

**С.М. ПОХЛЕБАЕВ**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СОПРЯЖЕННЫЙ  
МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ТВОРЧЕСКОГО  
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**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СОПРЯЖЕННЫЙ МЕТОД  
ФОРМИРОВАНИЯ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ  
ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ**

**Монография**

**Челябинск  
2022**

УДК 57(07)  
ББК 74.262.8  
П 64

**Похлебаев, С.М.** Моделирование как сопряженный метод формирования творческого мышления при обучении биологии: монография / С.М. Похлебаев. – Челябинск: Изд-во Южно-Урал. гос. гуман.-пед. ун-та, 2022. – 456 с. – Текст: непосредственный.

ISBN 978-5-907611-44-3

Содержательный и гносеологический потенциал *сопряжения* как естественно-научной категории познания приложен к конструированию *системы* образно-знаковых моделей разного уровня интеграции (философских, естественно-научных, биологических), начиная с понятия материи и заканчивая электронным уровнем. В этих условиях моделирование как разновидность системного, деятельностного и личностного подходов явится важнейшим базовым элементом *профессиональной компетенции* будущих учителей биологии.

Категория «сопряжение» раскрывает также сущность и *педагогического взаимодействия*, когда педагог создает *условия*, в которых все виды деятельности – познавательная, трудовая, *творческая* – между воспитателем и воспитанником будут тесно *сопряжены*. Такое сопряжение будет способствовать не только становлению *личности ученика*, но и *творческому росту педагога*.

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.В. Ефимова, д-р биол. наук, профессор  
В.С. Елагина, д-р пед. наук, профессор

ISBN 978-5-907611-44-3

©Похлебаев С.М., 2022

©Издательство Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	7
<b>ГЛАВА 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ – ВАЖНЕЙШИЙ МЕТОД ПОЗНАНИЯ И ДИДАКТИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ</b>	
1.1. Методологическая роль деятельностного подхода в формировании понятий, мышления, сознания и личности .....	14
1.2. Сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия и методология естественно-научного познания .....	63
1.3. Формирование теоретического мышления у обучающихся в условиях межпредметных связей физики, химии и биологии посредством моделирования .....	86
1.4. Моделирование как форма сопряженной познавательной деятельности при обучении биологии ...	132
1.5. Методологическая значимость образных моделей в формировании у обучающихся устойчивой мотивации к учебной деятельности .....	144
1.5.1. Моделирование как средство сопряжения эмоционального и интеллектуального у субъектов при обучении биологии .....	144
1.5.2. Формирование устойчивой мотивации к учебной деятельности посредством моделирования .....	150
1.5.3. Модель активности субъекта .....	164
Выводы по первой главе .....	167
<b>ГЛАВА 2. МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ В ТЕОРИИ И МЕТОДИКЕ ФОРМИРОВАНИЯ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ</b>	
2.1. Конструирование системы образно-знаковых моделей как методология формирования творческих умений при обучении биологии .....	169

2.2. Конструирование системы образно-знаковых моделей как форма метапредметного обучения и эффективная технология формирования творческого мышления при обучении биологии .....	189
2.3. Методологические основы моделирования как сопряженного метода познания .....	198
2.3.1. Структура и динамика научного знания .....	198
2.3.2. Обобщение и развитие как сопряженная диалектическая пара рационального познания .....	202
2.3.3. Гносеологические функции моделей и моделирования .....	204
2.3.4. Классификация моделей по В.А. Штоффу .....	208
2.3.5. Уровни организации неживой и живой природы и их взаимосвязь .....	210
2.3.6. Атрибутивная модель понятия «материя», ее роль в формировании научной картины мира .....	217
2.3.7. Взаимодействие между веществом и полем .....	221
2.3.8. Форма и содержание как сопряженная пара рационального познания при изучении биологических объектов .....	224
2.4. Методологические и содержательные основы изучения биологических систем .....	226
2.4.1. Сопряжение методологий как общая стратегия изучения живых систем .....	226
2.4.2. Методологическая роль сопряженной системы «Эмблема жизни» в формировании биологической картины мира .....	229
2.4.3. Сопряжение уникальных свойств органоносов – метапредметная основа для понимания сущности метаболизма растительной клетки .....	231
2.4.4. Молекулярные основы проявления жизни .....	234

