Копнина, «...движется по законам предмета...» [104, с. 45]. Поэтому конструирование теоретических понятийных и образно-знаковых моделей на основе закономерностей и принципов функционирования природных систем позволяет отразить в них существенные связи между элементами изучаемых систем, что ведет к систематизации знаний, их обобщению и целостному представлению об объекте.

Сопряжение как принцип организации материи необходимо рассматривать как разновидность системного подхода, который декларирует необходимость изучения связи между элементами любой системы. В то время как принцип сопряжения предписывает выявление взаимосвязи между компонентами

изучаемых систем, то есть обнаружение той области сопряжения между элементами системы, которая является общей для них и обеспечивает целостность этой системы, а, следовательно, и ее качественную особенность. Принцип сопряжения отражает тот механизм, с помощью которого происходит взаимосвязь между элементами системы и с помощью которого можно управлять данной системой. Этот принцип необходимо использовать и при конструировании моделей как в научной, так и образовательной сфере. Он позволяет находить те пункты взаимосвязи между элементами конструированной модели, которые обеспечат ее целостность и качественную особенность, которая и будет определять ее познавательный потенциал.

Если принцип сопряжения обеспечивает непрерывность природных объектов и явлений, то в образовательной области он должен обеспечить непрерывность (сопряжение) всех понятий, приведение их в единую систему, которую, по-видимому, можно обозначить как сопряженное понятийное поле. Отдельные понятия отражают не только сущность объектов и явлений, но и их взаимодействие (сопряжение) с другими объектами. «Каждое понятие находится в известном отношении, в известной связи со всеми остальными» [115, с. 179]. Отсюда следует, что принцип сопряжения как исходное дидактическое положение выступает в двух аспектах – методологическом и общедидактическом.

Моделирование по праву можно назвать сопряженным методом познания. При конструировании образно-знаковых и других видов моделей, отражающих сущностные свойства объектов и явлений природы, учащиеся и студенты имплицитно используют принцип сопряжения, так как сопрягают чувственное

и рациональное, абстрактное и конкретное, содержание и форму, анализ и синтез, эмпирическое и теоретическое. Следовательно, при построении моделей мыслительная деятельность использует практически весь научный арсенал методов, приемов и форм с тем, чтобы опосредованно отобразить сущность изучаемого объекта и при этом сделать эту сущность наглядной. Таким образом, при работе над моделью исследователь запрограммированно одновременно использует (сопрягает) все формы (методы) как эмпирического, так и теоретического уровней познания, что позволяет создать особую форму отражения бытия – модель. Сопряжение различных методов и форм познания в процессе моделирования детерминирует его огромный методологический потенциал и статус общенаучного метода познания, который эффективно применяется во всех сферах человеческой деятельности.

Методологической основой моделирования является не только системный, но и деятельностный подход. Сопряжение этих методологий определяет общую стратегию моделирования как общенаучного метода познания. Уникальность принципа сопряжения в этом аспекте заключается в том, что он одновременно конкретизирует и системный, и деятельностный подходы при создании моделей разного уровня интеграции. Первая часть этого принципа предписывает нахождение элементов у зарождающейся системы, вторая, деятельностная, сторона, – выявляет сопряженную (общую) область между структурными элементами, механизм взаимодействия между ними, который обуславливает возникновение нового качества у вновь возникшей системы.

Метод моделирования в современный период образовательных реформ особенно востребован в силу того, что через данный метод реализуются идеи системно-деятельностного подхода, который, обогатившись идеями компетентностного подхода, был положен в основу разработки современных школьных и вузовских стандартов. Ключевым понятием в системно-деятельностном и компетентностном подходах выступает деятельность, многообразие которой имеет место при конструировании моделей учащимися и студентами.

Изучение биологических процессов и явлений на молекулярном и субмолекулярном уровнях предопределяет более целенаправленное использование моделей и моделирования при изучении биологических дисциплин, так как они являются средствами наглядности и, кроме того, выполняют методологическую функцию. Особую значимость метод моделирования приобретает при изучении физиологических процессов в силу того, что развитие понятий и умений физиологического характера представляет значительную сложность. Физиологические понятия, отражающие процессы являются крайне абстрактными, поэтому перевести словесную информацию о физиологических процессах в цельные обобщенные образы, которые являются основной ступенью к такому понятию достаточно сложно не только учащимся, но и студентам, особенно со слабой подготовкой физики и химии. Модели же дают возможность создания у студентов таких наглядных образов изучаемых процессов, которые выражают самые существенные свойства этих объектов, их внутреннюю структуру и сущность.

К образным моделям относят широко используемые разного рода рисунки, фотографии, схемы и т.д. При изучении

физиологических функций особое значение играют логически связанные схемы и рисунки интегративного характера, которые отражают сущность не только отдельных физиологических процессов (или их этапов), но и их взаимосвязь, а также механизмы их регуляции. Разработанное нами пособие «Образно-знаковые модели к курсу «Физиология растений» составлено с учетом этой идеи [168].

Представленные блоки логически связанных образно-знаковых моделей по курсу «Физиология растений» помогают студентам не только самостоятельно разобраться в сущности изучаемых процессов, протекающих в растениях, но и усвоить моделирование как важнейший метод познания, который наряду с другими послужит фундаментальной основой для их самообразования и самообучения. При таком подходе к делу может быть сформирован обобщенно-образный вид мышления, который является качественно новой ступенью, позволяющей развить мышление студентов до понятийного уровня. Предлагаемые схемы-модели как раз и направлены для достижения этой цели.

Использование моделей в обозначенном выше пособии позволяет проводить лекции в режиме интерактивного обучения, что существенно активизирует индивидуальные умственные процессы студентов; инициирует их внутреннюю необходимость к диалогу с преподавателем и сокурсниками; активизируют положительные чувственные и интеллектуальные эмоции, которые, являясь ядром мотивации, вызывают внутренний интерес к изучению физиологических процессов и биологии в целом.

### 2.3. АТРИБУТИВНАЯ МОДЕЛЬ (СХЕМА) ПОНЯТИЯ «МАТЕРИЯ» И ЕЕ РОЛЬ В ФОРМИРОВАНИИ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ПОНЯТИЙ «ВЕЩЕСТВО» И «ЭНЕРГИЯ» ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ

Общие принципы организации и функционирования материи являются основной методологией для изучения конкретных форм ее движения, в том числе и биологической. Знание этих фундаментальных закономерностей позволяет выявить материальную основу, на которой возникла данная форма материи, ее фундаментальные свойства, выступающие как единство противоположностей и определяющие ее дальнейшее развитие, качественное отличие от других форм бытия и т.д.

При характеристике различных форм движения материи широко используют следующие всеобщие категории: **вещество** как вид материи; **энергия** – общая количественная мера различных форм движения материи; **информация** – мера организованности (разнообразия) систем, находящаяся с энтропией в обратной зависимости; **форма** как организующий фактор бытия, принцип упорядоченности, способ существования того или иного содержания.

Взаимоотношения между содержанием и формой в полной мере подчиняются основному закону философии – единства и борьбы противоположностей: «...содержание – определяющая сторона целого, совокупность частей (элементов) предмета, форма – внутренняя организация содержания. Отношение содержания и формы характеризуется относительным единством; в ходе развития образуется несоответствие содержания и формы, которое, в конечном счете, разрешается «сбрасыванием» и возникновением новой формы, соответствующей развивающемуся содержанию» [190, с. 1230].

Предельно общие понятия, законы и теории выступают методом научно-теоретического мышления, иначе говоря, методологией познания объективной реальности [104], поэтому полноценное их усвоение учащимися при изучении цикла естественных дисциплин (физики, химии, биологии, географии и др.) является важнейшим условием формирования естественнонаучного мышления [223; 226]. На основе их усвоения и формируется естественнонаучная картина мира. Центральными в естественных науках являются понятия: «материя», «вещество», «поле», «масса», «энергия», «сила», «информация» и др. Не составляет исключения в этом смысле и биология.

При изучении биологической формы движения материи в курсе биологии особое внимание уделяется формированию понятий «вещество» и «энергия». Это обусловлено тем, что в основе обмена веществ биологических систем разного уровня организации с окружающей их средой лежат физические и химические явления, обуславливающие превращения вещества и энергии. Поэтому и содержание понятия обмена веществ раскрывается через понятия «вещество» и «энергия», что четко отражено в одном из его определений: **«Обмен веществ (метаболизм – от греч. metabole – перемена) – совокупность всех химических изменений и всех видов превращений веществ и энергии в организмах, обеспечивающих развитие, жизнедеятельность и самовоспроизведение организмов, их связь с окружающей средой и адаптацию к изменениям внешних условий. Основу обмена веществ составляют взаимосвязанные процессы анаболизма и катаболизма, направленные на непрерывное обновление живого материала и обеспечение его необходимой энергией»** [190, с. 905]. В свою очередь обмен веществ, по определению Ф. Энгельса, является главным функциональным критерием всего живого [258].

Почему при изучении курса биологии понятиям «вещество» и «энергия» необходимо уделять особое внимание? Ответ на этот вопрос можно найти в трудах выдающегося физиолога прошлого столетия К.А. Тимирязева. В цикле лекций «Исторический метод в биологии» он писал: «Все объективные проявления жизни сводятся к трем категориям явлений: это или превращение вещества, или превращение энергии, или, наконец, превращение формы» [208, с. 389]. Современная наука добавляет и четвертую категорию – эволюционное накопление, хранение, передачу и преобразование наследственной информации.

Великий ученый не случайно отводил в жизненных явлениях первое место превращению вещества и энергии. Именно они позволяют живым организмам быть открытыми системами, не только поддерживать, но и увеличивать степень их организации, то есть противостоять повышению энтропии. Благодаря этому живые системы приобретают ряд новых качеств и свойств, которые принципиально отличают их от неживых. Живое состояние – это, в первую очередь, не структура, а процесс. Структуры живого нестабильны, они постоянно разрушаются и строятся заново, а это возможно благодаря превращениям вещества и энергии.

По мнению корифеев, методика биологии Н.М. Верзилина и В.М. Корсунской, «важнейшее понятие об обмене веществ, связанном с жизненными функциями и условиями жизни, требует особого внимания. Научному формированию и планомерному развитию понятия об обмене веществ мешает отсутствие должного внимания обмену внутриклеточному, внутритканевому и превращениям энергии» [34, с. 90–93].

На молекулярном уровне понятие «обмен веществ» рассматривается в школьном курсе общей биологии при изучении строения и функции клеток. Обмен веществ и превращения их энергии раскрывает биохимические функции клетки, разделение их между частями клетки соответственно ее морфологическому расчленению. В клетке действует множество систем с поразительной согласованностью и закономерностью, что и обеспечивает ее воспроизведение и превращения энергии [34, с. 74].

Таким образом, являясь важнейшими для всего естествознания понятия «вещество» и «энергия» выполняют, прежде всего, методологическую функцию при формировании такого фундаментального понятия курса биологии, как «обмен веществ». [76; 223]. В свою очередь ключевое общебиологическое понятие «обмен веществ» также выполняет методологическую функцию и во многом предопределяет стратегию формирования таких важнейших общебиологических понятий, как анаболизм, катаболизм, фотосинтез, дыхание, биологическое окисление и др. Вполне естественно, что от понимания сущности этих понятий, их логической взаимосвязи будет зависеть глубина и верность сформированности итогового понятия – обмена веществ.

Анализ содержания наиболее используемых учебников общей биологии в школьной практике позволяет утверждать, что при интерпретации таких основополагающих понятий, как «обмен веществ», «метаболизм», «ассимиляция», «анаболизм», «диссимиляция», «катаболизм» авторами допускаются как неточности, так и существенные ошибки. Наиболее ярко они высвечиваются при формировании понятия «катаболизм» [113, 144–146]. Одна из причин этому, по-видимому, кроется в том, что даже в таком фундаментальном справочном словаре,

как «Большой советский энциклопедический словарь» в расшифровке данного понятия допускаются существенные огрехи. Для подтверждения данного тезиса проанализируем определение катаболизма, приведенное в этом словаре: **«Катаболизм** (от греч. *katabole* – сбрасывание, разрушение) (диссимиляция) – совокупность протекающих в живом организме ферментативных реакций расщепления сложных органических веществ (в т.ч. пищевых). В процессе катаболизма происходит освобождение энергии, заключенной в химических связях крупных органических молекул и запасание ее в форме богатых энергией фосфатных связей АТФ. Катаболические процессы – клеточное дыхание, гликолиз, брожение. Основные конечные продукты катаболизма – вода,  $\text{CO}_2$  и  $\text{NH}_3$ , мочевины, молочная кислота» [190, с. 556]. Первая часть определения констатирует, что лежит в основе данного процесса (совокупность ферментативных реакций), и к ней нет никаких замечаний. Вторая показывает роль этого процесса (его значимость) и сводит его только к освобождению энергии и запасанию ее в форме АТФ, но при этом опускаются многочисленные промежуточные метаболиты данного процесса, которые используются как строительные блоки для всех соединений клетки: белков, нуклеиновых кислот, липидов, полисахаридов и т.д.

Данная ошибка переносится в школьные учебники. Так, например, в учебнике общей биологии под ред. В.Б. Захарова рассматриваемому понятию дается следующее определение: «Процессом, противоположным синтезу, является диссимиляция – совокупность реакций расщепления. При расщеплении высокомолекулярных соединений выделяется энергия, необходимая для реакций биосинтеза. Поэтому диссимиляцию называют еще энергетическим обменом клетки или катаболизмом...» [144, с. 123].

Попутно следует отметить, что помимо перенесенной ошибки (относительно промежуточных метаболитов), авторы учебника допустили новые, поставив знак абсолютного равенства между понятиями диссимиляции, катаболизма и энергетического обмена.

Понятие «катаболизм» как одно из фундаментальных биологических понятий выполняет методологическую функцию в определении содержания понятий, лежащих в его основе, и, в первую очередь, такого как «дыхание». Широко известный постулат – без дыхания нет жизни – говорит о многом. Дыхание (в широком смысле этого слова) присуще всем организмам на Земле, и от понимания сущности этого процесса зависит во многом целостное понимание организации и функционирования живой материи на молекулярном уровне.

Вполне естественно, что ошибка, имеющая место в определении понятия «катаболизм», была перенесена и на понятие «дыхание». Доказательством этому может служить определение дыхания в том же словаре: «Дыхание – совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода и удаление углекислого газа (внешнее дыхание), а также использование кислорода клетками и тканями для окисления органических веществ с освобождением энергии, необходимой для их жизнедеятельности (так называемое клеточное или тканевое дыхание)...» [190, с. 418]. Комментарий к данному определению, по-видимому, излишен. К сожалению, не избежал данной ошибки один из лучших современных учебников по общей биологии под редакцией А.О. Рувинского [146], а также и учебники зарубежных авторов, которые зачастую адресованы одновременно преподавателям, студентам, учителям и учащимся. Это касается и весьма солидного учебника «Введение в биологию»

(П. Кемп, К. Армс) [113]; широко известного трехтомника «Биология» (Н. Грин и др.) [66]. В последнем учебнике промежуточные метаболиты процесса дыхания не указаны ни в гликолизе, ни в цикле Кребса, а лишь в глиоксилатном цикле, который, как правило, в школе не изучается. Таким образом, приведенные факты и рассуждения позволяют заключить, что ошибки в толковании сущности понятий катаболизма, дыхания и др., имеющие место в справочной литературе, зачастую переносятся в школьные учебники, что оказывает негативное влияние на понимание физиологических функций живых организмов в целом.

Приведенные аргументы и логические рассуждения позволяют констатировать, что в основе таких фундаментальных биологических процессов, как обмен веществ (метаболизм), анаболизм, катаболизм, фотосинтез, дыхание и др. лежат явления превращения вещества и энергии, находящиеся между собой во взаимосвязи. Поэтому и формирование понятий «вещество» и «энергия» при изучении этих процессов также должно идти параллельно и во взаимосвязи. Попытка формировать эти понятия по отдельности (например, «энергетический обмен») является грубейшей методологической ошибкой, цена которой непонимание большинством учащихся (и даже студентов) сущности вышеназванных процессов, что, безусловно, негативно сказывается на формировании у них биологического мышления в целом.

Изучение школьного курса биологии, как известно, начинается с раздела «Растения» и это вполне логично, так как растительные организмы по своей сложности стоят на более низкой ступени организации по сравнению с животными, а тем более с человеком. В этом разделе дается не только разнообразный фактический материал, но и предпринимается попытка

формирования базовых общебиологических понятий, таких как «обмен веществ», «анаболизм» (на примере фотосинтеза) и «катаболизм» (на примере дыхания) [106]. Сама стратегическая линия такого подхода верна, однако тактически она реализуется весьма неэффективно. Основная причина тому – отсутствие у школьников базовых физических и химических понятий, прежде всего таких как «вещество» и «энергия». Отсутствие должного научного наполнения содержанием этих понятий, которое возлагается прежде всего на курсы физики и химии (а они изучаются позже), приводит к тому, что понимание и интерпретация этих понятий перед изучением раздела «Растения» находится, если можно так выразиться, на полубытовом уровне. Вполне естественно, что на том же уровне нарабатываются понятия о фотосинтезе и дыхании, фундаментом которых являются понятия «вещество» и «энергия».

Об актуальности данной проблемы и неотложности ее решения свидетельствуют высказывания видных отечественных ученых. Так, в предисловии к трехтомному английскому изданию «Биология» (Н. Грин и др.) известные ученые Б.М. Медников и А.А. Нейфх отмечают: «Ни для кого не секрет (кроме Академии педагогических наук), что преподавание биологии в наших школах ведется из рук вон плохо. Одна из причин этого – растянутый на ряд лет курс, начинающийся с предельно адаптированной для младших школьников ботаники и кончающийся общей биологией, которую учащиеся «проходят» (удивительно уместный термин!), основательно забыв все остальное. Такое положение уже становится нетерпимым» [66, с. 5]. Анализируя опыт зарубежных школ по модернизации биологического образования, эти же ученые продолжают: «Эту простую истину

уже поняли за рубежом: как правило, биологию там преподают в старших классах, в течение не более чем двух-трех лет, цельным курсом и одновременно с органической химией. В сочетании с хорошо разработанным практикумом это дает неплохие результаты: человек со средним образованием в США или Англии имеет познания в биологии, сравнимые с таковыми у наших студентов 1–2 курсов» [там же]. Перестройка курса биологии, по мнению другого крупного исследователя в области методики физики А.В. Усовой, приводит к необходимости перестройки содержания и структуры курсов физики и химии, а также изменения их места в учебном плане [229].

В настоящее время необходимо создать, на наш взгляд, естественную образовательную систему, которая отражала бы естественный ход развития материи вообще, в результате которого физическая форма движения материи породила химическую, а она, в свою очередь, – биологическую, в то время как существующие образовательные системы (концепции) в области биологии в той или иной мере являются искусственными [167; 175].

Реализация данной идеи становится особенно актуальной в современный период развития общества, так как решение многих насущных проблем в области естествознания требует интеграции знаний естественных курсов, изучаемых в школе. Прогнозируя подобную тенденцию, ряд исследователей ведут многолетнюю работу по внедрению новой концепции естественнонаучного образования, основанной на опережающем изучении курса физики (в 5 классе), разработанной профессором А.В. Усовой [231]. Данная концепция включена в план исследования РАО, поддержана грантом Министерства образования РФ и апробирована в школах г. Челябинска и области, а также за ее пределами.

Проведенный педагогический эксперимент дал положительный результат, и работа в этом направлении продолжается. Реализация данной концепции в школьной практике убедительно свидетельствует, что усвоение учащимися фундаментальных естественнонаучных понятий, законов, теорий в 5–6 классах создает научный фундамент для изучения биологических систем разного уровня организации не только на эмпирическом уровне, но и теоретическом. При этом усваивается не только понятийный аппарат курсов физики и химии (в том числе и понятий «вещество» и «энергия»), но и методы и приемы, которые позволяют добывать научные знания об объектах и явлениях окружающего мира. Важнейшим из них является функциональный подход, применение и усвоение которого в курсах физики и химии позволит эффективно его использовать и углубить при изучении физиологических функций, понимать их сущность и управлять ими в практической деятельности.

Таким образом, приведенные факты и логические рассуждения позволяют констатировать, что в разделе «Растения» не закладываются, да и не могут быть заложены на должном (научном) уровне такие базовые общебиологические понятия, как «обмен веществ» («метаболизм») «анаболизм» и «катаболизм», «фотосинтез», «дыхание» и др., которые призваны определять стратегию изучения всех остальных разделов биологии. Без получения элементарных знаний о превращении вещества и энергии при изучении раздела «Растения» нельзя понять сущности физиологических процессов (прежде всего таких как фотосинтез и дыхание), уловить взаимосвязь между ними, выявить механизмы воздействия на них экологических факторов. В свою очередь глубокое познание биологических процессов позволит управлять ростом и развитием растительных организмов и, в конечном итоге, их продуктивностью.

Кардинальное решение этой проблемы, как уже было отмечено выше, требует коренного пересмотра школьных учебных планов и опережающего изучения курсов физики и химии. Однако от учителя не зависит стратегическое решение этого вопроса, а поэтому единственным путем в достижении этой цели в настоящее время является изменение тактики. Это значит, что при изучении раздела «Растения» учителю необходимо параллельно формировать физические и химические понятия, без которых невозможно заложить прочный фундамент для всего курса биологии. Для решения этой задачи автором разработана программа для раздела «Растения», в которую введена пропедевтическая тема «Генетическая связь неживой и живой природы» [237]. Она предусматривает закладку таких фундаментальных физических и химических понятий, как «атом», «молекула», «химическая реакция», «простое и сложное вещество», «органическое и неорганическое вещество», «фотон», «диффузия» и т.д., без которых невозможно понять сущность физиологических процессов даже в самом общем виде. Данная тема фактически закладывает методологическую основу для всего курса биологии.

Таким образом, «вещество» и «энергия» как фундаментальные естественнонаучные понятия выполняют исключительно важную методологическую функцию при изучении неживых и живых объектов материального мира. Целенаправленное их формирование и использование приводит к тому, что они становятся общими законами мышления школьников, обеспечивая более быстрыми темпами познание сущности изучаемых объектов и явлений, а также их взаимосвязи, формируя единую картину научного мировоззрения.

Вещество как вид материи и энергия как количественная мера всех форм движения материи тесно связаны между собой

и с другими ее атрибутами. Поэтому учителю, закладывающему и развивающему данные понятия, необходимо иметь обобщенную модель (схему) иерархии и взаимосвязи между фундаментальными естественнонаучными (философскими) понятиями, являющимися отражением бытия.

Стратегия формирования основополагающих физических понятий «вещество» и «энергия» во многом будет определяться пониманием принципов организации, функционирования и развития материи в целом. Термин «материя» был введен Цицероном в I веке до н.э. и в переводе с латинского означает «вещество». Однако по мере развития философии и науки содержание данного понятия было существенно расширено. По определению В.И. Ленина, «*материя* есть философская категория для обозначения объективной реальности, которая дана человеку в ощущениях его, которая копируется, фотографируется, отображается нашими ощущениями, существуя независимо от них» [114, с. 131]. Это определение дано с позиций диалектического материализма и в нем понятию материи придается всеобщее содержание: оно охватывает не какие-то определенные предметы и процессы, а всю объективную реальность. Объективная реальность, как предельно обобщенный признак, по мнению В.И. Ленина, характеризует любые виды материи, независимо от того, познаны они уже или будут познаны в будущем. Определяя материю посредством этого признака, диалектический материализм неявно предполагает бесконечное развитие материи и ее неисчерпаемость.

В современной философии и науке сложилось несколько базовых категориальных понятий. Кроме материи, к ним относят движение, отражение, взаимодействие, энергию, энтропию и информацию. Философия и современное естествознание

формируют методологический уровень, на котором данные категории имеют богатую и разнообразную феноменологию. В онтологии (учение об общих категориях, принципах и закономерностях мира) материя – носитель всех разнообразных свойств, отношений, изменений и взаимодействий объектов существующего реального мира. В гносеологии (учение о составе, структуре, системе форм знания; источниках, формах и методах познания) – всеобщий объект отражения; объективная реальность, существующая независимо от человеческого сознания.

Таким образом, философские определения понятия «материя» строятся на основе системы атрибутов, (неотъемлемых, существенных свойствах объекта), раскрывающих ее сущность. Такими *атрибутами материи выступают движение, взаимодействие и отражение*. Раскрытие их сущности позволяет создать атрибутивную модель данного понятия, являющуюся основой для его познания.

Материя и ее атрибуты являются философскими абстракциями, формирующими совокупность наших представлений о реальном мире. Естествознание, не претендуя на изменение смысла понятия «материя», использует ряд категорий (т.е. предельно общих понятий), позволяющих конкретизировать и обобщить все явления окружающей действительности на основании качественных и количественных характеристик. Такими категориями являются понятия *энергии, информации и энтропии*. Они имеют абстрактный смысл, т.е. недоступны прямому наблюдению, их значения определяют с расчетным путем с использованием результатов замера других наблюдаемых величин. Тем не менее в общем виде они выступают как мерные характеристики атрибутов материи и поэтому должны быть включены *в атрибутивную модель понятия материи*.

Таким образом, понятие «материя» является самым общим понятием философии и естествознания и его сущность раскрывается на основе системы атрибутов и их мерных характеристик. Однако в понимании сущности данного понятия важную роль играют и другие ее характеристики: формы проявления (виды материи) – вещество и поле, а также формы существования (бытия) – пространство и время. Вся совокупность этих характеристик материи, известная к настоящему времени, позволяет создать атрибутивную модель (схему) понятия материи, которая сводит их в логически связанную целостную систему и поэтому может являться своеобразной методологией изучения конкретных объектов и явлений окружающего мира (рис.4). Для понимания сущности предложенной модели (понятия материи) следует хотя бы кратко рассмотреть содержание ее составляющих элементов и их взаимосвязи.

Важнейший атрибут материи – *движение* – является способом ее существования. В самом общем виде под движением понимается непрерывное изменение вообще, всякое взаимодействие материальных объектов. Диалектический материализм исходит из принципа единства материи и движения: нет материи без движения, как и нет движения без материи. Движение материи абсолютно, тогда как всякий покой относителен и представляет собой один из элементов движения (например, тело, покоящееся по отношению к Земле, движется с ней вокруг Солнца и т.д.). Движение выступает как единство противоположностей – изменчивости и устойчивости, прерывности и непрерывности, абсолютного и относительного.

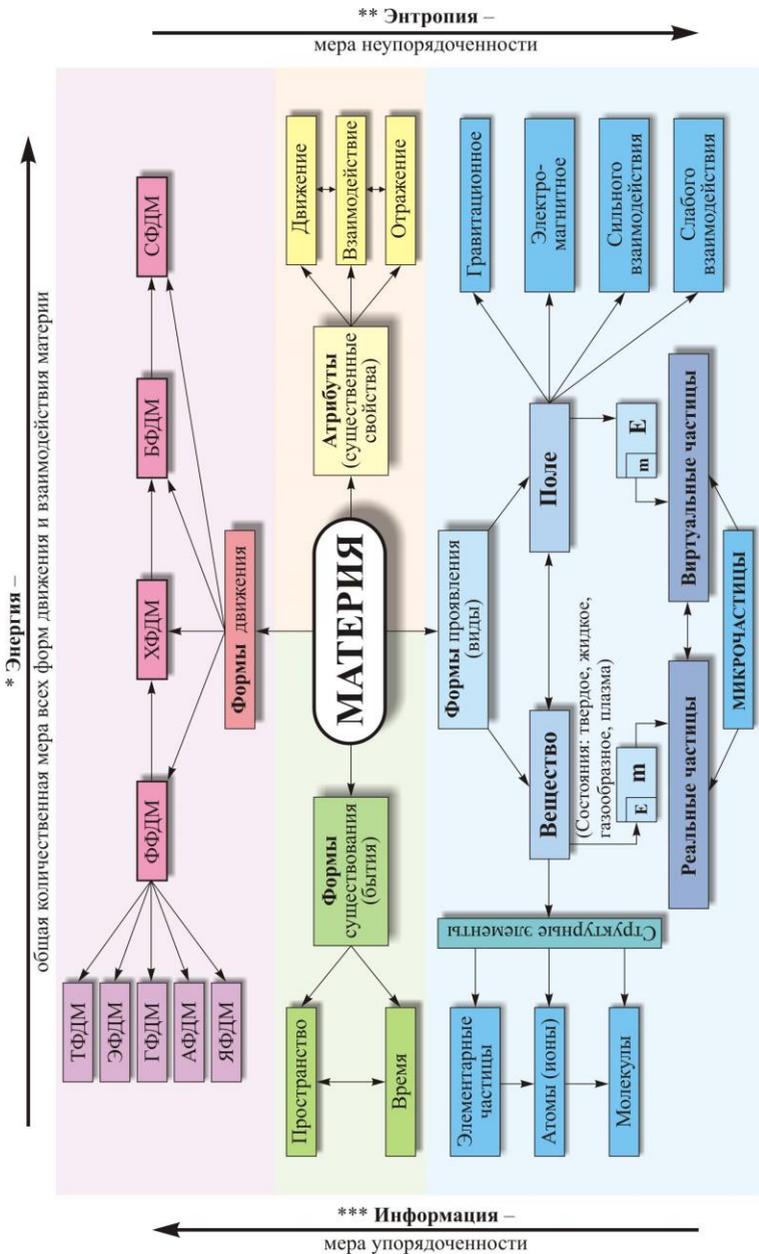


Рис. 7. Атрибутивная модель понятия “материя”  
\*, \*\*, \*\*\*, \*\*\*\* - мерные характеристики атрибутов материи

В неразрывном единстве двух противоположных моментов – изменчивости и устойчивости – ведущую роль играет изменчивость, ибо все новое в мире появляется лишь через нее, а устойчивость, покой лишь фиксируют достигнутое в этом процессе. На уровне живой системы этот принцип находит отражение в единстве процессов саморегуляции, обеспечивающей онтогенез (эволюцию) и поддерживающий гомеостаз. Саморегуляция в данном случае выступает как самодвижение живой системы, которое выражает изменение объекта под влиянием внутренне присущих ему противоречий, факторов и условий. Оно присуще всем уровням строения материи – от механического, квантово-физического (изменения в субатомных, атомных и молекулярных системах в результате неустойчивости их структур) и химического (процессы в каталитических системах) до биологического и социального уровней. Самодвижение находит свое выражение в саморазвитии, которое свойственно как материальному миру в целом, так и его отдельным объектам (биологические системы, эволюция галактик, происхождение Солнечной системы и т.д.).

Саморазвитие обеспечивает переход систем на более высокий уровень организации. Это хорошо прослеживается на примере эволюции различных форм движения материи: механическая → физическая (тепловая, электромагнитная, гравитационная, атомная, ядерная) → химическая → биологическая → социальная.

Следовательно, движение материи многообразно по своим проявлениям и существует в различных формах, между которыми имеется генетическая связь. Высшие формы движения материи исторически возникают на основе относительно

низших и включают их в себя в преобразованном виде в соответствии со своей структурой и законами развития как более сложной системы. Между ними существует единство и взаимное влияние. Однако высшие формы движения материи качественно отличны от низших и несводимы к ним [31, с. 71–74].

Раскрытие взаимосвязей между формами движения материи играет исключительно важную роль в понимании единства мира, в познании сущности сложных явлений природы и общества и приводит к выводу, что все процессы и явления, протекающие в природе на микро-, макро- и мегауровнях, подчиняются одним и тем же фундаментальным принципам и законам, т.е. оказываются принципиально тождественными. Их осмысление и умение использовать на практике приводит к тому, что они становятся формами научного мышления и мировоззрения учащихся.

Таким образом, *движение* является фундаментальным атрибутом материи, обеспечивая ее существование и развитие в пространстве и во времени. Кроме того, движение как фундаментальное свойство материи предопределяет существование второго ее атрибута – взаимодействие. Под ним в широком смысле слова понимается всеобщая форма связи тел или явлений, осуществляющаяся в их взаимном изменении. Взаимодействие и движение представляют собой важнейшие атрибуты материи, без которых невозможно ее существование. Взаимодействие выступает как интегрирующий фактор, посредством которого происходит соединение различных материальных элементов в системы, системную организацию материи, обуславливая ее целостность. В силу универсальности взаимодействия осуществляется функциональная взаимосвязь всех структурных уровней бытия, материальное единство мира.

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

Все свойства тел производны от взаимодействий, являются результатом их внутренних структурных связей и внешних взаимодействий между собой, поэтому понятие «взаимодействие» находится в глубокой связи с понятием «структура». Под структурой понимают совокупность устойчивых связей объекта, обеспечивающих его целостность и тождественность самому себе, то есть сохранение основных свойств при различных внешних и внутренних изменениях [190, с. 1276]. Открытые материальные системы всегда взаимодействуют с внешним окружением. При этом некоторые свойства, отношения и связи элементов в этом взаимодействии меняются, но основные связи могут сохраняться, и это является условием существования системы как целого. Эти устойчивые связи и отношения между элементами системы и образуют ее структуру [31, с. 56].

Согласно второму закону термодинамики, в природе в целом и в каждой изолированной системе энтропия всегда увеличивается, а так как величина энтропии характеризует степень неупорядоченности, упорядоченность всегда уменьшается. Поэтому долгое время казалось, что самопроизвольное стремление к тепловому равновесию противоречит процессу образования структур в живых организмах. Первым это противоречие попытался устранить Э. Шредингер (1947). Он отметил, что биологические объекты не являются замкнутыми, а взаимодействуют со средой, в которой имеются потоки энергии и вещества,

обусловленные притоком солнечного света. Функционирование живого организма сводится к пропусканию через себя части этих потоков и их преобразованию. Энтропия открытой системы может даже уменьшаться со временем благодаря уходу ее от системы в окружающую среду или, как выражается Шредингер, организм «питается отрицательной энтропией» (негэнтропия). Существование открытых систем с нарастающей степенью упорядоченности не является парадоксом с позиций неравновесной статистической физики. Для Шредингера организм есть «апериодический кристалл», то есть высокоупорядоченная система, подобная твердому телу, но лишенная периодичности в расположении элементов – клеток, молекул, атомов. Поэтому явления типа самоорганизации возможны и в неживой природе в сильно неравновесных открытых системах.

Живые организмы постоянно создают из беспорядка упорядоченность. В них возникает и поддерживается физическое и химическое неравновесие, на котором основана работоспособность живых систем. В процессе индивидуального развития (онтогенеза) каждого живого организма, так же как и в процессе эволюционного развития (филогенезе), все время образуются новые структуры, т.е. достигается состояние более высокой упорядоченности. Это кажущееся противоречие с законом возрастания энтропии объясняется тем, что организмы – не изолированные, а открытые системы, непрерывно обменивающиеся веществом и энергией с окружающей средой. Это позволило сформулировать определение жизни с термодинамической точки зрения следующим образом: «Живыми называют такие системы, которые способны самостоятельно поддерживать и увеличивать свою очень высокую степень упорядоченности в среде с меньшей степенью упорядоченности» (Э. Гюнтер и др. 1982).

Отсюда следует, что обмен веществ как важнейшая функция живых организмов с точки зрения термодинамики необходим для того, чтобы препятствовать увеличению энтропии, обусловленному необратимыми процессами в системе.

Каждый живой организм и каждая клетка представляют собой термодинамическую открытую систему, которая непрерывно превращает заключенную в органических веществах химическую энергию в энергию рабочих процессов и, в конце концов, отдает ее в окружающую среду в форме тепла. В результате этого обмена веществом и энергией с окружающей средой и живой системой нет термодинамического равновесия. «Живая система никогда не находится в равновесии и все время совершает за счет своей свободной энергии работу против равновесия, устанавливающегося при данных внешних условиях» («всеобщий закон биологии», Бауэр, 1935). При температурах, свойственных живому организму, его структуры лабильны и подвергаются непрерывному распаду. Для компенсации этого распада должна совершаться «внутренняя работа» в форме процессов синтеза. Иными словами, рабочие процессы являются процессами с отрицательной энтропией (негэнтропийными процессами), так как они противодействуют увеличению энтропии, связанному с распадом структур, создают упорядоченность с помощью химической энергии и низкой энтропии поглощаемых высокомолекулярных органических веществ (гетеротрофные организмы) или с помощью электромагнитной энергии и низкой энтропии поглощаемого солнечного света (автотрофные зеленые растения). Прекращение этого процесса означает потерю структурности, смерть. Труп переходит в состояние термодинамического равновесия с максимальной энтропией.

Таким образом, наукой доказано, что неравновесные живые системы подчиняются тем же общим законам термодинамики, которым подчиняются другие неравновесные, но неживые системы, поэтому для характеристики живых организмов применимы и соответствующие термодинамические функции, и прежде всего, такие как энергия и энтропия.

Согласно диалектическому материализму, жизнь есть особая форма движения материи, которая возникает как новое качество на определенном этапе исторического развития материи. Поэтому она обладает свойствами, отличающими ее от неорганического мира, и ей присущи особые, специфические закономерности, не сводимые только к закономерностям физики и химии. Каждая форма движения материи имеет в своей основе определенные типы взаимодействия структурных элементов, которые предопределяют ее существование и развитие.

Важнейшая особенность биологических систем заключается в том, что такой обмен осуществляется под контролем специальных механизмов реализации генетической информации и внутреннего управления, которые позволяют избежать «термодинамической смерти» путем использования энергии, извлекаемой из внешней среды. Устойчивость стационарных состояний биосистем (сохранение постоянства внутренних характеристик на фоне нестабильной или изменяющейся внешней среды), а также способность их к переходу из одного стационарного состояния в другое (свойство неустойчивости стационарных состояний биологических систем) обеспечиваются многообразными механизмами саморегуляции. Такая специфика биосистем определяется высоким уровнем их сложности и большим количеством элементов, что, в конечном итоге, определяет высокую

эффективность протекания процессов самоорганизации (само-регуляции) и появление у них нового явления – Жизни.

Отличительная особенность процессов саморегуляции живых систем заключается в их целенаправленном, но вместе с тем естественном, спонтанном характере: эти процессы, протекающие при взаимодействии системы с окружающей средой, в той или иной мере автономны, относительно независимы от среды. Поэтому биологическая форма движения материи связана с пополнением и сохранением пластических и энергетических ресурсов, регулированием возрастания энергии и энтропии, сохранением и изменением наследственной информации.

Наиболее сложные формы взаимодействия и самоорганизации характеризуют жизнь общества и основаны на уникальной способности человека накапливать, анализировать и использовать прошлый опыт (информацию).

Таким образом, взаимодействие представляет собой развертывающийся во времени и пространстве процесс воздействия одних материальных объектов на другие путем обмена материей, движением и информацией, в результате чего происходит изменение состояния их движения, взаимопереход, а также порождение одним объектом другого.

Категория «взаимодействие» является существенным, методологическим принципом познания природных и общественных явлений. Любой объект может быть понят и определен лишь в системе отношений и взаимодействий с другими окружающими явлениями, их частями, сторонами и свойствами. Познание вещей означает познание их взаимодействия и само является результатом взаимодействия между субъектом и объектом. Исследование особенностей этого взаимодействия, природы взаимодействующих систем (субъекта и объекта прежде всего) является ключевым к пониманию сущности мышления [104, с. 160].

Мышление и субъективно и объективно, оно стремится стать тождественным объекту, но не может полностью совпасть, слиться с объектом, ибо является формой деятельности субъекта. Динамику отношения мышления к субъекту и объекту хорошо выражает понятие «отражение». Во-первых, оно различает мышление и объект. Объект существует независимо от мышления. Во-вторых, оно одновременно и отождествляет мышление и объект, мышление в своем отражении воспроизводит объект в свойственной субъекту форме. Поэтому мышление еще определяют и как способность человеческого сознания отразить в абстракциях или их системе существующий вне его объект.

Мышление имеет определенную генетическую связь с другими формами отражения, существующими в живой и неживой природе, в том числе со способностью отражения, лежащей в фундаменте материи и присущей всем ее видам и формам. Однако следует различать мышление и отражение: всякое мышление есть отражение, но не всякое отражение является мышлением. Мышление – особая форма отражения, возникающая в результате взаимодействия не любых двух материальных систем, а таких, одной из которых является общество [104, с. 162].

Таким образом, *отражение* является важнейшим атрибутом материи, и от понимания его сущности во многом зависит и понимание материального мира в целом. В философском смысле под отражением понимают непрерывное воспроизведение признаков, свойств и отношений объектов реальности. По мере развития материи изменялись способность и характер отражения у систем различного уровня ее организации. Наиболее простые формы отражения присущи телам неорганической природы. Например, след, произведенный воздействием одного

предмета на другой. Биологической форме движения материи присущи более сложные формы отражения: растениям и простейшим – раздражимость, животным и человеку – психическое отражение. Качественно новая специфическая форма отражения – сознание (мышление) – формируется в рамках социальной формы движения материи [31, с. 291–303].

Отражение считают одним из основных понятий материалистической теории познания. Являясь одним из важнейших свойств материи, отражение (наряду с другими ее свойствами) тесно связано с основным вопросом философии. Как показал В.И. Ленин, «...в основе теории познания диалектического материализма лежит признание внешнего мира и отражение его в человеческой голове» [31, с. 294]. 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 [31, с. 291–294].

Как уже было отмечено выше, взаимодействие различных материальных систем имеет своим результатом взаимоотражение, которое выступает в различных формах и проявляется на разных уровнях. Так, наиболее примитивной формой отражения живых организмов является раздражимость, которая проявляется в виде возбуждения и ответной реакции организма на воздействии внешних и внутренних факторов среды. В свою очередь,

в процессе жизнедеятельности организмы сами воздействуют на среду обитания, изменяя ее (образование почв, очистка вод животными-фильтрами от взвесей, изменение гидротермического режима под пологом леса, поддержание в атмосфере соотношения  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  и т.д.). Свойство раздражимости сходно и в то же время качественно отлично от форм отражения, существующих в неживой природе. Это качественное отличие заключается прежде всего в том, что живые организмы представляют саморегулирующиеся системы. Механизм отражения этих систем основан на принципе обратной связи, так что результат реакции соотносится с потребностями организма. Отсюда вытекает значение адаптации, которая характеризует два существенных свойства биологической формы движения материи: свойство живых систем менять свою жизнедеятельность под влиянием внешних факторов при помощи отражения и свойство развивать и совершенствовать механизм отражения для обеспечения наиболее адекватного отражения среды в процессе эволюции. Таким образом, отражение является средством управления, регулирования приспособительного поведения.

Способность к саморегуляции обуславливает появление у живых систем так называемого опережающего отражения, причем опережающее отражение действительности выступает как атрибутивная способность живых существ учитывать некоторые предстоящие события. С помощью эволюционно закрепившейся системы неспецифических реакций организм уходит от повреждающего эффекта раздражителя до того, как вызванные им изменения станут необратимыми. Иначе говоря, неспецифические реакции носят характер опережающих, а это обеспечивает надежность адаптивного поведения биосистемы в быстро меняющихся условиях существования.

Дальнейшая эволюция живых организмов привела к появлению у них нового свойства – чувствительности, т.е. способности иметь ощущения, являющиеся начальной формой психики. Формирование органов чувств и взаимной координации их действий привело к образованию способности отражать вещи в некоторой совокупности их свойств – способности к восприятию. Животные не только дифференцированно воспринимают свойства и отношения вещей, но и отражают значительное число существенных в биологическом отношении пространственно-временных и элементарных причинных связей в окружающем мире [31, с. 291–303].

В последующей эволюции животных произошли существенные изменения в их организации (появление ряда ароморфозов и арохимозов), которые обусловили становление социальных факторов развития – труд, речь, общественная жизнь. Все это привело к возникновению социальной по своей сущности формы отражения в виде сознания и самосознания. Для отражения, свойственного человеку, характерно то, что оно есть социальный по своей природе творческий процесс; предполагает не только воздействие на субъект извне, но и активное действие самого субъекта, его творческую активность, которая проявляется в избирательности и целенаправленности восприятия, в отвлечении от одних предметов, свойств и отношений и фиксации других, в превращении чувств, образа в логическую мысль, в оперировании понятиями. Творческая активность познающего человека раскрывается также в актах продуктивного воображения, фантазии, поисковой деятельности, направленной на раскрытие истины путем формирования гипотезы и ее проверки, в создании теории, продуцировании новых идей, замыслов, постановке целей [32, с. 291–303].

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

Категории «энергия», «информация» и «энтропия», как уже было отмечено выше, являются качественными и количественными характеристиками атрибутов материи. В этой связи раскрытие сущности данных понятий, установление взаимосвязи между ними и другими философскими (естественнонаучными) 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.

В современной философии и естествознании понятие «информация» тесно увязывают с понятием «отражение». Понятие «информация» (от лат. information – ознакомление, разъяснение) как меры организованности системы в противоположность понятию энтропии как меры неорганизованности, получило фундаментальный статус в естествознании (кибернетике) относительно недавно [38].

Кибернетика выявляет зависимость между информацией и другими характеристиками систем. Ей удалось установить обратную 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 [62]. Н. Винер приводит такой пример: «Кровь, оттекающая от головного мозга, на долю градуса теплее, чем кровь, притекающая к нему» [38].

По вопросу о соотношении отражения и информации до сих пор нет единого мнения. Весьма интересным является подход И.Б. Новика, который отмечает, что «информация по отношению к отражению занимает такое же место, как энергия по отношению к движению. Энергия – это качественная и количественная характеристика движения... И информация, подобно тому, представляет собой качественную и количественную характеристики организованности отражения» [141, с. 22]. Иначе говоря, информация выступает в качестве организованности, упорядоченности отражения. Анализируя различные подходы исследователей по данному вопросу, известный философ А.Д. Урсул приходит к выводу, что между понятиями отражения и информации имеется как сходство, так и различие: «Определения понятий отражения и информации сходны в том, что выражают воспроизведение одного объекта в другом. Однако между ними есть и отличие. Понятие отражения акцентирует внимание на воспроизведении содержания в целом, а понятие информации – на воспроизведении одной его стороны – разнообразия» [221, с. 60]. Следовательно, информация включает в себя не все содержание отражения, а лишь тот аспект, который связан с разнообразием, различием, но в значительной степени абстрагируется от моментов тождества, однообразия, хотя они и входят в содержание отражения.

С философской точки зрения информация – мера неоднородности распределения материи, мера упорядоченности отражения и движения. Информационное наполнение возможно

только при существовании материальной системы, причем информация играет системообразующую роль. Такая информация называется структурной и является свойством материи, которое не может быть ею абсолютно утрачено ни на каком уровне организации материальных объектов и ни на каком этапе существования материи.

В интегративной науке – синергетике – информация означает меру организации (согласованности, связности, упорядоченности) системы. Высокая мера упорядоченности (информационности) системы является условием (причиной) согласованности ее составных частей. Это приводит к уменьшению энтропии системы и, как следствие, увеличению согласованности и упорядоченности самой системы в целом. Другими словами, в открытых системах действует принцип максимума информации, который означает следующее: организм стремится ко все большему разнообразию условий внешней среды, сохраняя при этом относительное постоянство. Однако достигаемый максимум информации всегда условный, т.е. достигается лишь настолько, насколько позволяют условия, ограничения, наложенные на реакции. Важнейшими среди них являются ограничения на ресурсы, роль которых могут играть энергия, вещество, время, потребное пространство и т.п. Принцип максимума информации сложился как естественное продолжение той общенаучной тенденции, в русле которой возник и принцип экономии энергии и принцип максимума энтропии. Эти принципы могут рассматриваться как частные случаи принципа максимума информации, а последний – как их обобщение.

В процессе филогенеза и онтогенеза живых систем постоянно происходит уменьшение энтропии и возрастание информации. Возникновение новой информации в эволюции связано,

в частности, с запоминанием случайно выбранных нейтральных мутаций и генетических рекомбинаций, с возникновением ассоциатов. При возрастании сложности возрастает независимость системы от специфического окружения. Это происходит путем чередования дивергентных и конвергентных фаз. Конвергентная фаза означает уточнение имеющейся организации, дивергентная – перестройку системы, создание новой информации. Так новая информация создается при каждом новом скрещивании, при возникновении новой особи. К системам, создающим информацию, можно отнести клетку, функционирующий организм, биогеоценоз, биосферу, Вселенную и т.п. Создание новой системы также может происходить и на уровне видообразования, которое, по Ч. Дарвину, идет путем дивергенции.

Естественнонаучная атрибутивная модель понятия материи может быть построена лишь на основании совокупности взглядов на конкретные формы ее движения, существования и проявления. Для целостности понимания сущности материи необходимо рассмотреть ее явленческое проявление на конкретных объектах (видах материи) реального мира.

До открытия элементарных частиц и их взаимодействий наука выделяла два вида материи – вещество и поле. Под веществом как видом материи понимают «совокупность дискретных (прерывных) образований, обладающих массой покоя (атомы, молекулы и то, что из них построено)» [190, с. 216]. Атомы и молекулы образуют все разнообразие макроскопических тел, которые окружают человека. В свою очередь, сами атомы имеют сложное строение. Они образованы из элементарных частиц – протонов и нейтронов, составляющих атомное ядро, и электронов, движущихся вокруг ядра с огромной скоростью.