2.4.5. Особенности организации и функционирования растительной клетки .....	238
2.4.6. Ткани растений .....	241
2.4.7. Типы питания .....	244
2.4.8. Общая модель взаимосвязи метаболических процессов растительной клетки как метапредметная основа изучения физиолого-биохимических явлений в курсе биологии .....	254
2.4.9. Взаимосвязь метаболических процессов в растительных клетках .....	257
2.4.10. Локализация и взаимосвязь физиолого-биохимических процессов в растительной клетке .....	260
2.4.11. Пигменты листа: творческий проект .....	263
2.4.12. Сопряжение статических и динамических моделей как метапредметная основа для понимания сущности фотофизического этапа фотосинтеза .....	272
2.4.13. Механизм индуктивного резонанса .....	280
2.4.14. Механизм образования АТФ и NADPH при фотофосфорилировании по П. Митчеллу .....	283
2.4.15. Косвенный механизм синтеза АТФ при фотофосфорилировании .....	286
2.4.16. Общая характеристика гликолитического пути дыхания .....	289
2.4.17. Механизм образования АТФ при окислительном фосфорилировании по П. Митчеллу .....	293
2.4.18. Фотосинтез и дыхание – сопряженные звенья углеводного метаболизма растительной клетки .....	296
2.4.19. Электронная теория как важнейшая методология изучения фотосинтеза и дыхания .....	300
2.4.20. Поглощение и преобразование энергии в живых системах .....	303

2.4.21. Мысленный эксперимент как сопряженный метод формирования теоретического мышления при изучении фотосинтеза .....	307
2.4.22. Генотип как целостная сопряженная система .....	310
2.4.23. Сопряженная коэволюция типов обмена веществ и среды обитания .....	314
2.4.24. Методологическая роль определений жизни в понимании сущности организации и функционировании живых систем .....	316
Выводы по второй главе .....	318
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	321
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК</b> .....	322
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ</b>	
<b>Приложение 1.</b> Теоретико-методологические основы формирования понятий «вещество» и «энергия» в разделе «Растения» .....	343
<b>Приложение 2.</b> Теория и практика формирования понятий «фотосинтез» и «дыхание» в разделе «Растения» .....	366
<b>Приложение 3.</b> Экспериментальная авторская программа для учащихся 6 класса, раздел «Растения» (часть 1) .....	383
<b>Приложение 4.</b> Конспект уроков на тему «Общее знакомство со строением и основными жизненными процессами (фотосинтез, дыхание) цветкового растения» .....	391
<b>Приложение 5.</b> Типовые контрольные задания и иные материалы для текущего контроля к теме «Общее знакомство со строением и основными жизненными процессами (фотосинтез, дыхание) цветкового растения» .....	410
<b>Приложение 6.</b> Конспект уроков по теме «Общее знакомство со строением и основными жизненными процессами растительной клетки» .....	427

## ВВЕДЕНИЕ

Противоречия бытия, выявленные диалектическим материализмом, зафиксированы с помощью парных категорий. Они отражают объекты и явления природы с разных сторон, и поэтому их методологический потенциал способствует выявлению сущностных свойств у изучаемых форм движения материи. Диалектические парные категории могут реализовать свой методологический потенциал только в том случае, если они будут использоваться как единая методологическая система, а для этого необходимо в содержании противоположных категорий выявить не столько их различие, сколько единство, которое отражает взаимосвязь между элементами любой системы, обеспечивающей возникновение **нового качества**. Методологическую роль в выявлении таких механизмов взаимосвязи может выполнять категория **сопряжения** в силу того, что она является конкретизацией одного из общих принципов организации, функционирования и эволюции материи – **взаимодействия**.

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 **в определении методологического потенциала категории сопряжения в образовательной области и ее статуса в учебно-воспитательном процессе студентов вуза**.

Принцип сопряжения способствует снятию существующего в предметной системе обучения *противоречия между*

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

По мнению Н.С. Пурышевой, общая стратегия реализации школьных и вузовских стандартов предусматривает последовательную методологизацию изучаемых предметов, т.е. «превращение *общекультурных (метапредметных) универсальных знаний и умений*, связанных с освоением общекультурных способов организации и осуществления своей учебной и иной деятельности, в центральное и ведущее звено всего образовательного процесса» [154, с. 11]. К таким универсальным (метапредметным) знаниям в полной мере можно отнести естественно-научную **катеорию сопряжения**, которая, являясь одной из важнейших **внутренних сторон взаимодействия**, подчёркивает *философскую фундаментальность предмета, превосходящую научно-экспериментальный уровень его освоения.*

Как уже было отмечено выше, категория «сопряжение» не только отражает один из механизмов организации и эволюции материи, но и является тем методологическим (*дидактическим*) принципом, который после усвоения его содержания становится эффективным средством *познавательной деятельности* учащихся, студентов и преподавателей при изучении конкретных объектов неживой и живой

природы. Такой вывод согласуется с мнением А.В. Хуторского, который подчеркивает, что наиболее общие фундаментальные понятия и категории также являются фундаментальными образовательными объектами, поскольку благодаря глубинному смыслу принадлежат как реальному, так и идеальному миру [230].

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

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

основе взаимосвязи (сопряжения) философских, естественно-научных и биологических понятий, законов и теорий.

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

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

жение, которое *отражает одну из познанных и обоснованных закономерностей материи в целом, и вместе с тем предписывает, как правильно строить процесс обучения и воспитания в соответствии с познанной закономерностью.*

Согласно современным представлениям одним из путей конструирования теоретической (дидактической) модели, которая будет определять общую долговременную и эффективную стратегию преобразования педагогической действительности, является *синтез методологических подходов.* Один из вариантов такой *теоретической модели* может быть сконструирован на основе интеграции уже известных фундаментальных методологических подходов как *системный, деятельностный и личностный*, которые лежат в основе Федерального государственного образовательного стандарта. Все три подхода обладают огромным методологическим потенциалом познания действительности, однако, как всякие абстракции высокого уровня обобщения, нуждаются в конкретизации при изучении реальных объектов или явлений действительности. В качестве основы для синтеза и конкретизации этих подходов предлагается *категория сопряжения*, которая позволит выявить ключевые механизмы взаимосвязи между этими подходами, управлять ими с целью эффективного формирования профессиональных компетенций у будущих учителей.

При конструировании образно-знаковых и других видов моделей, отражающих сущностные свойства объектов и явлений природы, учащиеся и студенты будут *имплицитно* использовать *принцип сопряжения*, так как станут сопрягать чувственное и рациональное, абстрактное и конкретное, содержание и форму, анализ и синтез, эмпирическое и теоретическое. Следовательно, при построении моделей мыслительная деятельность использует практически весь науч-

ный 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 (конкретизирует) его огромный методологический потенциал и статус общенаучного метода познания, который эффективно применяется во всех сферах человеческой деятельности. Поэтому моделирование по праву можно назвать *сопряженным, творческим методом познания*.

*Основными критериями и показателями усвоения методологического потенциала естественно-научной категории сопряжения у будущих учителей являются:*

- сформированность естественно-научного мышления и естественнонаучной картины мира в целом, содержанием которой является сопряженная система философских, естественнонаучных и биологических понятий, законов, теорий;

- умение применять методологический потенциал категории сопряжения при выявлении механизмов организации и функционирования биологических систем разного уровня сложности как отдельно, так и в тандеме с общенаучными подходами: системным, деятельностным, личностным, историческим и др. методами моделирования, а также с частно-научными подходами (эволюционным, функциональным и др.);

- демонстрация методологического потенциала категории сопряжения для углубления и конкретизации содержания такого ключевого учебно-воспитательного принципа

педагогической науки, направленного на развитие личности ученика, как **педагогическое взаимодействие**;

– раскрытие *управленческой функции категории сопряжения* между учителем и учеником при педагогическом взаимодействии между ними.