Долгое время ученые считали электрон элементарной частицей, основой мироздания, полагая, что они дошли до крайних пределов в изучении организации материи. В этой связи В.И. Ленин отмечал, что электрон так же неисчерпаем, как и атом. Данное положение во многом предопределило общие тенденции развития будущей физики элементарных частиц. Крупные зарубежные ученые М. Борн и др. в своих работах подчеркивали значение ленинской идеи в изучении глубинного строения материи [31, с. 54]. Именно эта методология в изучении материи привела ученых к выводу, что элементарные частицы состоят из более мелких «строительных блоков», которые были названы кварками.

В настоящее время известно шесть кварков и шесть антикварков, которые выступают как элементарные частицы, хотя гарантии, что они являются последними, неделимыми частицами материи, наука не дает. Комбинируемые в различных сочетаниях и удерживаемые вместе сильным ядерным взаимодействием, кварки образуют сотни элементарных, а точнее субатомных частиц, известных современной науке. В настоящее время установлено, что элементарные частицы существуют не только в составе атомов и ядер, но и в свободном состоянии. Множество этих частиц содержится, например, в космическом излучении [13].

В повседневной жизни человек обычно имеет дело с веществами, которые находятся в твердом, жидком и газообразном состоянии, однако наиболее распространенным состоянием вещества во Вселенной является плазма. Она напоминает газ, однако свойства ее отличны от свойств газа. Ее основу составляют электрически заряженные частицы – электроны и ионы, которые «стянуты» действием сильного магнитного поля,

в результате чего плазма обретает специфический, так называемый винтовой порядок. Изучение плазмы является весьма перспективным направлением современной науки, так как создает огромные возможности для прогресса техники, в частности, открывает путь к управлению термоядерными реакциями и получению тем самым неисчерпаемого источника энергии. В состоянии плазмы находятся звезды, туманности, межзвездный газ, тогда как твердые, жидкие и газообразные тела, которые столь распространены на Земле, для Вселенной в целом большая редкость.

Современная наука предполагает существование еще одного состояния вещества – нейтронное, которое обусловлено тем, что при огромных давлениях электроны могут проникать в атомное ядро и, соединяясь с протонами ядра, образовывать нейтроны. Отличительными особенностями веществ в нейтронном состоянии являются огромная электропроводность, возникновение сильных магнитных полей в случае прохождения электрического тока и удивительная, ни с чем не сравнимая плотность. Кубический сантиметр вещества в нейтронном состоянии должен весить не менее миллиона тонн.

Таким образом, основным свойством (характеристикой) вещества является масса, причем вещество обладает массой покоя. Однако вещество характеризуется и энергией (энергия химических связей, кинетическая, ядерная и др.).

Человека с давних пор интересовал вопрос, как образовались все те макросистемы, в которых мы живем. Ближе всего к разгадке этой фундаментальной проблемы материи подошла современная наука синергетика. Она сформулировала принцип самодвижения в неживой природе, создания более сложных систем из более простых. С синергетикой в физику проник

эволюционный подход, и наука приходит к пониманию творения как создания нового. Синергетика вывела случайность на макро-скопический уровень, подтвердив тем самым выводы механики; и вывод теории относительности о взаимопревращении вещества и энергии и объясняет образование веществ [62, с. 115].

До второй половины XIX в. под материей обычно понималось вещество. Электродинамикой Максвелла было положено основание физическому учению о поле как особой форме материи. Однако вещество и поле долгое время рассматривались отдельными друг от друга. И только с появлением квантовой (волновой) механики, которая является одним из основных разделов квантовой теории, была установлена связь вещества и поля, описаны законы движения микрочастиц в заданных внешних полях. Опытами по дифракции электронов было доказано, что микрочастицы вещества и поля имеют двуединую природу – одновременно и корпускулярную, дискретную, и волновую, непрерывную.

Основным свойством физического поля, в отличие от вещества, является энергия. При этом поле также обладает массой, но не массой покоя. Поле связывает между собой тела, передает действие от одного тела к другому и характеризуется, в отличие от вещества, бесконечным числом степеней свободы [190, с. 1022].

Применение квантовой механики к физическим полям привело к созданию квантовой электродинамики, объяснившей много новых явлений. Исключительно плодотворным оказался синтез квантовой механики и специальной теории относительности, что привело к предсказанию античастиц. Оказалось, что у каждой частицы должен быть как бы свой двойник – другая

частица с той же массой, но с противоположным зарядом. Основатель релятивистской квантовой теории поля английский физик П.А. Дирак предсказал существование позитрона и возможность превращения фотона в пару электрон-позитрон и обратно. Впоследствии позитрон – античастица электрона экспериментально был открыт в 1934 г. [193, с. 69].

Огромную роль квантовая теория поля сыграла в подтверждении незыблемости закона сохранения энергии, предсказав существование нейтрино. Опытным путем было установлено, что при радиоактивном  $\beta$ -распаде из атомного ядра испускаются электроны (или позитроны), обладающие различной энергией. Для объяснения этого факта и согласования его с законом сохранения энергии швейцарский физик-теоретик В. Паули предположил, что одновременно с электроном (или позитроном) ядро испускает еще какую-то электрически нейтральную частицу, которая уносит недостающую часть энергии. В последующем она была названа «нейтрино». Эта частица вылетает из ядра вместе с позитроном, а в случае испускания электрона из ядра вылетает «антинейтрино». В случае испускания электрона ( $e^-$ ) и антинейтрино ( $\bar{\nu}_e$ ) при  $\beta$ -распаде происходит превращение нейтрона ( $n$ ) в протон ( $p$ ):  $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ . В случае испускания позитрона ( $e^+$ ) и нейтрино ( $\nu_e$ ) протон превращается в нейтрон ( $n$ ):  $p \rightarrow n + e^+ + \nu_e$ .

Как известно, в составе атомного ядра имеются только протоны и нейтроны. В нем нет ни электронов и позитронов, ни нейтрино и антинейтрино. Уникальность заключается в том, что эти частицы и античастицы рождаются, возникают в самом процессе превращения нейтрона в протон и обратно. Этот процесс можно сравнить с испусканием фотонов электромагнитного поля при переходе атомов из одного электронного состояния

в другое [193, с. 69–70]. Следовательно, многообразие микромира предполагает его единство через взаимопревращаемость частиц и полей, которые лежат в самом фундаменте материи, и предопределяет ее бесконечное движение в пространстве и во времени.

Первыми полями, которые открыла наука, были гравитационное поле (тяготение) и электромагнитное (одной из его разновидностей является свет). Элементами электромагнитного поля являются фотоны, которые отличны от частиц вещества. В пустоте фотоны всегда движутся с постоянной скоростью – около 300 тысяч километров в секунду, тогда как скорость движения частиц вещества может быть самой различной, но не больше, чем скорость движения фотонов.

Кроме гравитационного и электромагнитного имеются ядерное, мезонное, аглюнное и электронно-позитронные поля. Каждому из них соответствуют частицы, отличные от фотона, каждое обладает специфическими свойствами. Тем не менее ученые предполагают, что в их основе лежит некий объединяющий принцип, а поэтому усиленно работают над созданием единой теории поля.

Развитие квантовой физики выявило относительность разграничительных линий между веществом и полем. Только на макроуровне, когда можно не принимать во внимание квантовые свойства полей, их можно считать непрерывными средами. Но на микроуровне поля предстают как состоящие из квантов, которые можно рассматривать в качестве частиц, обладающих одновременно и корпускулярными, и волновыми характеристиками. Например, электромагнитное поле можно представить как систему фотонов, а гравитационное – как систему гравитонов (гипотетических частиц, которые предсказывает квантовая

теория). В то же время и частицы вещества – электроны и позитроны, мезоны и др. – в целом ряде задач физика рассматривает как кванты соответствующих полей (электронно-позитронного, мезонного и т.п.).

Таким образом, вещество и поле по своему строению и свойствам многообразны и неисчерпаемы. Грани между ними отчетливо выступают лишь в макроскопическом (видимом) мире, в области же микропроцессов эти грани относительны. На микроуровне вещество и поле неразрывно связаны, взаимодействуют, а при известных условиях способны и превращаться друг в друга. Многообразие микромира предполагает его единство через взаимопревращаемость частиц и полей, которые лежат в самом фундаменте материи, и предопределяет ее бесконечное движение в пространстве и во времени.

Элементарный уровень организации материи включает наряду с элементарными частицами еще такой необычный физический объект, как вакуум. Физический вакуум – не пустота, а особое состояние материи. В него погружены все частицы и все физические тела. В нем постоянно происходят сложные процессы, связанные с непрерывным появлением и исчезновением так называемых «виртуальных частиц». Это своеобразные потенциалы соответствующих типов элементарных частиц, их «вакуумные корни», частицы, готовые к рождению, но не рождающиеся, возникающие и исчезающие в очень короткие промежутки времени. При определенных условиях они могут вырваться из вакуума, превращаясь в «нормальные» элементарные частицы, которые живут относительно независимо от породившей их среды и могут взаимодействовать с ней. Новейшие идеи современной физики микромира послужили опорой необычных представлений о развитии нашей астрономической Вселенной,

ее возникновении путем взрыва, связанного с массовым рождением элементарных частиц в результате одного из фазовых переходов вакуума [142].

Взаимодействие между веществом и полем, а также их количественными характеристиками – массой и энергией – отражено в нижней части рис. 4, где видно, что свойства веществ характерны для реальных частиц, а свойства поля – для виртуальных. Такое разделение микрочастиц сделано на основе постоянно происходящих превращений частиц в поле и наоборот (флуктуации материи). Существующие в данный момент частицы называют реальными, а потенциальные частицы, которые возникают в центре волнового пакета из рассеянной массы поля, – виртуальными.

Для наглядности взаимопревращения вещества и поля, массы и энергии, а также микрочастиц под действием внешней энергии отображены в рисунках (схемах) 5–7. На рис. 5 показано, что между массой и энергией существует неравносторонняя связь: из вещества малой массы при полной аннигиляции можно получить большое количество энергии. И, наоборот, из огромного количества энергии можно получить лишь немного вещества. Такой вывод следует из приведенной формулы. Все заключается во множителе  $c^2$  (скорость света, возведенная в квадрат), что и обуславливает такую несколько одностороннюю связь между массой и энергией.

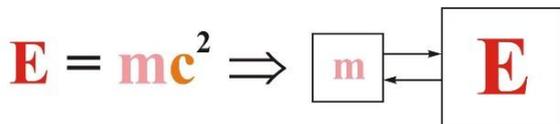


Рис. 5. Взаимосвязь массы и энергии

На рис. 6 приведен один из примеров, объясняющих постоянный круговорот вещества и энергии на микроуровне. Мы видим, что из квантов энергии может возникнуть электрон и позитрон, так как любая микрочастица образуется в паре с античастицей. Далее электрон и позитрон могут встречаться и полностью аннигилировать. При этом излучается энергия, равная сумме начальных энергий образования электрона и позитрона (по закону сохранения энергии).

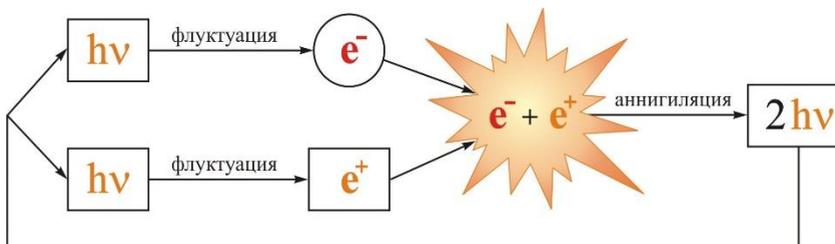


Рис. 6. Схема перехода «ВЕЩЕСТВО  $\leftrightarrow$  ПОЛЕ»  
(на примере возникновения аннигиляции электрона и позитрона)

На рис. 7 взаимопревращения частиц под действием внешней энергии представлены тремя схемами. На рисунке 7 (а) изображен график энергетических состояний какой-либо частицы. Так как любая система стремится к минимуму энергии, то и данной частице выгоднее состояние с энергией  $E_1$ , по сравнению с состоянием, в котором она находится ( $E_2$ ). Но чтобы перейти на уровень  $E_1$ , частице необходимо преодолеть энергетический барьер  $\Delta E$ . Это может произойти под действием внешней энергии. Чем устойчивее микрочастица, тем больше ее  $\Delta E$ , тем больше энергии требуется для ее превращения.

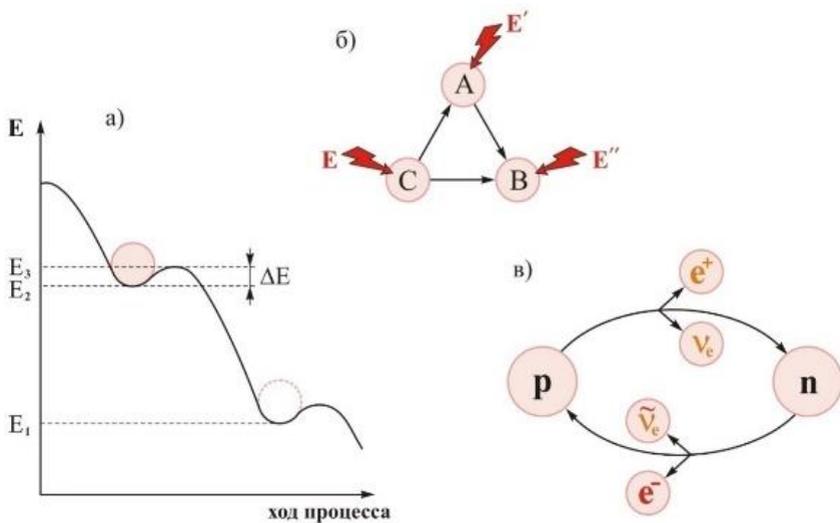


Рис. 7. Взаимопревращения частиц под действием внешней энергии

На рис. 7 (b) схематично изображено превращение абстрактных частиц A, B и C при воздействии внешней энергии. При этом важно понять, что микрочастицы не расщепляются на части, а лишь трансформируются одна в другую. Взаимопревращения уже конкретных частиц – протона (p) и нейтрона (n) – представлено на рис. 7 (c). Под действием внешней энергии положительно заряженный протон может испустить нейтрино и позитрон и трансформироваться в нейтральный нейтрон. Нейтрон, в свою очередь, также может испустить антинейтрино и электрон, трансформируясь при этом в положительно заряженный протон. Следовательно, на данном примере мы можем видеть действие законов сохранения энергии, массы и заряда.

Таким образом, вещественно-энергетический круговорот представляет собой реальную связь, обеспечивающую единство противоположностей в системе, которое предопределяет бесконечное развитие материи в пространстве и во времени.

Как всеобщие формы существования материи пространство и время должны быть включены в атрибутивную модель понятия «материя», а это, в свою очередь, требует рассмотрения их сущности, хотя бы в кратком виде. Пространство как форма существования материи характеризует структурность и протяженность материальных систем. Время – форма последовательной смены явлений и состояний материи, оно характеризует длительность их бытия. Пространство и время имеют объективный характер, они неотделимы от материи, неразрывно связаны с ее движением и друг с другом, обладают количественной и качественной бесконечностью [85]. К универсальным свойствам времени относят длительность, неповторяемость, необратимость; всеобщими свойствами пространства являются протяженность, единство прерывности и непрерывности.

Понятие пространства имеет смысл лишь постольку, поскольку сама материя дифференцирована, структурирована. Если бы мир не имел сложной структуры, не расчленился на предметы, а эти предметы в свою очередь не членились на элементы, связанные между собой, то понятие пространства не имело бы смысла. В свою очередь, представление о времени и понятие времени имеют смысл лишь постольку, поскольку мир находится в состоянии движения и развития; если бы материя была вне движения, то понятие времени также не имело бы смысла [31, с. 78]. Следовательно, в мире нет материи, не обладающей пространственно-временными свойствами,

как не существует пространства и времени самих по себе, вне материи или независимо от нее. Только в абстракции мы можем отделить их от материального мира.

Категории пространства и времени выступают как предельно общие абстракции, в которых схватывается структурная организованность и изменчивость бытия. Пространство и время – это формы бытия материи. Как известно, форма является внутренней организацией содержания, и если в качестве содержания выступает материальный субстрат, то пространство и время будут формами, которые его организуют. Свойства пространства и времени делят на метрические и топологические. Топологическими свойствами нашего пространства являются трехмерность, непрерывность, протяженность, а наблюдаемого нами времени – одномерность, непрерывность, связность, временная упорядоченность, однонаправленность. Эти свойства отражают целостность, качественный аспект окружающего нас пространства и времени. Наряду с этим пространство и время имеют метрические свойства, отражающие количественные аспекты: длительность, гомогенность, изотропность, кривизну – для пространства и однородность – для времени.

Современной теорией метрических свойств пространства и времени является теория относительности, построение которой было завершено А. Эйнштейном в 1905 году. Согласно этой теории в реальном физическом мире пространственные и временные интервалы меняются при переходе от одной системы отсчета к другой. Оказалось, что только тогда, когда скорости движения малы по отношению к скорости света, можно приблизительно считать, что размеры тел и ход времени остаются одними и теми же, но когда речь идет о движениях со скоростями, близкими к скорости света, то изменение

пространственных и временных интервалов становится заметным. При увеличении относительной скорости движения системы отсчета пространственные интервалы сокращаются, а временные растягиваются.

Специальная теория относительности выявила еще одну существенную сторону пространственно-временных отношений материального мира. Она обнаружила глубокую связь между пространством и временем, показав, что в природе существует единое пространство-время, а отдельно пространство и отдельно время выступают как его своеобразные проекции, на которые оно по-разному расщепляется в зависимости от характера движения тел. В зависимости от характера движения систем отсчета относительно друг друга происходят различные расщепления единого пространства-времени на отдельно пространственный и отдельно временной интервалы, но таким образом, что изменение одного как бы компенсирует изменение другого. Если, например, сократился пространственный интервал, то настолько же увеличился временной, и наоборот.

Таким образом, специальная теория относительности раскрыла внутреннюю связь между собой пространства и времени как форм бытия. Она показала, что пространственные и временные свойства объектов порознь оказываются изменчивыми при изменении скорости движения объектов, но пространственно-временные интервалы остаются инвариантными. С другой стороны, поскольку само изменение пространственных и временных интервалов зависит от характера движения тела, то выяснилось, что пространство и время определяются состояниями движущейся материи. Они таковы, какова движущаяся материя.

Идеи специальной теории относительности получили дальнейшее развитие и конкретизацию в общей теории относительности, которая была создана Эйнштейном в 1916 году. В ней было показано, что геометрия пространства-времени определяется характером поля тяготения, которое, в свою очередь, определено взаимным расположением тяготеющих масс. Вблизи больших тяготеющих масс происходит искривление пространства (его отклонение от евклидовой метрики) и замедление хода времени. Это указывает на то, что пространство, время, материя и движение оказываются органично связанными между собой.

Пространство-время нашего мира имеет четыре измерения: три из них характеризуют пространство и одно – время. Чтобы задать положение тела в пространстве, достаточно трех координат, а временная характеристика события определяется одной координатой, иначе говоря, пространство имеет размерность 3, а время – 1. Специальная теория относительности выявила зависимость пространственных и временных характеристик объектов от скорости их движения относительно определенной системы отсчета и объединила пространство и время в единый четырехмерный пространственно-временной континуум – пространство-время.

В истории философии и естествознания свойства пространства и времени не раз пытались обосновать и объяснить. Однако научный подход к проблеме трехмерности пространства был намечен лишь И. Кантом, который пытался связать размерность пространства с фундаментальными особенностями движения тел. Однако его идея опережала свой век и была конкретизирована лишь в 20-е годы XX века австралийским физиком П. Эренфестом. Он показал, что трехмерность пространства является

условием существования устойчивых связанных систем, состоящих из двух тел. В пространстве более трех измерений такие системы невозможны, в нем не существовало бы замкнутых орбит планет и не могли бы образовываться планетные системы. Им было показано, что только в трехмерном пространстве возможно образование электронных оболочек вокруг ядра, существование атомов, молекул и макротел. Таким образом, можно констатировать, что многообразие видов материи в нашей метagalактике тесно связано с такой фундаментальной характеристикой пространства-времени, как его размерность  $3+1$ .

В современных концепциях супергравитации, где сильные, электрослабые и гравитационные взаимодействия связываются между собой и рассматриваются как своеобразные расщепления глубинного взаимодействия, в котором они первоначально неразличимы, вводится представление о десятимерном пространстве-времени. В этой модели мира размерность  $3+1$ , свойственная пространству-времени метagalактики, рассматривается как результат развития данного пространства и времени из предшествующих ему пространственно-временных структур, характеризующих состояние физического вакуума. Эти представления о развитии Вселенной допускают предположение, что при рождении нашей метagalактики только четыре из десяти измерений пространства-времени обрели макроскопический статус, а остальные оказались как бы свернутыми (компактифицированными) в глубинах микромира. Их можно обнаружить, только проникнув в эти области, но там мы столкнемся с какими-то принципиально иными мирами. Не исключено, что развитие материи порождает наряду с нашей метagalактикой множество различных миров, которые характеризуются другими размерностями пространства-времени. В этих

мирах могут принципиально отсутствовать условия для возникновения известных нам форм материи, но, возможно, возникают и неизвестные нам материальные структуры.

Таким образом, современные теории естествознания подтверждают философскую идею о бесконечности мира в пространстве и времени. Однако бесконечность материи в пространстве и времени нужно понимать не в чисто количественном, а качественном смысле. Это значит, что на разных уровнях организации материи можно столкнуться с качественно различными структурами пространства и времени.

К специфическим (локальным) свойствам пространства материальных систем относятся симметрия и асимметрия, конкретная форма и размеры, местоположение, расстояние между телами, пространственное распределение вещества и поля, границы, отделяющие различные системы. Все эти свойства зависят от структуры и внешних связей тел, скорости их движения, характера взаимодействий с внешними полями. Пространство каждой материальной системы принципиально незамкнуто, непрерывно переходит в пространство другой системы, которое может отличаться по метрическим и другим локальным свойствам. Отсюда проистекает многосвязность реального пространства, его неисчерпаемость в количественных и качественных отношениях.

В свою очередь время характеризуется продолжительностью (длительностью) и выражает порядок смены явлений и состояний. К всеобщим свойствам времени относятся объективность, неразрывная связь с материей, а также с пространством, движением и другими атрибутами материи; длительность, выражающая последовательность существования и смены состояний тел.

Длительность времени существования всех конкретных тел выступает как единство прерывного и непрерывного. Время существования каждого конкретного объекта конечно, так как время складывается из множества последовательностей и длительностей существования конкретных объектов, каждый из которых имеет свое начало и конец. Однако составляющая тело материя при этом не возникает из ничего и не уничтожается, а только меняет формы своего бытия. Сохраняемость материи и непрерывная последовательность ее изменений, происходящих в виде близкодействия в причинной связи, обуславливает общую непрерывность и связность времени, отсутствие в нем разрывов. Вместе с тем времени присуща определенная прерывность, выражающая периоды существования конкретных качеств, состояний. Однако эта прерывность всегда относительна, поскольку при смене качественных состояний составляющая тело материя не уничтожается, а лишь переходит в другие формы, продолжая непрерывно существовать.

Время одномерно, асимметрично, необратимо и направлено всегда от прошлого к будущему. Его однонаправленность обусловлена асимметрией причинно-следственных отношений, общей необратимостью процесса развития материальных систем, невозможностью абсолютно полного повторения пройденных состояний и циклов изменения систем.

Специфическими свойствами времени являются конкретные периоды существования тел от возникновения до перехода в качественно иные формы, одновременность событий, которая всегда относительна, ритм процессов, скорость изменения состояний, темпы развития, временные отношения между различными циклами в структуре систем.

Таким образом, пространство-время неразрывно связаны с движущейся материей, а это предполагает, что развитие материи и появление новых форм ее движения должно сопровождаться становлением качественно специфических форм пространства и времени. Подтверждением этому являются специфические пространственно-временные характеристики трех основных сфер материального мира (известных человеку) – неживая природа, жизнь и общество.

В настоящее время имеются факты, подтверждающие отличие метрических и даже топологических свойств пространства и времени живых систем от неживых. Особенности биологических пространственно-временных структур проявляются на разных уровнях организации живого, на молекулярном уровне это в том, что живые системы имеют только «левосторонние» формы органических молекул. Неравенство правизны и левизны проявляется не только на молекулярном уровне, но и на уровне организмов, выражаясь в их строении и динамике. Существует не только симметрия, но и асимметрия в строении органов, в композиции частей тела сложных организмов. Такое сочетание симметрии и асимметрии обеспечивает активно-приспособительные реакции организмов, разнообразие движений и функций, необходимое для их выживания.