Такое взаимодействие будет эффективным только в том случае, если педагог создаст **условия**, в которых все виды деятельности – познавательная, трудовая, **творческая** – между воспитателем и воспитанником будут тесно *сопряжены*. Такое сопряжение будет способствовать не только становлению **личности ученика, но и творческому росту педагога**; сформированности **творческих умений, навыков и видов самостоятельной деятельности** по использованию этих знаний при планировании и организации дальнейшей собственной познавательной деятельности; анализу проблемных ситуаций и их разрешению, предвидению возможных проблем в будущем и подбору методов их разрешения.

# ГЛАВА 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ – ВАЖНЕЙШИЙ МЕТОД ПОЗНАНИЯ И ДИДАКТИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ

## 1.1. Методологическая роль деятельностного подхода в формировании понятий, мышления, сознания и личности

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 [30], С.Л. Рубинштейн [160], А.Н. Леонтьев [94], П.Я. Гальперин [41], Н.Ф. Талызина [180] и другие.

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

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

2) действительность и сознательность: преодоление господствующей в традиционной психологии сознания пассивной созерцательности;

3) преодоление абстрактного функционализма и переход к изучению психики, *сознания в конкретной деятельности*, в которой они не только проявляются, но и формируются» [160, 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 основных положениях: «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***. Психическое переживание – непосредственная данность, но познается и осознается оно опосредовано через свое отношение к объекту. Психический факт – единство непосредственного и опосредованного. Психическое несводимо к одному лишь «явлению сознания», к его отражению в себе самом [160]. 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-мате-

риалистическую 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» [160, с. 32].

Тезис о существовании психического в качестве процесса, в качестве деятельности, основывается также и на рефлексорном понимании психической деятельности. «...психические явления возникают и существуют лишь в процессе непрерывного взаимодействия индивида с окружающим его миром, непрекращающегося потока воздействия внешнего мира на индивида и его ответных действий, причем каждое

действие обусловлено внутренними причинами, сложившимися у данного индивида в зависимости от внешних воздействий, определивших его историю» [там же, с. 33].

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

*«Всякая деятельность (человека) есть вместе с тем и процесс или включает в себя процессы, но не всякий процесс выступает как деятельность человека. Под деятельностью мы будем здесь разуметь 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, пред-*

ставляет собой и *деятельность* (человек мыслит, а не просто ему мыслится), и *процесс* или деятельность, включающую в себя совокупность процессов (абстракцию, обобщение и т.д.)» [160, с. 34].

Таким образом, предмет психологического исследования, по С.Л. Рубинштейну, никак не сконцентрирован на изучении «психической деятельности. Положение это имеет, – по его мнению, – двойное острие: «...оно означает как то, что психология изучает не только психическую деятельность, но и психические процессы, так и то, что она изучает не только психическую деятельность, но и деятельность человека в собственном смысле слова, в ее психологическом составе. И именно в этом – в изучении психических процессов и в психологическом изучении деятельности человека, посредством которой он познает и изменяет мир, – и заключается основное» [там же, с. 35].

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

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

Первая из них является не только исходной, но и важнейшей. Это положение признается отечественными психологами, но раскрывается оно, как указывает А.Н. 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...» [94, 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 психоло-

гии 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.Н. 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 удовлетворе-

ние 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.Н. 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 утверждает себя 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.Н. 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 [94, с. 15].