Неевклидовый характер пространственной асимметрии, свойственной живым организмам, подчеркивал В.И. Вернадский. Отсутствие тождественности между правизной и левизной он оценивал как свидетельство особенностей биологического пространства. Биосферу он предлагал рассматривать как сложную композицию различных неевклидовых пространств организмов и локальных евклидовых пространств неорганических объектов, с которыми взаимодействуют эти организмы [35, с. 270–271].

Живая материя имеет специфику не только пространственной, но и временной организации. Например, биологическое время неоднородно и течет неравномерно ввиду непрерывного изменения организма (рост, старение) и благодаря способности организма накапливать информацию. Одной из причин специфичности биологического времени, по мнению Дж. Уитроу, является то, что оно становится, в сущности, внутренним временем, связанным с областью пространства, занимаемого живыми клетками, которое относительно изолировано от остальной Вселенной. Другой характерной особенностью биологического времени является его тесная связь с информацией. Так, И. Зеeman указывает, что накопление информации означает замедление времени: при развитии организма одинаковому количеству физического времени соответствует все большее количество поглощенной и накапливаемой информации. В силу этого время по отношению к информационным процессам замедляется, а потеря информации ведет к ускорению времени, убыстрению его хода. Следовательно, чем выше уровень организации живой системы, чем больше число происходящих в ней событий и количество накапливаемой информации, тем медленнее течет собственное время живого организма.

Приспособительная активность организмов во многом связана с формированием в процессе эволюции внутренних своеобразных моделей временной организации внешних процессов. Такие модели называют биологическими часами. Их запуск обеспечивает организму приспособление к определенному ритмическому чередованию факторов внешней среды, связанному со сменой дня и ночи, времени года и т.д. Система таких химических реакций предвосхищает наступление определенных состояний внешней среды, обеспечивает готовность

организма к целесообразному функционированию в условиях, которые должны с определенной вероятностью наступить в будущем. Во внутреннем времени организма, в ритмах его биологических часов внешнее время как бы сжимается, а затем происходит активный перенос на будущее этих «спрессованных» ритмов протекшего внешнего времени. Живой организм как бы обгоняет время. Спрессовывая прошлое в своей внутренней пространственно-временной организации, он живет и настоящим, и будущим одновременно [31, с. 90].

Из сказанного следует, что биологическое время в живых системах обладает качественно новой специфичностью по сравнению с обычным физическим временем. Еще в более яркой форме это выражено в целостном организме, в особенности при психической деятельности, относящейся к высшей форме движения.

Приведенный выше краткий анализ содержания понятий пространства и времени позволяет констатировать, что они играют исключительно важную методологическую роль в процессе познания объективной реальности как на эмпирическом уровне познания, так и теоретическом. На эмпирическом уровне познания непосредственное содержание результатов наблюдений и экспериментов состоит в фиксации пространственно-временных совпадений. Вместе с тем пространство и время служат важнейшими средствами конструирования теоретических моделей, интерпретирующих экспериментальные данные. В этой связи данные понятия, безусловно, должны быть включены в атрибутивную модель понятия «материя», которая призвана сыграть исключительно важную методологическую роль при изучении предметов естественного цикла в целом и при формировании понятий «вещество» и «энергия» в частности.

Теоретические выкладки, а также их экспериментальная проверка на практике позволяют заключить, что «вещество» и «энергия» являются одновременно фундаментальными философскими и естественнонаучными понятиями, поэтому они выполняют, если можно так выразиться, двойную методологическую функцию при изучении курса биологии. Как вид материи, понятие «вещество» находится в тесной взаимосвязи с другими общефилософскими понятиями: «поле», «пространство», «время», «движение», «взаимодействие», «отражение» и др., а потому правильно выбранная стратегия его формирования во многом предопределяет и степень сформированности основополагающего философского понятия «материя». Не менее важную роль в становлении и развитии этого ключевого понятия играет и понятие об энергии, которая является количественной мерой всех форм движения материи. Решению этой задачи будут способствовать логически выстроенные теоретические положения и построенная (предложенная) автором на их основе атрибутивная модель (схема) понятия материи, которая отражает в определенной мере иерархию и взаимосвязь понятий «вещество» и «энергия» с другими важнейшими философскими (естественнонаучными) понятиями.

Как фундаментальные естественнонаучные понятия «вещество» и «энергия» закладываются физикой, которая является лидером в естествознании. Ее фундаментальные понятия, законы, теории являются «работающими» в химии, биологии, географии и др. В курсе химии они углубляются и развиваются, а в биологии степень их сформированности должна достигать максимума. От степени сформированности важнейших естественнонаучных понятий «вещество» и «энергия» в курсах физики

и химии, от понимания их сущности во многом будет зависеть и содержательный уровень ключевого понятия «обмен веществ», выполняющего, в свою очередь, методологическую функцию всего курса биологии.

Основной причиной неглубокого усвоения понятия об обмене веществ в курсе биологии, особенно при изучении раздела «Растения», является отсутствие опоры на понятия «вещество» и «энергия». Без получения элементарных знаний о превращениях вещества и энергии нельзя понять сущности физиологических процессов, прежде всего, таких как фотосинтез и дыхание, составляющих основу внутриклеточного обмена у растений. В разделе «Растения» фотосинтез и дыхание рассматриваются лишь со стороны их внешних проявлений. Так, например, в основу изучения фотосинтеза положено выделение условий, необходимых для его протекания (свет, углекислый газ, вода, листья с хлорофиллом), и наблюдение результатов этого процесса (образование крахмала и выделение кислорода). Отсутствие физических и химических знаний не позволяет при изучении этого процесса перейти от явления к сущности: выяснить, какие химические реакции лежат в основе превращения вещества и какие формы энергии используются при этом.

Таким образом, все содержание физиологических понятий в конечном счете исчерпывается ощущениями и восприятиями, а за мышлением остается только роль их суммирования и упорядочения. Такой подход характерен для эмпирической схемы обобщения и образования понятий, на основании которой у школьников формируется эмпирический тип мышления, который остается у большинства школьников старших классов и даже у большинства студентов вузов. Так, подавляющая часть

студентов 3–4 курсов биологических факультетов (перед началом изучения курса физиологии растений) сущность фотосинтеза и дыхания сводят к газообмену, т.е. к внешним их проявлениям, которые они изучали в разделе «Растения» школьного курса биологии.

Добиться качественного улучшения преподавания биологии можно, если только в основу построения будет заложена цель формирования у школьников научно-теоретического мышления. А для этого необходимо создание единого теоретического курса школьной биологии. Это повлечет за собой перестройку содержания и структуры курсов физики и химии, а также изменения их места в учебном плане. Рациональность данной идеи нашла свое экспериментальное подтверждение в многолетнем опыте по внедрению новой концепции естественнонаучного образования, основанной на опережающем изучении курса физики в пятом классе в школах города Челябинска, области, а также за ее пределами.

Изменение стратегии всего естественнонаучного образования, которая обеспечит перевод естественнонаучных знаний на новый качественный уровень, потребует принятия целого комплекса мер на государственном уровне и их реализации во всех школах России. Данная идея частично может быть воплощена в рамках реализуемого в настоящее время курса биологии. Для ее осуществления автором разработана экспериментальная программа (апробированная на практике) для раздела «Растения» и дидактический материал, которые призваны развить фундаментальные естественнонаучные понятия «вещество» и «энергия» в курсе биологии [237].

## 2.4. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРИНЦИПА СОПРЯЖЕНИЯ В ПОНИМАНИИ СУЩНОСТИ СТРУКТУРНОЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИИ

Анализ современного естественнонаучного знания свидетельствует, что среди основных философских понятий все возрастающее значение в настоящее время приобретает категория «взаимодействие». Особое значение имеют исследования внутренних сторон взаимодействия, которые отражают взаимные превращения и переходы, взаимную обусловленность и взаимную связь объектов и явлений. Понимание этих механизмов позволяет решать важнейшие проблемы человечества. В предыдущем исследовании нами дано 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 [173]. После усвоения данной категории она станет мощным методологическим средством рациональной познавательной деятельности учащихся, студентов и преподавателей.

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

– **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 [169];

– **конструирования** образно-знаковой модели «Эмблемы жизни», раскрывающей в определенной степени содержание понятия «жизнь», которое является ключевым понятием биологической картины мира, точно также как понятие «материя» является ключевым для общенаучной картины мира. Разработанная эмблема является достаточно цельным символом жизни, так как в ней нашли отображение фундаментальные основы живой материи, связанные с превращением вещества, энергии, информации и формы; важнейший принцип самоорганизации – принцип сопряжения, который лежит в основе зарождения, сохранения и эволюции живых систем, начиная с клетки и заканчивая биосферой (изменение формы); взаимосвязь с окружающей средой; природоохранные мероприятия. Последовательные сопряженные процессы выступают как существенная сторона организации динамических неравновесных систем, при этом усложнение биологических систем происходит на основе усиления сопряженности их отдельных структур и процессов. Практическое использование данной модели при изучении биологии внесет определенный вклад не только в формирование целостной биологической (естественно-научной и общенаучной) картины мира, но и будет инициировать у школьников и студентов эмоционально-ценностное отношение не только к изучаемому материалу, но и к конкретным биологическим объектам природы [161];

– **обоснования** и возведения понятий «сопряжение» и «разобшение» в ранг диалектической пары, которая способствует более полному раскрытию сущности важнейшего атрибута материи – взаимодействия. Выдвинутый теоретический постулат нашел свое конкретное подтверждение при методологическом анализе становления и развития хемиосмотической теории Митчелла. Авторы достаточно убедительно показали, что понятия «сопряжение» и «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 [171];

– **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)  $\sigma$ - и  $\pi$ -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 [177]. 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 [164];

– *углубления* методологического потенциала категории «сопряжение» как внутренней стороны взаимодействия на примере изучения механизмов взаимосвязи между уникальными процессами растительной клетки – фотосинтезом и дыханием на электронном уровне. Для изучения более глубоких механизмов взаимодействия между этими процессами в качестве методологического средства были задействованы и принципы электронной теории вещества. Синтез таких методологий не случаен в силу того, что «в процессе химической эволюции при наличии всех необходимых для нее условий происходит усиление роли сопряженности. Последовательные сопряженные процессы выступают как существенная сторона организации динамических неравновесных систем». Примерами подобных систем являются возникшие в ходе химической эволюции каталитические сопряженные системы, к которым относятся процесс

фотосинтеза и дыхание. Элементарные стадии этих процессов оказываются не разделенными и, как следствие, они имеют общие метаболиты и общие энергетические эквиваленты. 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 [216];

– *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 [209];

– 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 [172]. «Каждое понятие находится в известном отношении,

в известной связи со всеми со всеми остальными» [115, 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» [31, с. 141].

По выражению В.И. Ленина: «...Диалектика есть изучение противоположности вещи в себе...» [115, 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* [172];

– **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 обучаемыми методологического потенциала данной категории внесет существенный вклад в формирование и развитие у них современного *диалектического стиля мышления* [165].

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 с электронного уровня и заканчивая биосферным уровнем. Осмысление и понимание сопряжения как фундаментального принципа организации и развития материи позволяет спроецировать его в образовательную область и рассматривать в качестве важнейшего дидактического принципа изучения биологических дисциплин в вузе.

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

## 2.5. СОПРЯЖЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КАК МЕТАПРЕДМЕТНАЯ ОСНОВА ДЛЯ ПОНИМАНИЯ СУЩНОСТИ ФОТОФИЗИЧЕСКОГО ЭТАПА ФОТОСИНТЕЗА

Глобальные проблемы современной цивилизации во многом предопределили возникновение метанаук, принципы которых были спроецированы в образовательную область и обусловили возникновение метапредметов. Поэтому метапредметность присуща не только любой науке, но и любому учебному предмету. Принципы метапредметности особенно актуальны при изучении биологической формы движения материи, которая в скрытом виде содержит в себе физическую и химическую формы ее движения.

Целью настоящего исследования явилась демонстрация эффективности метапредметного подхода, в основу которого положено сопряжение статических и динамических моделей, при выявлении обучающимися сущности фотофизического этапа фотосинтеза в курсе физиологии растений.

Решению обозначенной проблемы предшествовал анализ публикаций, свидетельствующих об актуальности в современных условиях обучения, принципов метапредметного подхода, закрепленных в Федеральных государственных образовательных стандартах и его эффективности в образовательной практике: М.Н. Ахметовой [11], Т.А. Бахор [14], В.Ф. Бурмакиной [30], Н.В. Громыко [67], Ю.В. Громыко [68], М.Ю. Королевым [105], Н.С. Пурышевой [176], Ю.В. Скрипкиной [187], И.А. Третьяковой [211; 214], С.С. Харитоновой [244], А.В. Хуторским [249] и др.

В исследованиях данных авторов приведено теоретико-методологическое и методическое обоснование целесообразности и эффективности метапредметного подхода к обучению различных естественнонаучных дисциплин (предметов), как в вузе, так и в школе. Наряду с этим многолетний личный опыт авторов позволяет констатировать, что при обучении биологическим дисциплинам в педвузе принципы метапредметного подхода, в лучшем случае, лишь декларируются, а изучаемый предмет не выстраивается вокруг какой-либо мыследеятельностной организованности.

В Федеральных государственных образовательных стандартах высшей школы декларируется приоритетность метапредметных основ содержания обучения, которые должны быть конкретизированы и использованы при изучении всех дисциплин, данного направления профессиональной подготовки. В качестве такой метапредметной основы выступают, прежде всего, системный и деятельностный подходы. Эти подходы обладают существенным познавательным общенаучным потенциалом, однако, как абстракции высокого уровня они обедняют существующую реальность, что детерминирует их конкретизацию.

Конкретизация принципов системного и деятельностного подходов очень четко просматривается при построении моделей как на эмпирическом, так и теоретическом уровне. Данные методологии тесно связаны между собой и поэтому некоторые авторы считают, что моделирование можно одновременно рассматривать как разновидность и конкретизацию системного и деятельностного подходов. Теоретические аспекты данных методологий разработаны достаточно хорошо, однако их применение обучаемыми в школах и вузах оставляет

желать лучшего. Особенно это касается моделирования физиолого-биохимических процессов при изучении биологических дисциплин. Данные процессы не подлежат прямому наблюдению, поэтому их сущность наиболее полно можно отразить в наглядных моделях.

Моделирование обладает огромной *эвристической силой*, что находит выражение в создании у обучаемых наглядного обобщенного образа моделируемого объекта, возникающего при конструировании моделей. Кроме того, построение моделей способствует взаимодействию эмпирического и теоретического уровней познания, мышления с чувственностью, не наглядных элементов с наглядными, что соответствует требованиям современной науки и облегчает понимание *формальных теорий*. Метод моделирования обеспечивает стратегию познания, направляет мышление к достижению цели кратчайшим путем.

По мнению Л.М. Фридмана, школьники, изучающие естественные дисциплины, имеют «весьма смутные и ограниченные представления о моделировании и моделях» [238, с. 89]. Вместе с тем, отмечает данный автор, психологические исследования свидетельствуют, что обучение школьников моделированию как общенаучному методу познания детерминирует формирование у них научного мировоззрения, обогащает их методологический аппарат и существенно изменяет их отношение к учебным предметам, к учению. При этом их учебная деятельность становится более осмысленной и продуктивной [238, с. 89].

Исследования, проведенные М.Ю. Королевым, свидетельствуют, что существующие методики обучения студентов естественнонаучных направлений подготовки в педвузах методу

моделирования также не являются достаточными для обеспечения должного уровня профессиональной компетентности будущих педагогов [105].

Потребность в моделировании физиолого-биохимических процессов особенно стала актуальной при выявлении их сущности на молекулярном и электронном уровнях. Моделирование как метод обучения особенно востребован при интерпретации физических и химических явлений, лежащих в основе таких важнейших физиолого-биохимических процессов, как фотосинтез и дыхание, которые являются основными звеньями углеводного метаболизма растительной клетки.

Значительную трудность студенты испытывают при выявлении сущности энергетического преобразования внешней неустойчивой энергии квантов света, во внутреннюю более устойчивую энергию электронного возбуждения на фотофизическом этапе фотосинтеза. Ключевую роль в этом преобразовании играют молекулы хлорофилла.

Энергетические преобразования являются трудно уловимыми для изучения, поэтому открытия в этих областях являются особо значимыми. Следует подчеркнуть, что основополагающую роль в понимании сущности этих явлений сыграл метод моделирования. Из этого следует, что при интерпретации энергетических преобразований на фотофизическом этапе метод моделирования также должен быть приоритетным.

Общая модель энергетических преобразований энергии квантов света на фотофизическом этапе представлена в учебнике по физиологии растений, автором которого является В.В. Полевой (рис. 8).

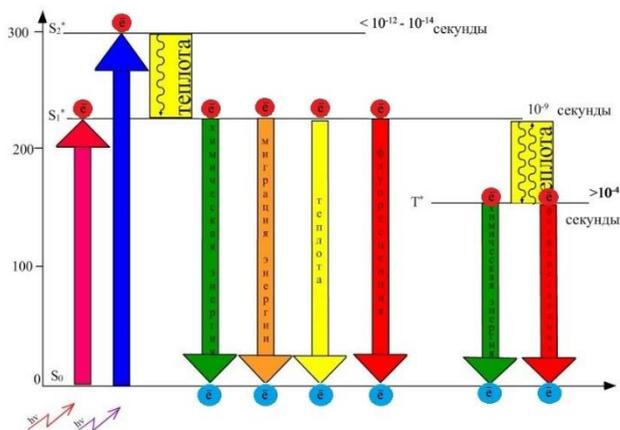


Рис. 8. Энергетическое состояние молекулы хлорофилла и различные пути использования энергии электронного возбуждения

Однако практика свидетельствует, что большинство обучающихся испытывают значительные трудности в интерпретации этой модели и установлении логических связей между ее отдельными элементами. Это послужило основанием для разработки еще 7 (дополнительных) статических моделей, содержание которых фиксирует отдельные энергетические преобразования, которые имеют место на этом первоначальном этапе фотосинтеза.

На рис. 9 внимание обучающихся акцентировано на том, что кванты красного и сине-фиолетового света поглощаются электронами молекулы хлорофилла, находящимися в основном синглетном состоянии ( $S_0$ ) и обладающими минимальным запасом энергии.

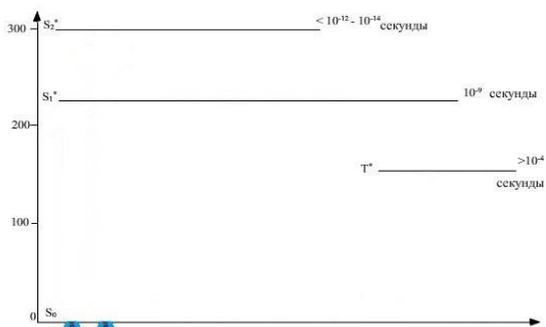


Рис. 9. Положение электронов в молекуле хлорофилла, находящейся в основном синглетном ( $S_0$ ) энергетическом состоянии

На рис. 10 зафиксировано, что электрон, поглотивший кванты красного света, перешел на более высокий энергетический уровень ( $S_1$ ). Для снятия вопроса студентов, почему возбужденный светом электрон перешел только на первый уровень ( $S_1$ ), рисунок дополнен физической формулой, отражающей обратную зависимость между длиной волны и энергией кванта света.

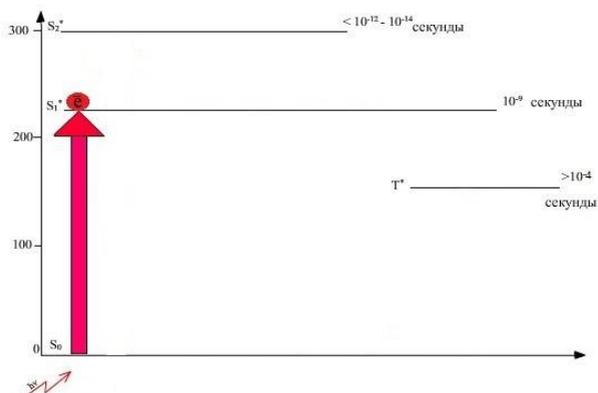


Рис. 10. Положение электрона в молекуле хлорофилла после поглощения ею кванта красного света. (Молекула хлорофилла находится в первом синглетном возбужденном состоянии –  $S_1^*$ )

Данные о длинах волн студенты получают, используя рисунок 11 (шкалы солнечного спектра), производя подсчеты, они убеждаются, что красные лучи являются длинноволновыми и поэтому их кванты обладают меньшей энергией.

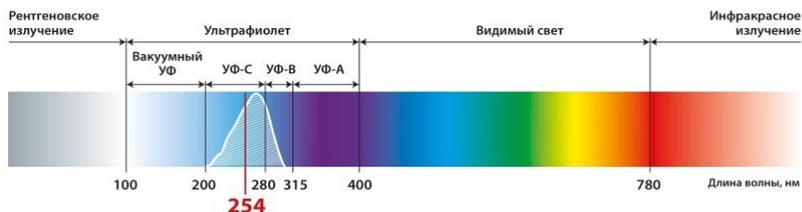


Рис. 11. Шкала электромагнитных излучений

На рис. 12 зафиксирован момент перехода электрона (находящего в основном синглетном состоянии) ( $S_0$ ), поглотившего квант синего света, на более высокий энергетический уровень ( $S_2$ ). На этом же рисунке также имеется и формула, позволяющая объяснить данный переход.

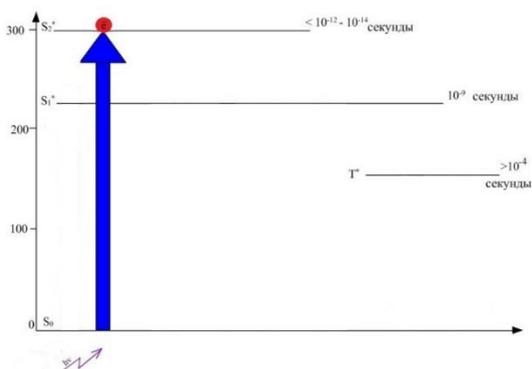


Рис. 12. Положение электрона в молекуле хлорофилла после поглощения ею кванта синего света. (Электрон переходит на более высокую энергетическую орбиталь –  $S_2^*$ )

На последующих моделях отражены различные моменты (пути) преобразования и использования энергии возбужденных электронов молекулы хлорофилла. Судьба энергии электрона зависит от его времени жизни на разных энергетических уровнях. Существует общая закономерность, согласно которой, чем выше энергетический уровень, на котором находится электрон, тем меньше временной период, в течение которого он может там находиться. Кроме того, для преобразования одной формы энергии, в другую или ее использования необходим определенный промежуток времени.

Так, на рис. 6 зафиксировано, что время жизни электрона  $S_2$  орбитали – самое наименьшее и составляет всего лишь  $10^{-12}$  –  $10^{-14}$  секунды. Это время настолько мало, что на его протяжении энергия электронного возбуждения не может быть использована. Через короткий промежуток времени электрон переходит на более низкий энергетический уровень ( $S_1$ ), сопровождающийся некоторой потерей энергии, выделяющейся в виде теплоты. По величине энергии данный электрон сравнялся с энергией электрона, поглотившего квант красного света.

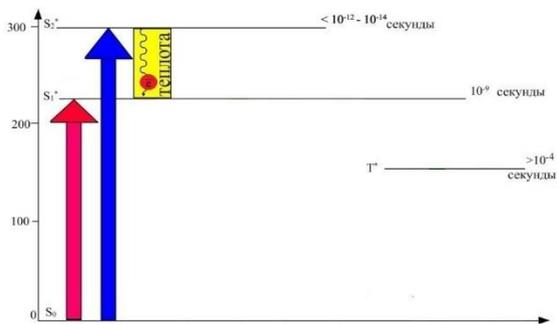


Рис. 13. Безизлучательный переход электрона с более высокой энергетической орбитали –  $S_2^*$ , на более низкую энергетическую орбиталь –  $S_1^*$ , сопровождающийся выделением энергии в виде теплоты

Дальнейшая судьба электронов, находящихся в первом синглетном состоянии, может быть различной. Они могут переходить с изменением спина электрона на триплетный ( $T_1$ ) уровень, сопровождающийся некоторой потерей энергии выделяющейся, в виде теплоты. Либо из возбужденного первого синглетного ( $S_1$ ) и триплетного ( $T_1$ ) состояний может переходить в основное ( $S_0$ ).

При переходе электронов с  $S_1$  на  $S_0$  – энергетический уровень, энергия электрона может быть: передана другим, не возбужденным молекулам хлорофилла (миграция энергии), выделена в виде теплоты, света – флуоресценции (испускание света с измененной длиной волны), преобразована в химическую форму энергии (рис. 7). При этом важно отметить, что в последнем преобразовании, электрон не переходит в основное синглетное состояние, а покидает эту орбиталь и уходит в электротранспортную цепь, где его энергия используется для синтеза таких энергетических эквивалентов, как ATP и NADPH. Чтобы хлорофилл смог принять следующую порцию энергии, он должен восстановиться, т.е. вернуть себе электрон. Свободная орбиталь ( $S_0$ ) будет заполнена электроном воды, образующимся в процессе ее фотоокисления.

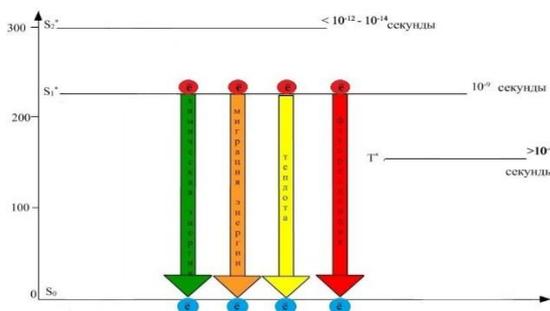


Рис. 14. Пути возвращения молекулы хлорофилла в основное состояние: с выделением теплоты, с испусканием света в виде флуоресценции, с миграцией энергии к невозбужденным молекулам хлорофилла, с использованием энергии на фотохимические реакции

Как уже было отмечено выше, с первого синглетного ( $S_1$ ) состояния электрон может переходить на более низкий энергетический уровень ( $T_1$ ), – триплетный, сопровождающийся некоторой потерей энергии, выделяющейся в виде теплоты (рис. 15).

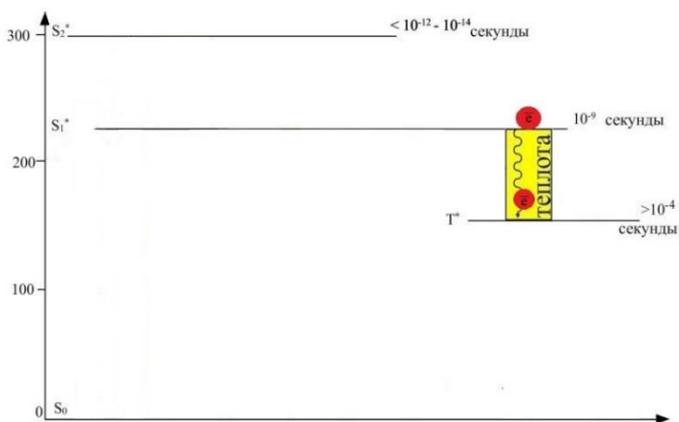


Рис. 15. Потеря энергии в виде теплоты при переходе молекулы хлорофилла из первого синглетного возбужденного состояния ( $S_1^*$ ), в триплетное состояние ( $T^*$ )

С триплетного уровня ( $T_1$ ) электрон может переходить в основное синглетное состояние ( $S_0$ ), а его энергия, в этом случае, может испускаться в виде фосфорисценции (более длительного свечения) или потрачена на химическую работу (рис. 16). В последнем случае и поступать в ЭТЦ, которая встроена в мембраны тилакоида хлоропласта, где его энергия будет использована для синтеза АТФ и NADPH. В этом случае  $S_0$  – орбиталь также будет заполнена электроном молекулы воды, которая является конечным донором электронов в ЭТЦ.

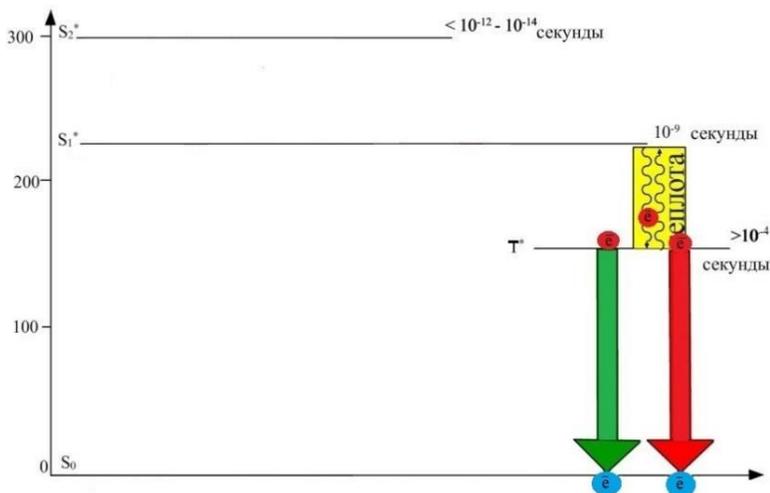


Рис. 16. Потеря энергии при переходе молекулы хлорофилла из триплетного возбужденного состояния ( $T^*$ ) в основное ( $S_0$ ) в виде фосфоресценции (слабого свечения), или использовании энергии на фотохимические реакции

По мнению И.Д. Зверева и А.Н. Мягковой, «... в работе с экранными пособиями в качестве источника знаний выступает сочетание слова учителя и изобразительной наглядности, статистических и динамических изображений» [84, с. 136]. Внедрение новых информационных технологий позволяет развить эту идею авторов и применить в образовательном процессе для интерпретации фундаментальных теорий статические и динамические flash-модели в комплексе. Такое моделирование, по-видимому, можно назвать сопряженным. Оно позволяет имитировать физиолого-биохимические процессы

на молекулярном и даже электронном уровнях, проводить виртуальные наблюдения за этими процессами, останавливать их для детального рассмотрения отдельных этапов и пр. При этом перед обучающимися открываются большие познавательные возможности, запрограммировано инициируются чувственные и интеллектуальные эмоции, которые определяют внутреннюю мотивацию к изучению биологических объектов и явлений.

Таким образом, сопряжение статических и динамических моделей при изучении физиолого-биохимических процессов является весьма эффективным методом познания, так как позволяет достаточно быстро перейти от наглядно-образного типа мышления к обобщеннообразному, а от него к понятийному типу мышления. Сопряженное моделирование как метод познания может использоваться как в иллюстративном, так и в поисковом плане – это зависит от дидактических целей, методологического потенциала разработанных моделей. Использование блока дополнительных статических моделей, отражающих последовательность отдельных (конкретных) энергетических преобразований, в сочетании с динамической моделью, демонстрирующей фотофизический процесс в динамике, позволяет обучающимся усвоить материал курса физиологии растений, убедиться в эффективности использованного данного метапредметного подхода обучения, и, в последующем, применить его в их профессиональной деятельности.

## 2.6. КОНСТРУИРОВАНИЕ МОДЕЛИ «ЭМБЛЕМА ЖИЗНИ» КАК ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ МИРА

Овладение метапредметным подходом как современной методологией обучения (познания) возможно лишь в том случае, если его принципы будут применены на практике в форме конкретных метапредметных технологий, которые позволят вывести учителя и ученика к надпредметному основанию. При этом обучающиеся усваивают не только содержание предметной области, но и эффективный метод своей деятельности. Одной из наиболее успешных форм технологии метапредметного обучения является презентация. Презентацию как способ предоставления информации с помощью компьютерных программ можно отнести к *сопряженным* методам познания, который одновременно позволяет вызвать у обучаемых чувственные и интеллектуальные эмоции и на этой основе инициировать и стимулировать внутреннюю положительную мотивацию субъектов к изучаемому материалу.

Продуктивность педагогического взаимодействия в современной образовательной практике во многом обусловлена необходимостью общения учителя со своими учениками на языке информационно-коммуникативных технологий. В настоящем исследовании в качестве эффективной метапредметной технологии формирования биологической картины мира предлагается презентация модели «Эмблема жизни». При конструировании такой презентации каждый студент имеет возможность самостоятельно скомпоновать изучаемый материал, которому, по его мнению, присущи наибольшая иллюстративность и содержательность. При этом у субъекта развивается творческое воображение и фантазия, позволяющие добиться максимального учебного эффекта.

При решении обозначенной проблемы автор настоящей публикации опирался на теоретико-методологические и методические изыскания, в которых анализируются методы и технологии воплощения в учебную практику принципов метапредметности, зафиксированных в Федеральных государственных образовательных стандартах: Ю.В. Громыко [68], А.В. Хуторского [249], С.М. Похлебаева [167], И.А. Третьяковой [211], С.С. Харитоновой [244], И.П. Назаровой [137], Т.Л. Блиновой [23], Е.В. Сизовой [186], О.В. Коршуновой [107], Н.В. Шарыповой [254] и др. В этих исследованиях достаточно убедительно доказана эффективность метапредметного подхода к обучению разных предметов (дисциплин), как в школе, так и в вузе. Вместе с тем личный многолетний опыт в педвузе позволяют утверждать, что при обучении биологическим дисциплинам обучающихся, в большинстве случаев, не происходит их конструирование вокруг какой-либо мыследеятельностной организованности как метапредметного фундамента для понимания сущности организации и функционирования всех уровней биологической формы движения материи.

Важную роль в решении данной проблемы могут играть исследования, в которых будут приведены конкретные примеры эффективных технологий, позволяющих применить принципы метапредметного подхода на практике. В качестве такой технологии предлагается конструирование презентации «Эмблема жизни». Данная модель может в полной мере выполнять функцию метапредмета, вокруг которого можно формировать не только биологическую, но и научную картину мира в целом.

Вступление человеческой цивилизации в новый постиндустриальный этап своего развития сопровождается нравственным упадком культуры, возникновением глобальных

экологических проблем и даже угрозой гибели самого социума. Преодоление этих негативных явлений возможно только на основе нового видения мира и экологического сознания, адекватного практической реальности общественного бытия.

По современным представлениям, ключевая роль в выдвигании новых мировоззренческих ориентиров отводится *интеграции философских и биологических знаний*, на основе которых возможно построение *универсальной картины мира*, которая будет определять истинные ценности, прогрессивное развитие культуры и, в целом, цивилизации. Междисциплинарные исследования взаимодействия философии с биологией позволяют выдвинуть новые жизненные концепции и определить значимость биологии в выдвигании современной мировоззренческой идеи. Такие исследования привели к созданию научного направления, которое обозначено как биофилософия.

«Концептуальным ядром биофилософии является понятие *жизни*, которое в наше время приобретает статус многозначной философской категории и основополагающего принципа понимания сущности мира и человеческого существования в нем» [255] [курсив наш. – С.П.]. Эту идею всецело поддерживает Б.Д. Комиссаров, подчеркивая, что биология становится лидером естествознания. Поэтому биологическое образование, по мнению данного автора, призвано формировать у обучающихся *понимание жизни* как величайшей ценности [102].

Явление жизни считается самым уникальным и сложным, которое зафиксировано пока только на планете Земля. Поэтому и понятие жизни является во многом абстрактным и трудным для его усвоения обучающимися. По мнению Л.М. Фридмана, при формировании абстрактного понятия целесообразно использовать модель, конкретизирующую это понятие [238].

В своей образовательной практике мы неоднократно проводили исследования с целью выявления у студентов знаний и умений, необходимых для конструирования модели, отражающей сущность понятия жизни. Результаты таких попыток не утешительны: студенты слабо владеют моделированием как общенаучным методом познания, а знания их о сущности жизни, в основном, находятся на эмпирическом уровне.

М.Ю. Королев выделяет две основные причины, по которым студенты естественнонаучных и математических направлений слабо владеют методом моделирования: 1) «Применение этого метода происходит с малой эффективностью; в процессе обучения используются, преимущественно, объяснительно-иллюстративные методы; 2) существующая методика направляет деятельность студента, в основном, на запоминание теоретического материала, она не позволяет в полной мере раскрыть все многообразие реализации метода моделирования в учебном процессе вуза» [105, с. 5].

Стратегия преодоления подобной негативной ситуации обозначена в работах Л.М. Фридмана, который констатирует, что любая модель обладает свойством наглядности не только для разработчика этой модели, но и «для любого другого человека, который понял сущность данной модели и тем самым как бы стал ее создателем» [238, с. 92].

Опираясь на это положение, мы предлагали студентам прокомментировать сущность и значимость сконструированной нами модели под названием «Эмблема жизни». Практика показала, что комментарий сущности этой модели был поверхностным и особых чувственных и интеллектуальных эмоций предложенная модель у них не вызывала.

Учтя этот опыт, мы предложили обучающимся свой вариант технологии для усвоения (понимания) сущности обозначенной

выше модели. Суть этой технологии заключалась в выполнении каждым студентом следующих заданий:

1. Индивидуально осуществить *анализ* двух статей, в которых описана методология и методика конструирования модели «Эмблема жизни» (рис. 17) [161] и ее роль в формировании биологической картины мира [210].
2. *Выделить* философские, естественнонаучные и биологические принципы и подходы, которые были положены в основу данной модели. Показать *логическую связь* между ними.
3. Обозначить фундаментальные естественнонаучные понятия, которые раскрывают сущность живого.
4. Выделить биологически активные молекулы. Отметить их структурные *особенности* и *уникальные функции*.
5. Сопроводить выделенные понятийные выражения соответствующими *образами* и *знаками*.
6. Составить понятийный словарь основных терминов, используемых в статье.
7. Составить презентацию, которая явится *обобщением* проделанной работы студента.
8. Авторскую презентацию представить (*прокомментировать*) на зачетном занятии.

При конструировании этой модели автор статей руководствовался методологией, зафиксированной в учении о понятии Ф. Энгельса, т.е. отталкивался от единичного, находил особенное и открывал (конструировал, отображал) всеобщее. Обучающиеся, используя тексты этих статей, в которых описывалась модель, шли противоположным путем: от всеобщих принципов организации модели и ее общей формы переходили к основным ее блокам. Конкретизировали их элементы, используя дополнительные ресурсы интернета, выявляли их особенные и уникальные свойства, и уже затем понимали (осознавали) всеобщую значимость авторской модели.

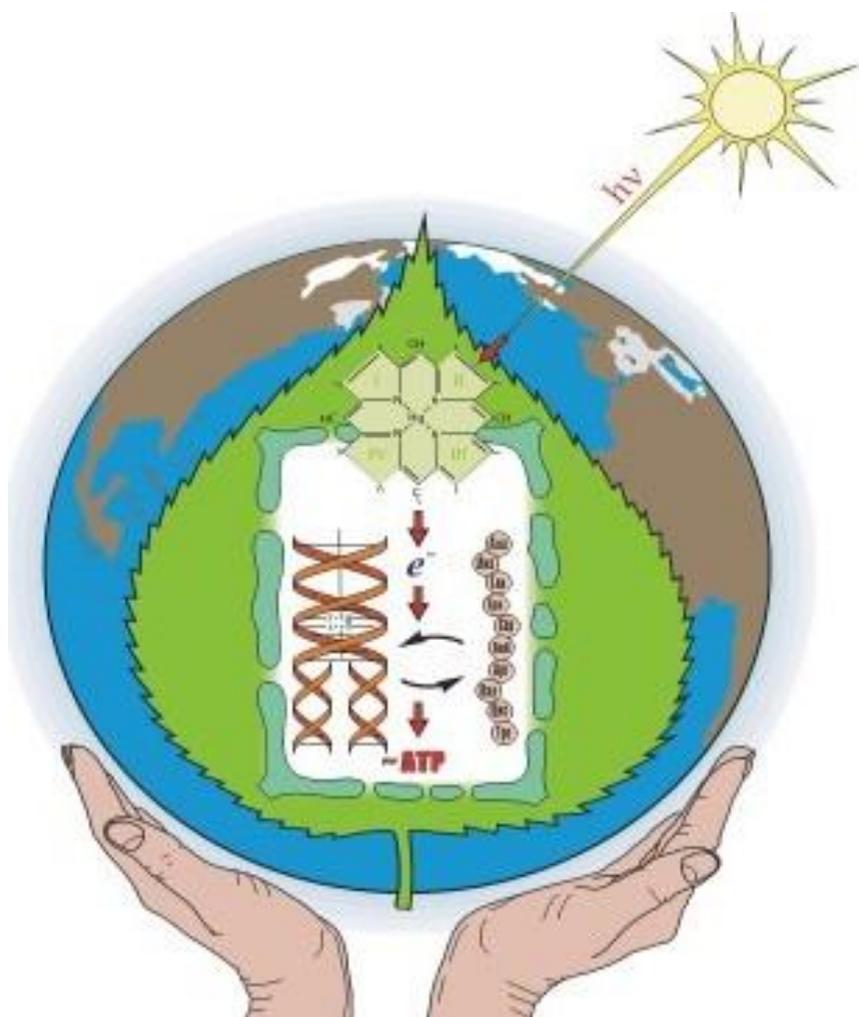


Рис. 17. Эмблема жизни  
(идеализированная теоретическая модель живой системы)

Для понимания особенных свойств отдельных элементов модели обучающимся предлагалось, используя информацию интернета, выявить материальные основы этой уникальности. Так, например, для того, чтобы понять «логику» природы, руководствуясь которой, она выбрала в качестве основного субстрата жизни белки, необходимо было выявить их многообразные свойства (функции). Понять сущность уникального принципа их организации (принципа биополимеризации), обеспечивающего синтез этого огромного разнообразия белков. Это, в свою очередь, обуславливало необходимость изучить (понять) особенности строения и свойств мономеров белка – аминокислот. Выявить их функциональные группы (карбоксильную и аминогруппу), присущие всем 20 аминокислотам, участвующим в биосинтезе всех белков любого живого организма нашей планеты. Изобразить реакцию синтеза димера из двух разных аминокислот и написать к ней комментарий. Зафиксировать основные результаты такой деятельности в презентации. Подобная работа проводилась каждым студентом и в отношении других (основных) элементов модели: ДНК, хлорофилла и АТФ и др.

В отношении структуры двухцепочечной молекулы ДНК студенты фиксировали ее общее строение, уникальный принцип ее организации – биополимеризацию. Выделяли четыре мономера (аденин, тимин, гуанин и цитозин), рассматривали их состав (строение), определяли тип связей (ковалентные) между мономерами в одной цепи данной молекулы, устанавливали тип связей (водородных) между комплементарными нуклеотидами дочерних цепей молекулы (Т–А; Г–Ц). Фиксировали особенности и значимость свойств ковалентных и водородных связей.

Понимание уникального строения молекулы ДНК позволило студентам осмыслить и такое уникальное свойство (процесс) данной молекулы, как редупликация, обеспечивающая точное копирование генетической информации и передачу ее от поколения к поколению. При рассмотрении механизмов биосинтеза белков и редупликации ДНК студенты должны были выяснить, какой тип химических реакций характерен только для живых систем (реакция матричного синтеза).

В ходе химической эволюции данные биополимеры взаимодействовали друг с другом. Этот важный момент отражен в модели. Дезоксирибонуклеиновая кислота кодирует информацию обо всех белках клетки, в том числе, и белке – ферменте (ДНК-зависимой ДНК-полимеразе), который катализирует редупликацию (самоудвоение) этой молекулы. На основе подробного взаимодействия, в процессе эволюции, формировались сопряженные системы с обратной связью, сыгравшие ключевую роль при переходе от неживых систем, к живым системам. Механизм сопряжения, по-видимому, можно рассматривать как один из принципов обратной связи, который является универсальным для всех живых систем, и своего рода методологией выявления сущности их организации и функционирования.

Ключевую роль в преобразовании энергии квантов света в энергию химических связей органических веществ играют молекулы хлорофилла. В упрощенном виде молекула хлорофилла представлена в рассматриваемой модели. Уникальные свойства хлорофилла – как оптического и химического сенсориализатора – также обусловлены строением его молекулы. При рассмотрении молекулы хлорофилла студенты выделяли ее главный

компонент – порфириновое кольцо, в основе которого лежит 18-членная сопряженная система чередующихся одинарных и двойных связей. Эта уникальная структура обуславливает данной молекуле три главных функции: 1) поглощать избирательно энергию сине-фиолетовых лучей и части красных лучей, 2) запастись ее в форме энергии электронного возбуждения; 3) использовать энергию электронного возбуждения для синтеза важнейших энергетических эквивалентов клетки – АТФ и NADPH+H<sup>+</sup>.

Универсальный аккумулятор энергии всех организмов на нашей планете – АТФ – также имеет место в модели. При рассмотрении структуры данной молекулы, обучающиеся отмечают, что она относится к мононуклеотидам. Фиксируют особенности (свойства) данной молекулы: 1) энергия, заключенная в макроэргических связях данной молекулы характеризуется лабильностью, время ее существования 2–3 минуты; 2) уникальность данной формы энергии состоит и в том, что она может преобразовываться во все формы энергии (тепловую, физическую, физико-химическую, химическую, световую, механическую и др.), которые необходимы живому организму.

Анализ важнейших биологически активных молекул позволил студентам сделать вывод, что функционирование любой клетки возможно лишь на основе многочисленных *сопряженных превращений вещества, энергии и информации*.

Кроме того, в презентации студенты отразили структуру и функции мембран, основных органелл, биосферный уровень организации живого и природоохранные мероприятия.

Таким образом, при подготовке презентации модели «Эмблема жизни как эффективное средство формирования

научной картины мира» обучающиеся осуществляли практически все этапы деятельности, которые в свое время, проделывали авторы этой модели. Именно через эту деятельность они осознавали значимость и уникальность каждого из элементов и модели в целом. При этом они применяли метод моделирования как рациональный общенаучный метод познания и как учебное средство для достижения многих дидактических целей.

При конструировании индивидуальной презентации каждый студент на практике применял три важнейших подхода: системный, деятельностный и личностный, которые положены в основу Федеральных государственных образовательных стандартов. Данные подходы обладают существенным методологическим потенциалом, но как всякие абстракции значительного уровня обобщения обуславливают необходимость их применения при изучении конкретных объектов и явлений бытия. Одним из эффективных методов деятельности, в которых реализуются все три этих подхода, является моделирование. Особую значимость моделирование имеет по созданию образно-знаковых моделей высокого уровня интеграции, сопрягающих элементы теоретичности и образности. В нашем исследовании роль такой модели, сопрягающей элементы образности и теоретичности, выполняла «Эмблема жизни». При конструировании презентации к этой модели субъекты обучения осознавали ее сущность, углубляя при этом содержание понятия «жизнь», которое, в рамках биофилософии, рассматривается не только как ядро биологической, но и современной общенаучной картины мира в целом.

## 2.7. ПРИМЕР ПРЕЗЕНТАЦИИ «ЭМБЛЕМА ЖИЗНИ», ПОДГОТОВЛЕННОЙ СТУДЕНТАМИ 3 КУРСА ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ БИОЛОГИЯ, БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.

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 идеализированную модель «Эмблема жизни», разработанную автором настоящей работы, следует рассматривать как достаточно серьезный проект. Студенты, анализируя содержание статьи, фиксирующей принципы и этапы конструирования данной модели, вслед за автором становились участниками создания данного проекта, который они защищали при демонстрации собственной (индивидуальной) презентации.

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.

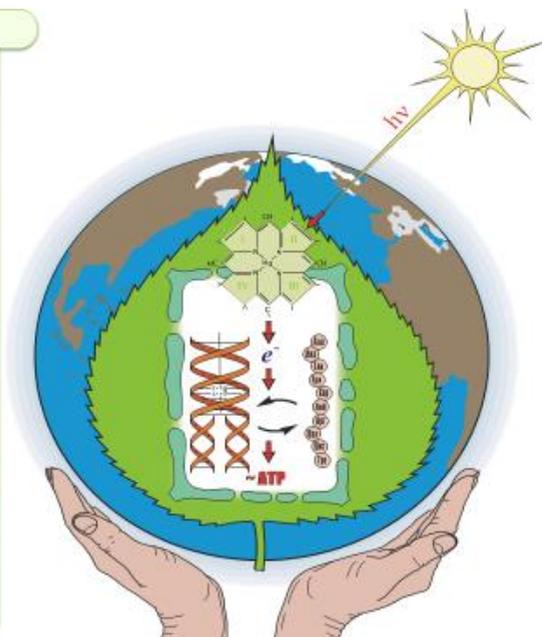
Одна из таких студенческих презентаций представлена в данной работе.

## **МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ СОПРЯЖЕННОЙ СИСТЕМЫ "ЭМБЛЕМА ЖИЗНИ" В ФОРМИРОВАНИИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ МИРА**



*Выполнили:  
Байда Наталья  
Наливайченко Арина  
Группа 359-60*

Представленная «Эмблема жизни» в определенной степени раскрывает содержание понятия «жизнь», которое является ключевым понятием биологической картины мира, точно также как понятие «материя» является ключевым для общенаучной картины мира.



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





**Взаимодействие** как атрибут материи определяет существование и структурную организацию всякой материальной системы, ее свойства, ее объединение наряду с другими телами в систему большего порядка.