Таким образом, А.Н. 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.Н. 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 непосред-

венно определяет развитие психики ребенка, – это... развитие деятельности ребенка, как внешней, так и внутренней» [96, 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 [115, 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 [40]. Эта специальная психолого-педагогическая теория, являющаяся обобщением и дальнейшим развитием учения о происхождении психических процессов и

внутренних состояний *из внешней деятельности* (А. Валлон, Ж. Пиаже, Л.С. Выготский, А.Н. Леонтьев, С.Л. Рубинштейн и другие). Согласно данному учению, *предметное действие* и выражающая его *мысль* находятся в диалектической взаимосвязи. Несмотря на их исходное различие, они – генетические звенья единого процесса 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 исполнительную 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» [96, 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 специ-

ально 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 *преимущественно целенаправленного формирования как базового метода психологического исследования*. Его теория планомерно-поэтапного формирования умственной деятельности человека получила мировую известность. Внутри этой теории П.Я. Гальпериным были выдвинуты и развиты положения о видах и свойствах человеческих действий, о типах ориентировочной основы действия и соответствующих им типах учения, шкала поэтапного формирования.

Основными положениями психологической концепции П.Я. Гальперина являются учение о предмете психологии, объективной необходимости психики, об основных закономерностях ее развития в фило-, антропо- и онтогенезе, о закономерностях формирования *идеальных действий, образов*

и *понятий* как элементов психической деятельности [35; 38; 39; 41 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 [40].

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 учащих точной и достаточной информации о всех компонентах формируемого действия. Обобщенность ООД характеризуется шириной 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, перцептивных, 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 противопостав-

ленное: 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 [135]. Таким образом, сердцевинной 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 за-

тем уже, как правило, безрезультатно размышляли о способах, которыми это было открыто.

В отличие от «метода проб и ошибок» теория П.Я. Гальперина акцентирует внимание на необходимости знаний об *условиях* планомерного формирования умственных действий и понятий. Такие действия (материальные, перцептивные, речевые, умственные) сначала выступают как объективные процессы, они должны быть сначала усвоены тоже как внешние процессы, а затем «переведены» в голову человека, где преобразуются в идеальные, а затем и в собственно психические процессы. Эти «предметные действия» имеют определенную структуру, и по своей эффективности, производительности зависят от средств, которыми они вооружаются. От этих средств будет зависеть и производительность умственного труда. Поэтому важнейшая задача каждого педагога, прежде всего, заключается в том, чтобы вооружить каждого ученика современными средствами учебной деятельности и соответственно усовершенствовать методы и технологии обучения. Это значительно облегчит умственную деятельность учащихся и раскроет их природный потенциал и *творческие* способности.

В своей теории П.Я. Гальперин первоначально выделял пять этапов, но 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 *поэтап-*

*ность 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 [36]. По мнению Н.Ф. Талызиной, «данный метод помогает психологии выполнять главную функцию науки – опережать практику, пополнять социальный опыт наиболее ценными видами человеческой деятельности [180, 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 [40].

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» [178, 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 [178; 180; 181].

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 [178, с. 49].

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

Как отмечал сам П.Я. Гальперин, историко-теоретическими предпосылками создания теории поэтапного формирования умственных действий и понятий явилось два учения: 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 [35].

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 неопуб-

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

1. Идея развития как руководящая идея психологического исследования.

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

3. Своеобразие человеческого сознания заключается в его системном и смысловом строении [173].

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 гово-

рит 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» [32, с. 363], (курсив наш. – С.П.).

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

Важнейшим источником развития Л.С. Выготский считал обучение. Он писал: «Всякое обучение является источником развития, вызывающим к жизни ряд таких процессов, которые без него вообще возникнуть не могут» [30, 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» [34, с. 252].

Как уже было отмечено выше, П.Я. Гальперин выделил **три типа учения в соответствии с тремя типами ори-**

**ентировки.** 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» [39, 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 сама постановка проблемы культурного развития повеления уже вводит нас непосредственно в социальный план развития [33, 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» [41, 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» [35, 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» [160 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: *физи-*

*ческое 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* [38, 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» [39, 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 [31, с. 58–77]. Метод планомерно-поэтапного формирования умственных действий и понятий, предложенный Гальпериным, 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. Выгот-

ский 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» [41, 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» [96, 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» [29, 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 главнейшие изменения в психических процессах и психологических особенностях личности ребенка на данной стадии его развития» [96, 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.» [181, с. 41] (курсив наш. – С.П.). Она отмечает, что применение положений теории поэтапного формирования позволяет управлять процессом учения, причем «не только усвоением отдельных познавательных действий, но и формированием приемов интеллектуальной деятельности» [там же, с. 220].