**Внешняя сторона** взаимодействия проявляется как «взаимная связь отдельных движений, отдельных тел между собой...»

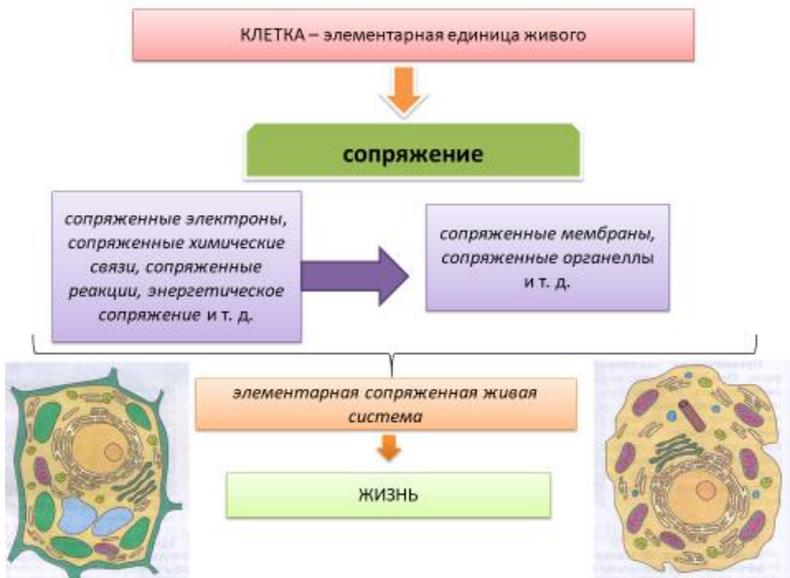
**Внутренняя (содержательная) сторона** взаимодействия отражает взаимные превращения и переходы, взаимную обусловленность и взаимную связь

отражает механизм повышения уровня организации любой природной системы

сопряжение

служит основанием (методологией) для понимания сущности эволюции природных форм движения материи, и их взаимосвязи.

статус естественнонаучной категории



### Определение жизни М.Волькенштейна

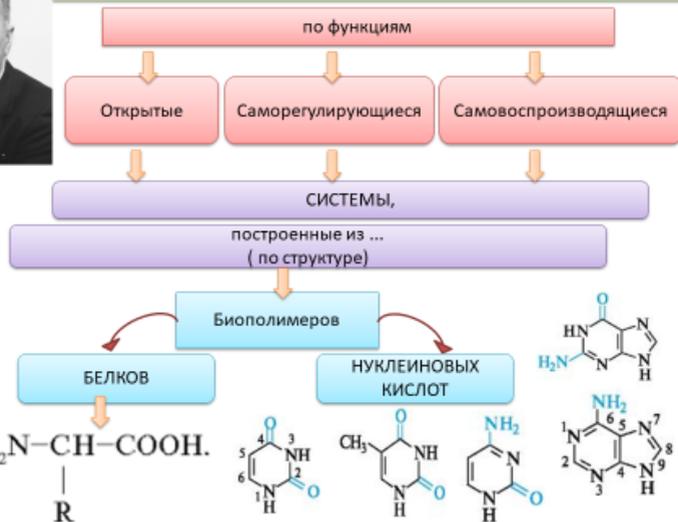
«Живые тела, существующие на Земле, представляют собой открытые, саморегулирующиеся и самовоспроизводящиеся системы, построенные из биополимеров - белков и нуклеиновых кислот».

### Определение жизни Ф. Энгельса

«Жизнь есть способ существования белковых тел. Существенным моментом которого является постоянный обмен с окружающей их внешней природой. Причем с прекращением этого обмена веществ прекращается и жизнь, что приводит к разложению белка».



### Жизнь (М.В. Волькенштейн) – живые тела, представляют собой...



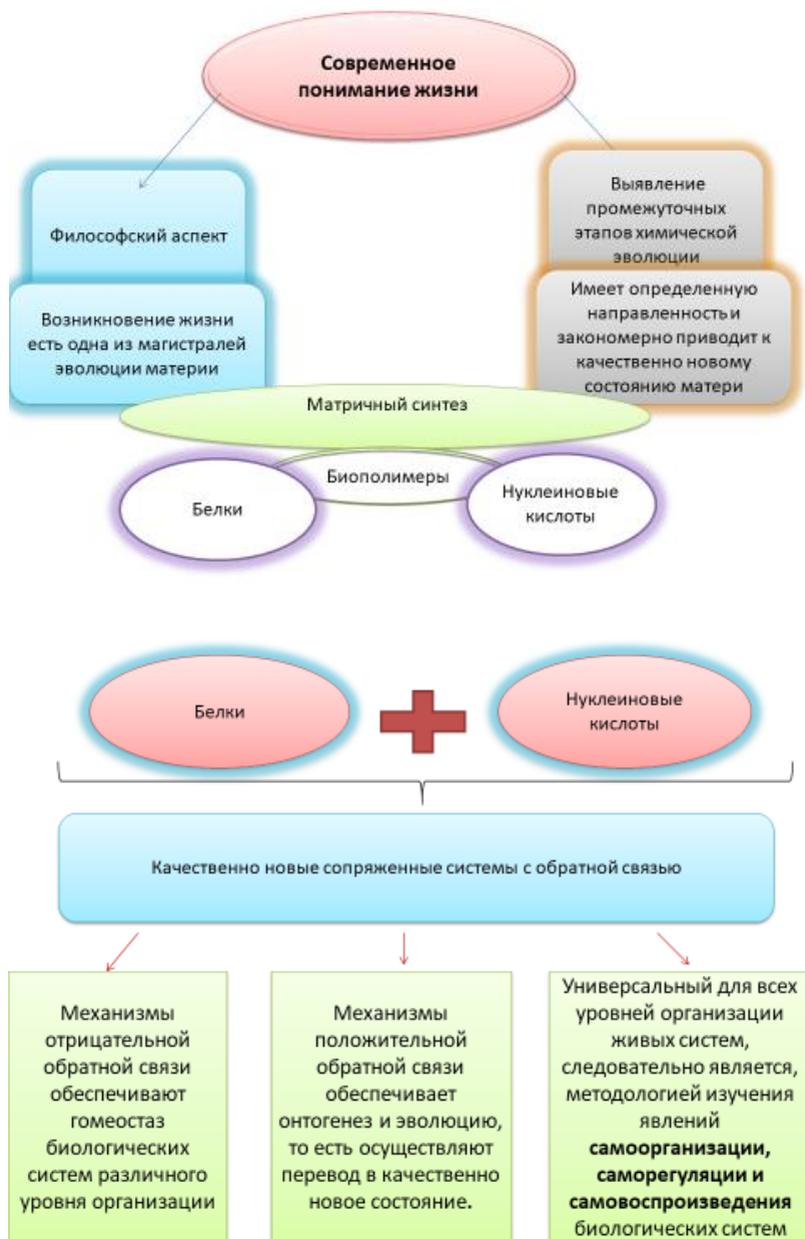
### Фундаментальные проявления жизни

К.А. Тимирязев

Н.П. Дубинин



Результаты изучения молекулярного уровня жизни позволяют представить содержание данных понятий и их взаимосвязь в образно-знаковой форме.

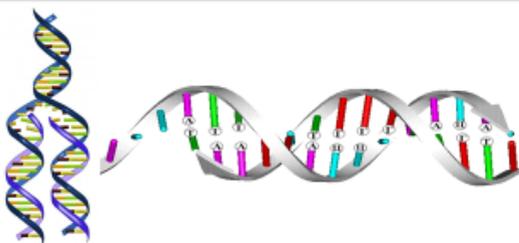
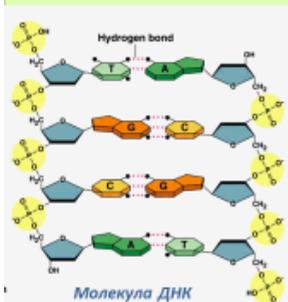


**С химической точки зрения ДНК** — это длинная полимерная молекула, состоящая из повторяющихся блоков — нуклеотидов. Каждый нуклеотид состоит из азотистого основания, сахара (дезоксирiboзы) и фосфатной группы. Связи между нуклеотидами в цепи образуются за счёт дезоксириboзы и фосфатной группы (фосфодиэфирные связи). В подавляющем большинстве случаев (кроме некоторых вирусов, содержащих одноцепочечную ДНК) макромолекула ДНК состоит из двух цепей, ориентированных азотистыми основаниями друг к другу. Эта двухцепочечная молекула спирализована. В целом структура молекулы ДНК получила название «двойной спирали».

Каждая цепь ДНК представляет собой полинуклеотид, который может состоять из нескольких десятков тысяч или даже миллионов нуклеотидов.

Нуклеотиды, входящие в состав одной цепи, последовательно соединяются за счёт образования ковалентных связей между дезоксириboзой одного и остатком фосфорной кислоты другого нуклеотида.

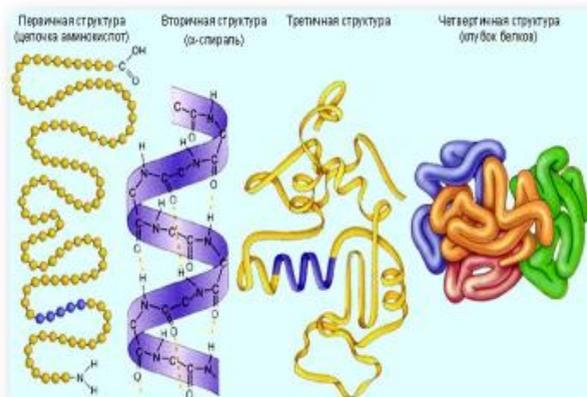
Пары нуклеотидов: А и Т, Г и Ц строго соответствуют друг другу и являются дополнительными, или комплементарными



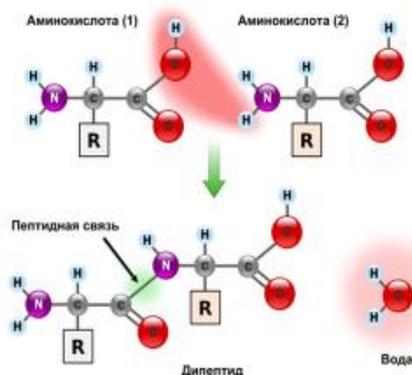
## РОЛЬ БЕЛКОВ



# СТРУКТУРА БЕЛКОВ



# АМИНОКИСЛОТЫ

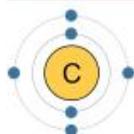


Аминокислоты содержат две функциональные группы: Карбоксильную и Гидроксильную, следовательно, обладают как кислотными, так и основными свойствами. И самое главное, могут реагировать между собой. Поэтому из 20 аминокислот получается огромное разнообразие белков.

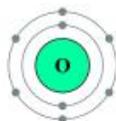
Образование пептидной связи между остатками двух аминокислот

# ОРГАНОГЕНЫ Н,О,С

Согласно представлению Сент-Дьерди (1972) все процессы обмена энергии в живых системах связаны с взаимодействием трех основных элементов:



- углерода (С), способного 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.



- кислорода (О), который является общим (но не единственным конечным акцентом электронов (или атомов Н), образуя при этом систему с максимальной величиной окислительного потенциала и минимальной энергией;



- водорода (Н), несущего 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;

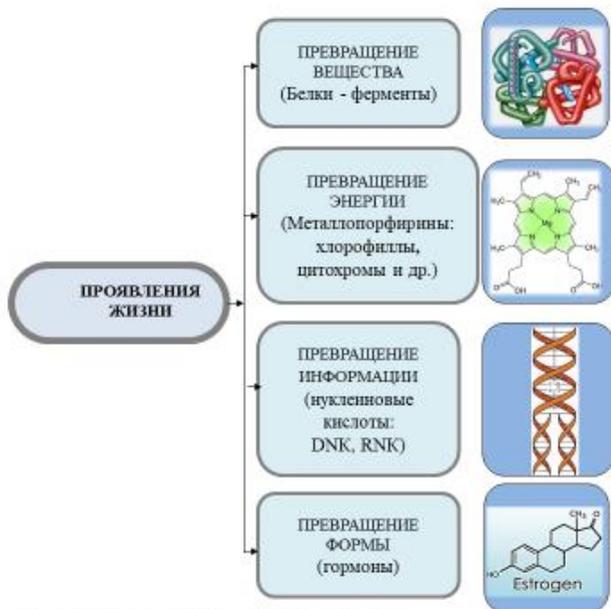
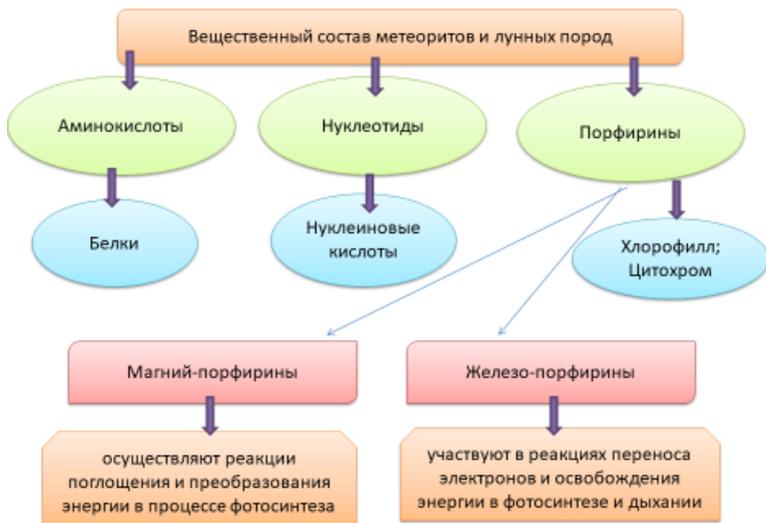
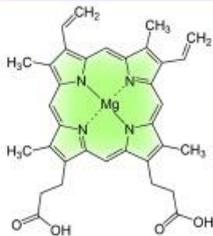


Рис. Молекулярные основы проявлений жизни



С общей точки зрения, **фотосинтез** – это процесс образования органических веществ и кислорода из неорганических: углекислого газа и воды, под действием кванта света и при участии хлорофилла.



Молекула хлорофилла

С химической точки зрения, **фотосинтез** – окислительно–восстановительный процесс, в котором происходит восстановление углерода углекислого газа до углерода глюкозы, и окисление кислорода воды до молекулярного (свободного) кислорода.



С энергетической точки зрения, **фотосинтез** – это процесс поэтапной стабилизации внешней неустойчивой энергии квантов света во внутреннюю устойчивую энергию химических связей органических связей через промежуточные формы энергии электронов,  $\Delta pH$ , макроэнергетических связей, НАДФН при участии хлорофилла.





**Шкала электромагнитных волн или излучений** представляет собой ряд диапазонов электромагнитных волн, которые распределяются в соответствии с частотой. Распространяющиеся в пространстве периодически изменяющиеся вихревые электрические и магнитные поля представляют собой электромагнитные колебания.

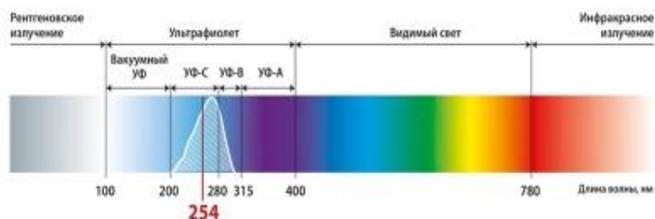


Рис.2. Шкала электромагнитных излучений

**Свойства электромагнитных колебаний открыты** в начале XIX века *английским ученым Д.К. Максвеллом*. Физик считал, что электромагнитные волны перпендикулярны направлению распространения волны, ее скорости. Магнитное и электрическое поля, взаимодействуя друг с другом, действуют на заряженные частицы поверхности волнового фронта, создают поле, существующее независимо, обладающее собственными свойствами.

Электромагнитные волны могут распространяться в разных средах, в том числе и в вакууме. **Самое поле — материя**, которая распространяется в среде. **Скорость распространения** электромагнитной волны в вакууме **равна скорости света, т. е.  $3 \cdot 10^8$  в 8 степени м/с**. Значение не затухает, проходя через пространство, постоянно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

## Понятийный аппарат

**Материя** - (от др.- греч. - вещество) — философская категория для обозначения объективной реальности, которая дана человеку в ощущениях его, которая копируется, фотографируется, отображается нашими ощущениями, существует независимо от них.

**Взаимодействие** - (от др.- греч. - слияние) базовая философская категория, отражающая процессы воздействия объектов (субъектов) друг на друга, их изменения, взаимную обусловленность и порождение одним объектом других.

**Категория** - (от греч. – указание) - основные понятия, отражающие наиболее общие и существенные свойства, стороны, отношения явлений действительности и познания.

## Понятийный аппарат

**Методология** - (от др.- греч. - мысль, причина) — учение о методах, способах и стратегиях исследования предмета.

**Эмблема** - (от др.-греч. - вставка) условное или символическое изображение какого-либо понятия, идеи.

**Сопряжение** - (от греч. - соединение) взаимосвязь чего-либо с чем-либо, неременное сопутствие, совмещение нескольких объектов, явлений.

## Понятийный аппарат

**Эволюция** - (от др.- греч. - развертывание) — исторически необратимый процесс изменения всего живого.

**Естествознание** - (от лат. - природа) - это совокупность наук о явлениях и законах природы.

**Биологическая картина мира** (ядром является содержание понятия материя)– сопряженная коэволюция природа→жизнь→общество; опосредованная модель действительности в форме образов, символов и организации функционирования.

## Понятийный аппарат

**Вещество** – (от лат. - материал) одна из форм материи, состоящая из частиц, среди которых чаще всего встречаются электроны, протоны и нейтроны.

**Движение** –(от лат. - изменение) одно из проявлений жизнедеятельности, обеспечивающее организму возможность активного взаимодействия со средой, в частности, перемещение с места на место и т. п.

**Информация** –(от лат. — «разъяснение, представление, понятие о чём-либо») сведения, независимо от формы их представления.

## Понятийный аппарат

**Форма** - (от лат. - внешний вид) способ организации и способ существования вещи (предмета, процесса, явления).

**Система** – (от греч. соединение) совокупность элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которая образует определённую целостность, единство.

**Энергия** - (от лат. - действие) - мера движения материи.

**Отражение** - всеобщее свойство материи, заключающееся в воспроизведении особенностей отражаемого объекта или процесса.

## Список использованных источников

- Третьякова И.А. Методологическая роль сопряжённой 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.
- Дубинин Н.П. Общая генетика / Н.П. Дубинин. – 2-е изд. – М., Наука, 1976. – 572 с.
- Мамедов Н.М. Экологическое образование: проблемы базовых знаний / Н.М. Мамедов, И.Т. Суравегина // Биология в школе. – № 1. – 1993. – С. 17–21.
- 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. – М.: Просвещение, 1993. – 544 с.
- Основы общей биологии / Э. Гюнтер, Л. Кемпфе, Э. Либберт, Х. Мюллер / под ред. Э. Либберта; перев. с нем. – М.: Мир, 1982. – 440 с.
- Философские основания естествознания / под ред. С.Т. Мелюхина, Г.Л. Фурмонова, Ю.А. Петрова и др. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1977. – 343 с.

## ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

1. Всестороннее выявление *гносеологического значения моделирования* возможно только на основе диалектико-материалистической концепции метода моделирования, которая, исходя из фундаментального принципа познания – *принципа отражения*, позволяет раскрыть сущность и функции различного рода моделей.

2. Необходимость применения моделирования в образовательной области естествознания очевидна в силу сложности и комплексности этой предметной области. Кроме того, в последнее время наблюдается тенденция к изменению парадигмы подготовки обучающихся, а именно переход от экстенсивно-кумулятивной парадигмы к интенсивно-технологической, предполагающей *формирование методологической культуры у школьников и студентов* вплоть до интеллектуальной деятельности (В.И. Разумов). Поэтому нам представляется актуальным обучение моделированию и использованию системы моделей *при формировании фундаментальных естественнонаучных понятий у обучающихся*, а также их применению при объяснении и интерпретации сущности законов и теорий, общих для курсов физики, химии, биологии.

3. Разработанная нами «Атрибутивная модель понятия «материя» в должной мере отражает и интерпретирует сущность диалектического материализма как основного метода познания материального мира. Поэтому она может претендовать

на роль метамоделей естествознания и определять *общую стратегию изучения всех естественных дисциплин, их преемственность и интеграцию, способствовать развитию теоретического мышления и научного мировоззрения* не только у учащихся, но и у студентов, учителей и преподавателей вуза.

4. Анализ концепций и теорий филогенеза мышления человека позволяет констатировать, что его развитие прошло длительный исторический путь от наглядно-действенного до понятийного и диалектического видов мышления. Промежуточным этапом на этом пути явилось наглядно-образное мышление. Последовательность прохождения данных этапов развития мышления характерна и для онтогенеза человека. Однако практика свидетельствует, что не только в школе, но и в вузе знания большинства студентов не достигают теоретического уровня, в основе которого лежит понятийное мышление. Наибольшие затруднения в развитии мышления обучающихся возникают на этапе трансформации наглядно-образного мышления в понятийное.

5. В разрешении этой проблемы большое значение имеют результаты исследований в области физиологии мышления, полученные в лаборатории, руководимой Г.А. Твердохлебовым. Анализируя экспериментальные данные, автор обосновывает наличие еще одного вида мышления – *обобщенно-образного, являющегося связующим звеном между наглядно-образным и понятийным мышлением и определяющего стратегию данного перехода.*

6. Формированию обобщенно-образного вида мышления способствует метод моделирования *реальных объектов и процессов, лежащий в основе научного познания*. Метод моделирования обладает огромной *эвристической силой*, так как при конструировании моделей у обучающихся возникает *наглядный обобщенный образ моделируемого объекта*. Кроме того, построение моделей способствует *взаимодействию эмпирического и теоретического уровней познания, мышления с чувственностью, ненаглядных элементов с наглядными, что соответствует требованиям современной науки*. Эта функция облегчает понимание формальных теорий и является особенно важной в процессе обучения. Оперирование идеальными (мысленными) моделями представляет собой *элемент теоретической (умственной) деятельности*, складывающейся как из логического, дискурсивного мышления, так и из процесса творческого воображения. Использование разработанной нами системы образно-знаковых моделей разного уровня интеграции в учебном процессе показало, что они становятся для обучающихся своеобразными *методологиями* изучения конкретного материала и способствуют формированию у них *обобщенно-образного мышления*, которое является важнейшим звеном на пути к понятийному виду мышления.

7. Результаты наших исследований подтверждают эффективность и приоритетность методологических основ содержания обучения. При усвоении этих основ обучающиеся вооружаются рациональными методами самоорганизации своей деятельности по осуществлению принятых целей учебного и общественного характера. У них инициируется склонность к самооб-

разованию, самосовершенствованию, к творческой деятельности; развиваются индивидуальные творческие потенциалы каждого субъекта обучения. Они знакомятся с модельным характером науки и образования; овладевают методом моделирования как важнейшим методом познания и как учебным средством для многих дидактических целей (наглядности, запоминания и т.д.); самостоятельно интегрируют знания и выражают это в виде образно-знаковых моделей разного уровня обобщения. Обогащая методологический аппарат, обучающиеся повышают свой теоретический уровень мышления; формируют естественнонаучное мировоззрение. Все это, в конечном итоге, повышает *мотивацию* обучающихся к учебным предметам и к учению, делает их учебную деятельность более осмысленной и продуктивной.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение состояния проблемы качества усвоения учащимися фундаментальных естественнонаучных понятий, законов, теорий, естественнонаучной картины мира у выпускников основной школы убеждает нас в том, что традиционное школьное естественнонаучное образование не обеспечивает формирования у учащихся целостной системы естественнонаучных знаний, а также умений самостоятельно систематизировать их и обобщать. Категории: «научная картина мира», «методология познания» – слабо освоены естественнонаучным образованием.

Элементом теоретической (умственной) деятельности, складывающейся из логического, дискурсивного мышления, является оперирование идеальными (мысленными) моделями. Поэтому в качестве основного метода формирования теоретического мышления учащихся нами выбран метод моделирования, который обладает огромной эвристической силой, что находит выражение в создании у учащихся наглядного обобщенного образа моделируемого объекта, возникающего при конструировании моделей. Кроме того, построение моделей способствует взаимодействию эмпирического и теоретического уровней познания, мышления с чувственностью, не наглядных элементов с наглядными, что соответствует требованиям современной науки и облегчает понимание формальных теорий.

Моделирование как деятельность по построению и изучению моделей для указанных целей развивало у школьников такие психические процессы, как восприятие, память, мышление, воображение, представления, а также создавало положительную мотивацию к изучению предметов естественнонаучного цикла.

Художественно-оформленные модели оказывают иницирующий эффект на возникновение положительных эмоций, обеспечивающих своеобразную установку на прием учебной информации. Учащиеся непроизвольно приобретают интерес, а затем и стремление к изучению данной дисциплины. Вызванные образно-знаковой моделью положительные эмоции создают ситуацию удовольствия, располагая индивида к приобретению соответствующего позитивного отношения к предмету.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аббасова, Р.К. Формирование научных понятий у старшеклассников на основе межпредметных связей (гуманитарный цикл): дис. ... канд. пед. наук / Р.К. Аббасова. – Алма-Ата, 1991. – 144 с.
2. Аверьянов, А.Н. Системное познание мира. Методологические проблемы / А.Н. Аверьянов. – Москва: Политиздат, 1985. – 160 с.
3. Алексашина, И.Ю. Учитель и новые ориентиры образования (Гуманизация образования как предмет теоретической рефлексии и практического освоения учителем): моногр. / И.Ю. Алексашина. – Санкт-Петербург: СПбГУПМ, 1997. – 153 с. – ISBN 5-86-682-019-6.
4. Алексеев, П.В. Философия / П.В. Алексеев, А.В. Панин. – 3-е изд, перераб. и доп. – Москва: ТК Велби: Проспект, 2005. – 608 с. – ISBN 5-98032-278-7.
5. Алимов, А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем / А.Ф. Алимов. – Санкт-Петербург: Наука, 2000. – 147 с. – ISBN 5020261459.
6. Амосов, Н.А. Моделирование информации и программ в сложных системах / Н.А. Амосов // Вопросы философии. – 1963. – № 3. – С. 27.
7. Ананьев, Б.Г. Человек как предмет познания / Б.Г. Ананьев. – Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1968. – 339 с.
8. Анохин, П.К. Физиология и кибернетика / П.К. Анохин // Вopr. философии. – 1957. – № 4. – С. 142–155.
9. Аптер, М. Кибернетика и развитие: пер. с англ. / М. Аптер; ред. И.И. Пятницкого-Шапира. – Москва: Мир, 1970. – 215 с.
10. Арсеньев, А.С. Анализ развивающегося понятия / А.С. Арсеньев, В.С. Библер, Б.М. Кедров. – Москва: Наука, 1967. – 439 с.

11. Ахметова М.Н. Метапредметный подход в интерпретации текста / М.Н. Ахметова // Учёные записки ЗабГГПУ. – 2011. – № 2(37). – С. 24–26.
12. Балл, Г.А. Теория учебных задач / Г.А. Балл. – Москва: Педагогика, 1990. – 184 с.
13. Барашенков, В.С. Вселенная в электроне. – Москва: Изд-во «Детская литература». – 1988. – 287 с. – ISBN 978-5-08-001051-4.
14. Бахор, Т.А. Метапредметность как условие профессиональной подготовки бакалавров педагогического образования / Т.А. Бахор, Н.А. Мазурова, О.Н. Зырянова и др. // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 6. – С. 408.
15. Башарин, В.Ф. Что нужно знать преподавателю физики профтехучилища для реализации взаимосвязи общего и профессионального образования: методические рекомендации / В.Ф. Башарин. – Москва: АПН СССР, 1987. – 102 с.
16. Безрукова, В.С. Педагогическая интеграция: сущность, состав, реализация / В.С. Безрукова. – Свердловск: Свердлов. инж.-пед. ин-т, 1987. – 52 с.
17. Белый, П.С. Пути осуществления межпредметных связей в обучении физике / П.С. Белый // Физика в школе. – 1984. – № 4. – С. 40–43.
18. Березин, Б.Д. Курс современной органической химии: учеб. пособие для вузов / Б.Д. Березин, Д.Б. Березин. – Москва: Высш. шк., 1999. – 768 с. – ISBN 5-06-003630-8.
19. Бернштейн, Н.А. От рефлекса к модели будущего / Н.А. Бернштейн // Вопр. психологии. – 2002. – № 2. – С. 94–98.
20. Борулава, М.Н. Интеграция содержания образования / М.Н. Борулава. – Москва: Педагогика, 1998. – 272 с.
21. Беспалько, В.П. Теоретические основы педагогических систем / В.П. Беспалько. – Москва: Педагогика, 1980. – 187 с.
22. Беспалько, В.П. Теоретические основы педагогических технологий / В.П. Беспалько. – Москва, 1980. – 190 с.
23. Блинова, Т.Л. Метапредметность в подготовке учителя / Т.Л. Блинова // Педагогика. – 2018. – № 3. – С. 92–96.

24. Богданова, А.А. Установление межпредметных связей с биологией при изучении природных комплексов / А.А. Богданова // География в школе. – 1980. – № 1. – С. 30–32.
25. Богоявленский, Д.Н. Психология усвоения знаний в школе / Д.Н. Богоявленский, Н.А. Менчинская. – Москва: Изд-во АПН СССР, 1959. – 347 с.
26. Божович, Л.И. Личность и ее формирование в детском возрасте / Л.И. Божович. – Санкт-петербург: Питер, 2008. – 398 с. – ISBN 978-5-91180-846-4.
27. Бойко, В.В. Социально-психологический климат коллектива и личность / В.В. Бойко, А.Г. Ковалев, В.Н. Парфенов. – Москва: Мысль, 1983. – 208 с.
28. Бор, Н. Атомная физика и человеческое познание / Н. Бор. – Москва, 1961.
29. Браже, Т.Г. Основные принципы совершенствования профессиональной квалификации учителей в ИУУ / Т.Г. Браже // Совершенствование профессиональных знаний и умений учителя в процессе повышения квалификации. – Москва: АПН СССР, 1982. – С. 18–23.
30. Бурмакина, В.Ф. Метапредметность как способ формирования у школьников умения учиться / В.Ф. Бурмакина // Новая наука: современное состояние и пути развития. – 2015. – № 6–2. – С. 11–14.
31. 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 5-250-01066-0 (ч. 1); ISBN 5-250-00315-X (ч. 2).
32. Введение в философию: учеб. пособие для вузов / авт. колл.: И.Т. Фролов и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Республика, 2003. – 623 с. – ISBN 5-250-01868-8.
33. Верзилин, Н.М. Проблема развития понятий в процессе обучения / Н.М. Верзилин // Советская педагогика. – 1966. – № 12.

34. 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.
35. Вернадский, В.И. Философские мысли натуралиста / И.В. Вернадский. – Москва, 1988. – С. 270–271.
36. Взаимодействие наук. Теоретические и практические аспекты / под ред. Б.М. Кедрова и П.В. Смирнова. – Москва: Наука, 1984. – 320 с.
37. Вилюнас, В.К. Психологические механизмы развития мотивации: дис. ... д-ра психол. наук: 19.00.01 / В.К. Вилюнас. – Москва, 1990. – 409 с.
38. Винер, Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине / Н. Винер. – 2-е изд. – Москва: Наука, 1983. – 343 с.
39. Виноградова, А.Д. Понимание и усвоение школьниками IV–V классов функциональной математической зависимости / А.Д. Виноградова // Ученые записки ЛГПИ им. Герцена. – Т. 96. – 1954.
40. Войшивилло, Е.К. Понятие как форма мышления: Логико-гносеологический анализ / Е.К. Войшивилло. – Москва: Изд-во МГУ, 1989. – 239 с.
41. Волкова, Э.Э. Междисциплинарные взаимодействия: поиск путей решения в школе / Э.Э. Волкова, М.В. Занин, М.П. Кузнецова // Биология в школе. – 1990. – № 6. – С. 52–54.
42. Воскресенская, Н.М. Обновление содержания образования и проблема государственных образовательных стандартов / Н.М. Воскресенская // Реформы образования в современном мире: глобальные и региональные тенденции. – Москва: Изд-во Российского открытого университета, 1995. – 272 с.
43. Выготский, Л.С. Игра и ее роль в психическом развитии ребенка / Л.С. Выготский // Вопр. психол. – 1966. – № 6. – С. 62–76.
44. Выготский, Л.С. Педагогическая психология / Л.С. Выготский; под ред. В.В. Давыдова. – Москва: Педагогика, 1991. – 480 с. – ISBN 5-7155-0358-2.
45. Выготский, Л.С. Проблема культурного развития ребенка / Л.С. Выготский // Педология. – 1928. – № 1. – С. 58–77.

46. Выготский, Л.С. Собр. соч.: в 6 т. / Л.С. Выготский. – Москва: Педагогика, 1984. – Т. 4. Детская психология. – 432 с.
47. Выготский, Л.С. Собр. соч.: в 6 т. / Л.С. Выготский. – Москва: Педагогика, 1983. – Т.3. Проблемы развития психики. – 367 с.
48. Выготский, Л.С. Собр. соч.: в 6 т. / Л.С. Выготский. – Москва: Педагогика, 1982. – Т. 2. Проблемы общей психологии. – С. 252.
49. Галилей, Г. Диалог о двух главнейших системах мира – птоломеевой и коперниковой / Г. Галилей. – Москва – Ленинград. Гостехиздат, 1948. – С. 118.
50. Гальперин, П.Я. Введение в психологию: учебное пособие для вузов / П.Я. Гальперин. – Москва: Книжный дом «Университет», 1999. – 332 с. – ISBN 978-598227-284-3.
51. Гальперин, П.Я. Зависимость двигательного навыка от типа ориентировки в задании / П.Я. Гальперин, Н.С. Пантина // Ориентировочный рефлекс и ориентировочно-исследовательская деятельность. – Москва: АПН РСФСР, 1958. – С. 322–328.
52. Гальперин, П.Я. К вопросу об инстинктах у человека / П.Я. Гальперин // Вопр. психол. – 1976. – № 1. – С. 28–37.
53. Гальперин, П.Я. К учению об интериоризации / П.Я. Гальперин // Вопр. психол. – 1966. – № 6. – С. 25–32.
54. Гальперин, П.Я. Методы обучения и умственное развитие ребенка / П.Я. Гальперин. – Москва: МГУ, 1985.
55. Гальперин, П.Я. Основные результаты исследований по проблеме «Формирование умственных действий и понятий» / П.Я. Гальперин. – Москва: Изд-во МГУ, 1965.
56. Гальперин, П.Я. Психология как объективная наука / П.Я. Гальперин. – Москва: МОДЭК, 1998. – 480 с. – ISBN 5-89395-052-6.
57. Гейзенберг, В. Физика и философия. Часть и целое / В. Гейзенберг. – Москва: Наука, 1989. – С. 3–132.
58. Генкова, Л. Моделирование процесса усвоения учителями / Л. Генкова. – Челябинск: Российский центр педагогического изобретательства, 1991. – 97 с.

59. Глушков, В.Н. Гносеологическая природа информационного моделирования / В.Н. Глушков // Вопросы философии. – 1963. – № 10.
60. Годфруа, Ж. Что такое психология: в 2 т. Т. 1: пер. с франц. / Ж. Годфруа. – Москва: Мир, 1992. – 496 с. – ISBN 5-03-001901-4.
61. Гордиец, Т.М. Формирование профессиональной направленности личности школьника в процессе изучения интегративных курсов (на примере естествознания): дис. ... канд. пед. наук / Т.М. Гордиец. – Москва, 1994. – 223 с.
62. Горелов, А.А. Концепции современного естествознания: учеб. пособие, практикум, хрестоматия / А.А. Горелов. – Москва: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1998. – 512 с. – ISBN 5-691-00122-1.
63. Горский, Д.П. О процессе идеализации и его значении в научном познании / Д.П. Горский // Вопросы философии / Д.П. Горский. – 1963. – № 2. – С. 50–60.
64. Готт, В.С. Материальное единство мира и единство научного знания / В.С. Готт // Вопросы философии. – № 12. – 1997.
65. Гранатов, Г.Г. Концепции современного естествознания (система основных понятий): учеб.-метод. пособие / Г.Г. Гранатов. – Москва: Флинта: МПСИ, 2005. – 576 с. – ISBN 5-89349-773-2 (Флинта); ISBN 5-89502-797-0 (МПСИ).
66. Грин, Н. Биология: в 3 т. / под ред. Р. Сопера; пер. с англ. – Москва: Мир, 1990. – Т. 1. – 368 с. – ISBN 5-03-001577-9 (русск); ISBN 5-03-001576-0; ISBN 0-521-28407-4 (англ.).
67. Громыко, Н.В. Метапредметный подход в образовании: как сценарировать и проводить учебное «метапредметное» занятие, реализуя новые образовательные стандарты / Н.В. Громыко // НИИ Инновационных стратегий развития общего образования: Вестник 2010–2011. – Москва: НИИ ИСРОО, Пушкинский институт, 2010–2011. – С. 114–119.
68. Громыко, Ю.В. Метапредмет Знак. Схематизация и построение знаков. Понимание символов: учебное пособие для учащихся старших классов / Ю.В. Громыко. – Москва: Пушкинский институт, 2001. – 288 с. – ISBN 5-94679-004-8.

69. Груздева, Н.В. Интеграция как методологический и дидактический принцип (на примере школьного естественнонаучного образования) / Н.В. Груздева // Гуманистический потенциал естественнонаучного образования: сб. науч. тр. кафедры теории и методики Санкт-Петербург ПБГУПМ / под ред. И.Ю. Алексашиной. – Санкт-Петербург, 1996. – С. 70–80.
70. Груздева, Н.В. Межпредметные задачи как средство формирования познавательных умений системного обобщения знаний старшеклассников: дис. ... канд. пед. наук / Н.В. Груздева. – Ленинград, 1987.
71. Давыдов, В.В. Основные проблемы развития мышления в процессе обучения / В.В. Давыдов // Хрестоматия по возрастной и педагогической психологии. – Москва, 1981. – Ч. II. – С. 204.
72. Давыдов, В.В. Предметная деятельность и онтогенез познания / В.В. Давыдов, В.П. Зинченко // URL: [http://www.informika.ru/indows-/magaz/newpaper-/messedu/n4\\_98/co\\_7\\_dav\\_zin\\_.4.ht](http://www.informika.ru/indows-/magaz/newpaper-/messedu/n4_98/co_7_dav_zin_.4.ht)
73. Давыдов, В.В. Связь теории обобщения с программированием обучения / В.В. Давыдов // Исследования мышления в советской психологии. – Москва: Наука, 1966. – С. 462.
74. Давыдов, В.В. Теория развивающего обучения / В.В. Давыдов. – Москва: Интор, 1996. – 542 с. – ISBN 5-89404-001-9.
75. Давыдов, В.П. Методология и методика психолого-педагогического исследования: учеб. пособие / В.П. Давыдов, П.И. Образцов, А.И. Уман. – Москва: Логос, 2006. – 128 с. – ISBN 5-98704-088-4.
76. Даммер, М.Д. Методические основы построения опережающего курса физики основной школы / М.Д. Даммер. – Челябинск: ЧГПУ, 1996. – 241 с.
77. Дик, Ю.И. Интеграция учебных предметов / Ю.И. Дик, А.А. Пинский // Сов. педагогика. – 1987. – № 9. – С. 42–47.
78. Дубинин, Н.П. Биология – ключевой предмет сегодняшней школы / Н.П. Дубинин, Н.А. Мягков // Биология в школе. – № 1. – 1990. – С. 16–18.

79. Дьюсбери, Д.А. Поведение животных: сравнит. аспекты / Д. Дьюсбери; пер. с англ. И.И. Полетаевой. – Москва: Мир, 1981. – 479 с.
80. Занков, Л.В. Обучение и развитие (экспериментально-педагогическое исследование): избр. пед. тр. / Л.В. Занков. – Москва: Педагогика, 1990. – С. 83–318. – ISBN 5-7155-0200-4.
81. Занков, Л.В. Обучение и развитие / Л.В. Занков // Хрестоматия по возрастной и педагогической психологии. – Москва, 1981. – Ч. II.
82. Захлебный, А.Н. Научно-методическая концепция курса естествознания «Природа и Человек» / А.Н. Захлебный, М.В. Рыжиков // Биология в школе. – 1990. – № 4. – С. 26–31.
83. Зверев, И.Д. Интеграция и «интегративный предмет» / И.Д. Зверев // Биология в школе. – 1991. – № 5. – С. 46–49.
84. Зверев, И.Д. Общая методика преподавания биологии: пособие для учителя / И.Д. Зверев, А.Н. Мягкова. – Москва: Просвещение, 1985. – 191 с.
85. Зигель, Ф.Ю. Неисчерпаемость бесконечного: для старшего возраста / Ф.Ю. Зигель. – Москва: Дет. лит. 1984. – 254 с.
86. Зиновьев, А.А. Логическая модель как средство научного исследования / А.А. Зиновьев, И.И. Ревзин // Вопросы философии. – 1960. – № 31. – С. 81.
87. Зыкова, В.И. Психология усвоения геометрических понятий учащимися VI классов / В.И. Зыкова // Известия АПН РСФСР. – Вып. 61. – 1954.
88. Иванников, В.А. Анализ мотивации с позиций теории деятельности / В.А. Иванников // Национальный психологический журнал. – 2014. – №1 – С. 49–56.
89. Ильин, Е.П. Мотивация и мотивы / Е.П. Ильин. – Санкт-Петербург: Питер. 2002. – 512 с. – ISBN 5-272-00028-5.
90. Ильченко, В.Р. Межпредметные связи в изучении основных законов природы / В.Р. Ильченко // Народное образование. – 1983. – № 6. – С. 51–53.

91. Ильченко, В.Р. Формирование естественнонаучного миропонимания школьников: книга для учителя / В.Р. Ильченко. – Москва: Просвещение, 1993. – 192 с. – ISBN 5-09-004036-2.
92. Ильченко, В.Р. Формирование у учащихся средней школы естественно-научного миропонимания в процессе обучения: дис. ... д-ра пед. наук / В.Р. Ильченко. – Полтава, 1989. – 374 с.
93. Кабанова-Меллер, Е.Н Формирование приемов умственной деятельности и умственное развитие учащихся / Е.Н. Кабанова-Миллер. – Москва: Просвещение, 1968. – 288 с.
94. Калинова, Г.С. Программа по биологии (VII–XI классы) и ее реализация / Г.С. Калинова, А.Н. Мягкова, В.З. Резникова // Биология в школе. – № 3. – 1993. – С. 25–30.
95. Качество знаний учащихся и пути его совершенствования / под ред. М.Н. Скаткина, В.В. Краевского. – Москва, 1978.
96. Кедров, Б. О произведении Ф. Энгельса «Диалектика природы» / Б. Кедров. – Москва: Госполитиздат, 1954. – 144 с.
97. Кедров, Б.М. Предмет и взаимосвязь естественных наук / Б.М. Кедров. – Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1962. – 412 с.
98. Кичетанов, Л.П. Формирование мотивов деятельности школьников: учеб. пособие / Л.П. Кичатинов; Иркут. гос. пед. ин-т, 1989. – 191 с.
99. Климентьев, В.Е. Образование как предмет познания / В.Е. Климентьев // URL: <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=18492&uri=page7.html> 07/ 12/ 2005.
100. Ковалев, В.И. Мотивы поведения и деятельности / В.И. Ковалев. – Москва: Наука, 1988. – 192 с.
101. Козлова, Т.А. Учебник для профильных классов / Т.А. Козлова // Биология в школе. – 2005. – № 3 – С. 58–60.
102. Комиссаров, Б.Д. Методологические проблемы школьного биологического образования / Б.Д. Комиссаров. – Москва: Просвещение, 1991. – 160 с.
103. Кондаков, Н.И. Логический словарь-справочник / Н.И. Кондаков. – Москва: Наука, 1975. – 720 с.

104. Копнин, П.В. Диалектика, логика, наука / П.В. Копнин. – Москва: Наука, 1973. – 464 с.
105. Королев, М.Ю. Методическая система обучения методу моделирования студентов естественнонаучных и математических направлений подготовки в педвузах: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / М.Ю. Королев. – Москва, 2012. – 501 с.
106. Корчагина, В.А. Биология: Растения, бактерии, грибы, лишайники: учеб. для 5–6 кл. сред. шк./ В.А. Корчагина. – 20-е изд., перераб. – Москва: Просвещение, 1988. – 256 с.
107. Коршунова, О.В. Метапредметность в современном обучении: сущность, признаки, проблемы и варианты реализации / О.В. Коршунова // Образование личности. – № 4. – 2016. – С. 171–180.
108. Кочергин, А.Н. Роль моделирования в процессе познания / А.Н. Кочергин // Некоторые закономерности научного познания: сб. – Новосибирск, 1964.
109. Краевский, В.В. Проблемы научного обоснования обучения (Методологический анализ) / В.В. Краевский. – Москва: Педагогика, 1977. – 263 с.
110. 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.
111. Кузнецова, О.М. Дидактические условия педагогического проектирования интегративных курсов при подготовке инженеров-педагогов: дис. ... канд. пед. наук / О.М. Кузнецова. – Екатеринбург, 1991. – 177 с.
112. Курсанов, Г.А. Диалектический материализм о понятии / Г.А. Курсанов. – Москва: ВПШ АОН при ЦК КПСС, 1963. – С. 250.
113. Кэмп, П. Введение в биологию: пер. с англ. / П. Кэмп, К. Армс. – Москва: Мир, 1988. – 671 с. – ISBN 5-03-001 286-9 (русск); ISBN 0-03-06-3372-9 (англ).
114. Ленин, В.И. Материализм и эмпириокритицизм / В.И. Ленин // Полн. собр. соч. – 5-е изд. – Москва: Гос. изд-во полит. лит., 1961. – Т. 18. – 525 с.

115. Ленин, В.И. Философские тетради / В.И. Ленин // Полн. собр. соч. – 5-е изд. – Москва: Политиздат, 1963. – Т. 29. – 782 с.
116. Леонтьев, А.Н. Избранные психологические произведения: в 2 т. / А.Н. Леонтьев. – Москва, 1983. – Т. 1.
117. Леонтьев, А.Н. Деятельность. Сознание. Личность / А.Н. Леонтьев. – Москва: Изд-во полит. лит., 1975. – 304 с.
118. Леонтьев, А.Н. К теории развития психики ребенка / А.Н. Леонтьев // Проблемы развития психики. – Москва, 1981. – С. 509–537.
119. Леонтьев, А.Н. Проблемы развития психики / А.Н. Леонтьев. – Москва: Мысль, 1965. – С. 25.
120. Леонтьев, А.Н. Психологические вопросы сознательности учащихся / А.Н. Леонтьев. – Москва: Известия АПН РСФСР, 1947. – Вып. 7. – С. 301.
121. Лингарт, Й. Процесс и структура человеческого учения / Й. Лингарт; пер. с чешского Р.Е. Мельцера. – Москва: Прогресс, 1970. – 685 с.
122. Магомед-Эминов, М.Ш. Психодиагностика мотивации. Объект и методы / М.Ш. Магомед-Эминов // Общая психодиагностика: Основы психодиагностики, психологического консультирования и немедицинской психотерапии. – Москва: МГУ, 1987. – С. 155–162.
123. Максимова, В.Н. Межпредметные связи и совершенствование процесса обучения: кн. для учителя / В.Н. Максимова. – Москва: Просвещение, 1984. – 143 с.
124. Марков, А.А. Теория алгоритмов / А.А. Марков // Тр. инст. им. В.А. Стеклова. – Москва – Ленинград: Изд. АН СССР, 1954. – Т. XIII. – С. 15.
125. Маркова, А.К. Психология профессионализма / А.К. Маркова. – Москва: Издательство: Международный гуманитарный фонд «Знание», 1996 – 257 с. – ISBN 5-87633-016-7.
126. Маркс, К. Сочинения: в 30 т. / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд. – Москва: Госполитиздат, 1961. – Т. 20. – 827 с.
127. Маркс, К. Сочинения: в 30 т. / К. Маркс, Ф. Энгельс. – 2-е изд. – Москва: Госполитиздат, 1958. – Т. 12. – 787 с.

128. Маслоу, А. Мотивация и личность / А. Маслоу. – Санкт-Петербург: Питер, 2003. – 352 с.
129. Материалистическая диалектика как общая теория развития / под руководством и общей редакцией Л.Ф. Ильичева. – Москва: Наука, 1982. – 464 с.
130. Матюхина, М.В. Мотивация учения младших школьников / М.В. Матюхина. – Москва: Педагогика, 1984. – 144 с.
131. Матюшкин, А.М. Теоретические вопросы проблемного обучения / А.М. Матюшкин // Хрестоматия педагогической и возрастной психологии. – Москва, 1981. – Ч. II. – С. 274.
132. Менчинская, Н.А. Мышление в процессе обучения / Н.А. Менчинская // Исследование мышления в советской психологии. – Москва: Наука, 1966. – С. 354.
133. Менчинская, Н.А. Проблема обучения и развития на XVIII Международном психологическом конгрессе / Н.А. Менчинская, Г.Г. Сабуров // Советская педагогика. – 1967. – № 1. – С. 20.
134. Менчинская, Н.А. Психология усвоения понятий (основные проблемы и методы исследования) / Н.А. Менчинская // Известия АПН РСФСР. – Вып. 28. – 1950. – С. 6.
135. Мильман, В.Э. Внутренняя и внешняя мотивация учебной деятельности / В.Э. Мильман // Вопросы психологии: издаётся с 1955 года / ред. А.М. Матюшкин, А.В. Брушлинский. – 1987. – № 5. – 1987. – С. 129–139.
136. Мухлаева, Т.В. Освоение методологических основ интеграции содержания образования как условие профессионального роста учителя: дис. ... канд. пед. наук / Т.В. Мухлаева. – Санкт-Петербург, 1966. – 222 с.
137. Назарова, И.П. Инновационный подход к преподаванию биологии в условиях ФГОС / И.П. Назарова // Педагогическое мастерство: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Москва, декабрь 2012 г.). – Москва: Буки-Веди, 2012. – С. 127–129. – URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/65/3073/> (дата обращения: 23.06.2019). – ISBN 978-5-88187-437-7.

138. Немов, Р.С. Психология образования / Р.С. Немов. – Москва: Просвещение: Владос, 1994. – 496 с. – ISBN 5-09-005094-5.
139. Новик, И.Б. Гносеологическая характеристика кибернетических моделей / И.Б. Новик // Вопросы философии. – 1963. – № 8. – С. 92.
140. Новик, И.Б. Наглядность и модели в теории элементарных частиц / И.Б. Новик // Философские проблемы физики элементарных частиц. – Москва: Изд-во АН СССР, – 1963.
141. Новик, И.Б. Философские идеи Ленина и кибернетика / И.Б. Новик. – Москва, 1969. – С. 22.
142. Новиков, И. Черные дыры и вселенная / И. Новиков. – Москва: Мол. гвардия, 1985.
143. Новицкая, И.Л. Школьному курсу биологии – единую теоретическую основу / И.Л. Новицкая // Биология в школе. – 1991. – № 1. – С. 27–30.
144. 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 5-7107-3664-3.
145. 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.
146. Общая биология: учеб. для 9–10 классов школы с углубленным изучением биологии / А.О. Рувинский, Л.В. Высоцкая, С.М. Глаголева и др.; под ред. А.О. Рувинского. – Москва: Просвещение, 1993. – 544 с. – ISBN 5-09-004184-9.
147. Ожегов, С.И. Словарь русского языка / С.И. Ожегов // под. ред. Н.Ю. Шведовой. – 18-е изд. – Москва: Рус. яз., 1986. – 797 с.
148. Омеляновский, М.Э. Аксиоматика и поиск основополагающих принципов и понятий в физике. Синтез современного научного знания / М.Э. Омеляновский. – Москва, 1973. – С. 323–354.
149. Орлов, А.Б. Психология личности и сущности человека: Парадигмы, проекции, практики: учеб. пособие для студ. психол. фак. вузов. – Москва: Издательский центр «Академия», 2002. – 272 с. – ISBN 5-7695-0827-2.

150. Пак, М. Теоретические основы интегративного подхода в процессе химической подготовки учащихся профтехучилищ: дис. ... д-ра пед. наук / М. Пак. – Санкт-Петербург, 1991. – 342 с.
151. Педагогический энциклопедический словарь / гл. ред. Б.М. Бим-Бад; редкол.: М.М. Безруких, В.А. Болотов, Л.С. Глебова и др. – Москва: Большая Российская энциклопедия, 2003. – 528 с. – ISBN 5-7107-7304-2.
152. Петров, А.В. Дидактические основы реализации принципов преемственности и развивающего обучения при формировании фундаментальных понятий в преподавании физики в педвузе: дис. ... д-ра пед. наук / А.В. Петров. – Горно-Алтайск, 1996. – 203 с.
153. Пиаже, Ж. Избранные психологические труды / Ж. Пиаже. – Москва: Международ. пед. акад., 1994. – 678 с. – ISBN 5-87977-019-2.
154. Пилюян, Р.А. Мотивация спортивной деятельности / Р.А. Пилюян. – Москва: Физкультура и спорт, 1984. – 104 с.
155. Пинский, А.А. Математическая модель в системе межпредметных связей / А.А. Пинский // Межпредметные связи естественно-математических дисциплин: пособие для учителей / под. ред. В.Н. Федоровой. – Москва: Просвещение, 1980. – С. 109–118.
156. Писарчук, Е.А. Еще раз о концепции интеграции естественно-научных знаний / Е.А. Писарчук, О.В. Щербан // Биология в школе. – № 1. – 1991. – С. 53–55.
157. Платонов, К.К. Система психологии и теория отражения / К.К. Платонов. – Москва: Наука. – 1982. – 309 с.
158. Платонов, К.К. Структура и развитие личности / К.К. Платонов; отв. ред. А.Д. Глоточкин; АН СССР, Ин-т психологии. – Москва: Наука, 1986. – 254 с.
159. Подольский, А.И. Организация умственной деятельности и эффективность учения. Гальперин Петр Яковлевич / А.И. Подольский // Возрастная и педагогическая психология: материалы Всесоюзного совещания (10–14 апреля 1973). Пермский пед. институт. – 1974. – С. 90–103.

160. Полянский, Ю.И. Не могу молчать / Ю.И. Полянский // Биология в школе. – № 6. – 1989. – С. 48–49.
161. Похлебаев, С.М. «Эмблема жизни» выражение целостной системы живого / С.М. Похлебаев // Биология в школе. – 2004. – № 4. – С. 16–20.
162. Похлебаев, С.М. Атрибутивная модель понятия «Материя» как методологическая основа построения и развития современной общенаучной картины мира / С.М. Похлебаев, И.А. Третьякова // Наука и школа. – 2011. – № 5. – С. 65–68.
163. Похлебаев, С.М. Интеграция содержания предметов естественнонаучного цикла – основной фактор формирования естественнонаучного мышления / С.М. Похлебаев // Методология и методика формирования научных понятий у учащихся школ и студентов вузов: тезисы докладов республиканской науч. конф. 20–21 мая 2002 г. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2002. – Ч. II. – С. 52–55.
164. 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.
165. 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.
166. Похлебаев, С.М. Методологические основы развития естественнонаучных понятий в курсе биологии при опережающем изучении физики: монография / С.М. Похлебаев. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2005. – 203 с. – ISBN 5-85716-557-1.
167. Похлебаев, С.М. О методологических основах построения образовательной области «Биология» в учебных стандартах школ России / С.М. Похлебаев // Вестник Челяб. гос. пед. ун-та. Серия 2, Педагогика. Психология. Методика преподавания. – 2004. – № 8. – С. 218–229.

168. Похлебаев, С.М. Образно-знаковые модели к курсу «Физиология растений»: учеб.-методическое пособие / С.М. Похлебаев, И.А. Третьякова. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2006. – 147 с. – ISBN 5-85716-614-4.
169. 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).
170. Похлебаев, С.М. Системный подход как методологическая основа для реализации Госстандарта по биологии / С.М. Похлебаев // Материалы конференции по итогам научно-исследовательских работ преподавателей, сотрудников и аспирантов. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ «Факел», 1996. – С. 19–21. – ISBN 5-85716-064-2.
171. Похлебаев, С.М. Сопряжение и разобщение как диалектическая пара и ее роль в создании и понимании хемиосмотической теории Митчелла / С.М. Похлебаев, И.А. Третьякова // Наука и школа. – 2011. – № 4. – С. 65–67.
172. 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: Международная научно-практическая конференция, Тамбов, 28 февраля 2015 г. в 13 частях. Часть 13. – Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015. – С. 102–106. – ISBN 978-5-906766-99-1.
173. 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.
174. Похлебаев, С.М. Теоретико-методологические основы развития понятия «информация» в процессе изучения курса биологии / С.М. Похлебаев. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2005. – 52 с. – ISBN 5-85716-556-3.

175. Похлебаев, С.М. Теоретико-методологический анализ содержания образовательной области «Биология» в учебных стандартах школ России / С.М. Похлебаев, В.С. Похлебаев // Вестник Челяб. гос. пед. ун-та. Серия 10, Экология. Валеология. Педагогическая психология. – 2003. – №4. – С. 167–180. – ISBN 5-85716-638-1.
176. 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.
177. Пюльман, Б. Квантовая биохимия / Б. Пюльман, А. Пюльман. – Москва: Мир, 1965. – 654 с.
178. Решетова, З.А. Формирование системного мышления в обучении / З.А. Решетова. – Москва: Изд-во полит. лит. «Единство», 2002. – 344 с. – ISBN 5-238-00368-4.
179. Ровкин, Д.В. Дидактические основы конструирования интегративного содержания учебного предмета: дис. ... канд. пед. наук / Д.В. Ровкин. – Омск, 1997. – 206 с.
180. Рокицкий, П.Ф. Специфика современного этапа развития биологии / П.Ф. Рокицкий // Биология и современное научное познание. – Москва: Наука, 1980. – С. 7–21.
181. Рубинштейн, С.Л. Основы общей психологии (Серия «Мастера психологии») / С.Л. Рубинштейн. – Санкт-Петербург: Питер Ком, 1999. – 720 с. – ISBN 5-314-00016-4.
182. Рубинштейн, С.Л. Принципы и пути развития психологии / С.Л. Рубинштейн. – Москва, 1959. – С. 61.
183. Рудик, П.А. Психология. Краткий курс / П.А. Рудик. – Москва: Физкультура и спорт. – 1967. – 320 с.
184. Самарин, Ю.А. Очерки психологии ума: Особенности умственной деятельности школьников / Ю.А. Самарин. – Москва: Изд-во АПН СССР, 1962. – 504 с.
185. Сергеенок, С.А. Дидактические основы построения интегративных курсов: дис. ... канд. пед. наук / С.А. Сергеенок. – Санкт-Петербург: ГПУ им. А.И. Герцена, 1992. – 187 с.

186. Сизова, Е.В. Реализация метапредметного подхода в высшей школе: от теории к практике / Е.В. Сизова // Интернет-журнал «Мир науки». – 2017 – Том 5. – № 6. – URL: <https://mir-nauki.com/PDF/37PDMN617.pdf> (доступ свободный).
187. Скрипкина, Ю.В. Метапредметный подход в новых образовательных стандартах: вопросы реализации. Интернет-журнал «Эйдос», 2011– 4. – URL: <http://www.eidos.ru/journal/2012/0229-10.htm>. – ISBN 978-5-904745-27-1.
188. Славина, Л.С. Роль поставленной перед ребенком цели и образованного им самим намерения как мотивов деятельности школьника / Л.С. Славина // Изучение мотивации поведения детей и подростков: сборник экспериментальных исследований / ред. Л.И. Божович, Л.В. Благоннадежина. – Москва: Педагогика, 1972. – С. 45–80. – URL: <http://www.psychlib.ru/inc/absid.php?absid=73531>.
189. Слостенин, В.А. Формирование личности учителя советской школы в процессе профессиональной подготовки / В.А. Слостенин. – Москва: Просвещение, 1976. – 64 с.
190. Советский энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. – 3-е изд. – Москва: Сов. энцикл., 1985. – 1600 с.
191. Соколов, А.Н. Процессы мышления при решении физических задач учащихся / А.Н. Соколов // Известия АПН РСФСР. – Вып. 54. – 1954.
192. Соколовский, Ю.И. Понятие работа и закон сохранения и превращения энергии (научно-методический анализ) / Ю.И. Соколовский // Институт методов обучения АПН РСФСР, 1950.
193. Солопов, Е.Ф. Концепции современного естествознания: учеб. пособие для вузов. – Москва: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1998. – 232 с. – ISBN 5-691-00185-X.
194. Степанова, М.А. Предпосылки теории планомерно-поэтапного формирования умственных действий и понятий: Л.С. Выготский и П.Я. Гальперин // Вопросы психологии. – № 6. – 2000. – С. 91.

195. Стоунс, Э. Психопедагогика: Психологическая теория и практика обучения / Э. Стоунс; под ред. Н.Ф. Талызиной. – Москва: Педагогика, 1984. – 472 с.
196. Страут, Е.К. Государственный общеобразовательный стандарт и возможности развития учащихся / Е.К. Страут // TheStandardsinEdukatoin: ProblemsandPerspektives (SE – 95): 1995. – Moskow, Russia / Edited by Vadim Lednev. – Moskow Published by ICSTI, 1995. – P. 242–243.
197. Суравегина, И.Т. Идеи и структура интегративного курса «Естествознание» (второй вариант) / И.Т. Суравегина // Биология в школе. – 1990. – ISBN 0320-0966.
198. Сухоборская, Г.С. Моделирование педагогических ситуаций / Г.С. Сухоборская, Ю.Н. Кулюткин. – Москва: Педагогика, 1981. – 207 с.
199. Талызина, Н.Ф. Педагогическая психология: учеб. пособие для студ. сред. пед. учеб. заведений / Н.Ф. Талызина. – Москва: Издательский центр «Академия», 1998. – 288 с. – ISBN 5-7695-0183-9.
200. Талызина, Н.Ф. Развитие П.Я. Гальпериним деятельностного подхода в психологии / Н.Ф. Талызина // Вопросы психологии. – 2002. – № 4. – С. 47–49.
201. Талызина, Н.Ф. Теоретические основы разработки модели специалиста / Н.Ф. Талызина. – Москва: Знание, 1986. – 108 с.
202. Талызина, Н.Ф. Теория поэтапного формирования умственных действий и проблема развития мышления / Н.Ф. Талызина // Советская педагогика. – 1967. – № 2. – С. 28.
203. Талызина, Н.Ф. Управление процессом усвоения знаний / Н.Ф. Талызина. – Москва: Изд-во МГУ, 1975. – 343 с.
204. Талызина, Н.Ф. Усвоение существенных признаков понятий при организации действий испытуемых / Н.Ф. Талызина // Доклады АПН РСФСР. – 1957. – № 2.
205. Тарасов, Л.В. Новая модель общего образования «Экология и диалектика» / Л.В. Тарасов. – Москва: Авангард, 1993. – 51 с.

206. Твердохлебов, Г.А. Физиология мышления / Г.А. Твердохлебов. – URL: <http://www.statya.ru/index.php?op=view&id=1847>. – 2003. – 23 авг. С. 1–5.
207. Тимирязев К.А. Исторический метод в биологии: избр. соч.: в 4 т. – Москва: Сельхозгиз, 1948. – Т. 3. – 644 с.
208. Тимирязев, К.А. Исторический метод в биологии: избр. соч.: в 4 т. / К.А. Тимирязев. – Москва: Сельхозгиз, 1948. – Т. 3. – 644 с.
209. 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.
210. Третьякова, И.А. Методологическая роль сопряженной системы «эмблема жизни» в формировании биологической картины мира / И.А. Третьякова // Фундаментальные исследования. – 2015. – 2 (22). – С. 5008 – 5014.
211. Третьякова, И.А. Моделирование как форма сопряженной познавательной деятельности студентов при изучении биологии / И.А. Третьякова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 12. – С. 106–110.
212. Третьякова, И.А. Обобщение и развитие как сопряженная диалектическая пара рационального познания / И.А. Третьякова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6 (2). – С. 458–463.
213. Третьякова, И.А. Сопрягающая функция электронной теории вещества при изучении механизмов взаимодействия фотосинтеза и дыхания в курсе биологии / И.А. Третьякова // Фундаментальные исследования. – 2015. – 2 (4). – С. 806–810.
214. Третьякова, И.А. Сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия и методология познания / И.А. Третьякова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 11 (9). – С. 1929–1933.
215. Третьякова, И.А. Сопряжение методологий как общая стратегия изучения биологических систем / И.А. Третьякова // Наука и школа. – 2012. – № 5. – С. 83–86.

216. Третьякова, И.А. Теория и практика формирования и развития сопряженных физиологических понятий «фотосинтез» и «дыхание» в курсе биологии: монография / 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.
217. Третьякова, И.А. Теоретико-методологические создания «Эмблемы жизни» и ее роль в формировании экологического мышления и сознания / И.А. Третьякова, В.С. Елагина, С.М. Похлебаев // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 9. – С. 14–18.
218. Тюхтин, В.С. О природе образа / В.С. Тюхтин. – Москва: Высш. шк., 1963.
219. Уемов, А.И. Аналогия и модель / А.И. Уемов. – Вопросы философии. – 1962. – № 3.
220. Уемов, А.И. Логические основы метода моделирования / А.И. Уемов. – Москва: Мысль, 1971. – 272 с.
221. Урсул, А.Д. Отражение и информация / А.Д. Урсул. – Москва: Мысль, 1973. – 231 с.
222. Усова, А.В. Проблемы теории и практики обучения в современной школе / А.В. Усова. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000. – 221 с. – ISBN 5-85716-346-6.
223. Усова, А.В. Об усвоении учащимися понятий «вещество» / А.В. Усова, М.Ж. Симонова, О.А. Яворук // Научные понятия в учебно-воспитательном процессе школы и вуза: тез. докл. – Челябинск: Изд-во ЧГПИ «Факел», 1995. – Ч. 1. – С. 116–122.
224. Усова, А.В. Влияние системы самостоятельных работ на формирование у учащихся научных понятий (на материале физики первой ступени): дис. ... д-ра пед. наук / А.В. Усова. – Ленинград, 1970. – Ч. 1. – 481 с. – Ч. 2. – 523 с.
225. 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.

226. Усова, А.В. Межпредметные связи в преподавании основ наук в школе: методич. рек. / А.В. Усова. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ «Факел», 1996. – 15 с.
227. Усова, А.В. Межпредметные связи в условиях стандартизации образования / А.В. Усова // Физика в школе. – 2000. – № 3. – С. 46–48.
228. Усова, А.В. Межпредметные связи как необходимое дидактическое условие повышения научного уровня преподавания основ наук в школе / А.В. Усова // Межпредметные связи в преподавании основ наук в школе. – Вып. 1. – Челябинск, 1973. – С. 23–28.
229. Усова, А.В. Новая концепция естественнонаучного образования и педагогические условия ее реализации / В.А. Усова. – 3-е изд., доп. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000. – 48 с. – ISBN 5-85-716-032-4.
230. Усова, А.В. Новая концепция естественнонаучного образования: издание 2-е / А.В. Усова. – Челябинск.: Изд-во ЧГПУ, 2005. – 45 с. – ISBN 5-85716-032-4.
231. Усова, А.В. Теоретико-методологические основы построения новой системы естественнонаучного образования: моногр. / А.В. Усова, М.Д. Даммер, С.М. Похлебаев, М.Ж. Симонова; под ред. А.В. Усовой. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000. – 100 с. – ISBN 5-85716-347-1.
232. Усова, А.В. Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения / А.В. Усова. – Москва: Педагогика, 1986. – 176 с.
233. Усова, А.В. Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения. – 2-е изд., испр. – Москва: Изд-во Ун-та РАО, 2007. – 309 с. – ISBN 5-204-00491-2.
234. Фейман, Р. Феймановские лекции по физике / Р. Фейман, Р. Лейтон, М. Свидс. – Москва: Мир, 1965. – Вып. 1. – С. 32–34.
235. Философия в современной культуре: новые перспективы (материалы «круглого стола») // Вопросы философии. – № 4. – 2004. – 192 с.

236. Философский словарь / под ред. И.Т. Фролова. – 5-е изд. – Москва: Политиздат, 1986. – 590 с.
237. Формирование естественнонаучного мышления учащихся при изучении школьного курса биологии: учеб-метод. комплекс / сост. С.М. Похлебаев. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 1999. – 143 с.
238. 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.
239. 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.
240. Фролов, И.Т. Гносеологические проблемы моделирования биологических систем / И.Т. Фролов // Вопросы философии. – 1961. – № 2. – С. 41.
241. Фролов, И.Т. Очерки методологии биологического исследования / И.Т. Фролов. – Москва: Мысль, 1965. – С. 159.
242. Фролов, И.Т. Очерки методологии биологического исследования: система методов биологии / И.Т. Фролов. – Изд. 2-е, стереотипное. – Москва: Изд-во ЛКИ, 2007. – 288 с. – ISBN 978-5-382-00064-0.
243. Хайнд, Р. Поведение животных / Р. Хайнд. – Москва: Мир, 1975. – 856 с.
244. Харитоновна, С.С. Проектная деятельность по биологии как способ достижения метапредметных результатов обучения в основной школе / С.С. Харитоновна // Педагогика высшей школы. – 2017. – № 4.1. – С. 68–70. – URL: <https://moluch.ru/th/3/archive/72/2921/> (дата обращения: 23.06.2019).
245. Хекхаузен, Х. Мотивация и деятельность / Х. Хекхаузен. – 2-е изд. – Санкт-Петербург: Питер; Москва: Смысл, 2003. – 860 с. – ISBN 5-94723-389-4.

246. Хинчин, А.Л. Основные понятия математики и математические определения в средней школе / А.Л. Хинчин. – Москва: Учпедгиз, 1940.
247. Хрипкова, А.Г. О создании интегрированного курса «Естествознание» / А.Г. Хрипкова, А.Н. Мягкова, Г.С. Калинова // Биология в школе. – 1988. – № 5. – С. 20–26.
248. Хрипкова, А.Г. Создание интегративного курса – объективная необходимость / А.Г. Хрипкова, А.Н. Мягкова, Г.С. Калинова // Биология в школе. – 1990. – № 1. – С. 48–50.
249. Хуторской, А.В. Методика проектирования и организации метапредметной образовательной деятельности учащихся / А.В. Хуторской // Муниципальное образование: инновации и эксперимент. – 2014. – № 2. – С. 7–23.
250. Чавчанидзе, В.В. Модели науки и кибернетика / В.В. Чавчанидзе // Кибернетика, мышление, жизнь: сб. – Москва: Мысль, 1964.
251. Чепиков, М.Г. Интеграция науки: (Философский очерк) / М.Г. Чепиков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Мысль, 1981. – 276 с.
252. Чирков, Ю.Г. Охота за кварками / Ю.Г. Чирков. – Москва: Мол. гвардия, 1985. – 223 с.
253. Шардаков, М.Н. Мышление школьника / М.Н. Шардаков. – Москва: Учпедгиз, 1963. – С. 214.
254. Шарыпова, Н.В. Метапредметность в современном биологическом образовании на разных ступенях образовательного процесса / Н.В. Шарыпова, С.И. Коурова, Н.В. Павлова // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 6. – URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=27236> (дата обращения: 20.09.2019).
255. Шаталов, А.Т. К проблеме становления биофилософии: электрон. данные / А.Т. Шаталов. – Минск: Белорусская цифровая библиотека LIBRARY.BY, 06 января 2007. – URL: <http://www.philosophy.ru/>. – ISBN 5–201–01930–7.

256. Шевцова, З.И. Психология формирования абстрактных понятий у учащихся средней школы: автореф. дис. ... канд. пед. наук / З.И. Шевцова. – Москва, 1962.
257. Штофф, В.А. Моделирование и философия / В.А. Штофф. – Москва – Ленинград: Наука, 1966. – 302 с.
258. Энгельс, Ф. Диалектика природы / Ф. Энгельс. – Москва: Политиздат, 1987. – 349 с.
259. Эшби, У.Р. Что такое разумная машина? / У.Р. Эшби // Зарубеж. электроника. – 1962. – № 3. – С. 79–83.
260. Яворук, О.А. Дидактические основы построения интегративных курсов в школьном естественнонаучном образовании / О.А. Яворук. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000. – 247 с. – ISBN 5-85716-323-4.
261. Якобсон, П.М. Психология чувств и мотивации / П.М. Якобсон. – Москва: МПСИ, 1998. – 304 с. – ISBN 5-89395-062-3.
262. Benjamin, A.C. The logical structure of sciences. London / A.C. Benjamin. – 1936 – P. 256.
263. Haber, H. Ёbereinige philosophi schwichtige Aspekte der Quantentheorie. In: Naturwissenschaft und Pilosophie / H. Haber. – Berlin, 1960. – S. 30.
264. Hinde, R Models and concept of «drife» / R Hinde // Brit. J. Phil. Sci., 1956. – Vol. V1. – № 24. – P. 323.
265. Plank, M. Wegezu rphysikali schen Erkenntnis / M. Plank. – Leipzig, 1944. – S. 267.
266. Rosenbluth, A. The role of models in science / A. Rosenbluth, N. Winer // Phil. Sci., 1945. – Vol. – № 4. – P. 316.

*Научное издание*

**Похлебаев Сергей Михайлович**

**ОБРАЗНО-ЗНАКОВЫЕ МОДЕЛИ КАК МЕТАПРЕДМЕТНАЯ  
ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ  
ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ**

**Монография**

ISBN 978-5-907409-17-0

Работа рекомендована РИС ЮУрГГПУ  
Протокол № 21, 2020 г.

Редактор Е.М. Сапегина  
Технический редактор В.В. Мусатов

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

Подписано в печать 19.10.2020 г.

Объем 38,9 усл.п.л., 13,1 уч.-изд.л.  
Формат 84х108/16 Тираж 100 экз.

Заказ №

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