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

Таким образом, разработанная П.Я. Гальпериним психологическая теория является результатом творческого развития концепций, идей, принципов, заложенных Л.С. Выготским, А.Н. Леонтьевым и С.Л. Рубинштейном. Весомый вклад П.Я. Гальперина в психологическую науку весьма лаконично сформулировала М.А. Степанова: «П.Я. Гальперин капитально разработал проблемы предмета и метода психологии, сущности психического, управляемого формирования умственных действий, создал конкретно-психическое

учение о действии, о трех типах учения» [173, 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» [96, 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 [38; 203].

Процессу интериоризации (переносу действий из внешнего во внутренний план) в обучении придают исключительное значение Женевские 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. Рокшей, Ф. Флейшнер [111, 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 [234, 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 [36; 181].

Они предлагали учащимся карточки с перечислением признаков понятий, стандартную фигуру и материализованный образец (нить, угол из проволоки и т.п.). Школьни-

кам показывали образцы, и они должны были с ними работать. 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 [170], 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» [234, 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 боль-

шего количества разнообразных предметов и явлений, относящихся к изучаемому понятию. Наблюдая большое количество разнообразных новых предметов и явлений, учащиеся легче смогут обнаружить как общие существенные признаки и свойства, связи и отношения, так и второстепенные индивидуальные признаки.

3. *Выделение общих и существенных признаков изучаемых предметов и явлений.* После того, как знания учащихся обогатятся достаточным количеством наблюдений разнообразных признаков и свойств предметов и явлений, связей и отношений, они начинают выделять общие существенные признаки и отношения. Этот мыслительный процесс происходит при помощи абстрагирования и анализа отдельных признаков предметов и явлений, отношений между ними, сравнения сходных признаков и связей, и, наконец, синтеза и обобщения их. В результате такой работы мышления школьники выясняют общие и существенные признаки понятия.

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

5. *Определение понятий.* После проделанной работы по формированию понятий рекомендуется дать 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 конкре-

тизация его с помощью средств наглядности, рассмотрения различного рода примеров и фактов» [205, 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 [40]. 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» [205, с. 160].

В математике 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» [19].

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» [237], Ю.И. Соколовским – на примере физических понятий «работа» и «энергия» [171], А.Л. Хинчиным – на примере некоторых математических понятий [227].

Анализируя сложные математические понятия, А.Л. Хинчин отмечает, что «не всегда возрастные условия учащихся позволяют дать такую трактовку понятия, кото-

рая 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.

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 валентно-

сти (валентность определяется как свойство атома присоединять или замещать определенное количество атомов других элементов). Арифметическая опора теряет свое значение только после того, как учащиеся познакомятся со строением атома и его электронной оболочки [237].

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»* [205, 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» [110, с. 20]. Мы полностью разделяем эту точку зрения. Однако помня указания Н.А. Менчинской [111, с. 6] и других психологов на необходимость опираться на жизненные наблюдения школь-

ников 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 возможны 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. Гальпериним 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 [111, 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 со-

держания формируемых понятий и той основы, на которой они формируются [109, 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 них научных понятий и может привести к неверному их усвоению.

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» [97, 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 [26; 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» [57, 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 совпадаю-

щий 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» [57, 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 моде-*

лях, позволяющих изучать ее в «чистом» виде. Для этого учащимся нужно сформировать *специальные предметные действия*, посредством которых они смогут в учебном материале выявить и далее воспроизвести искомую существенную зависимость, изучая ее собственные свойства. Это позволит осуществить постепенный переход учащихся от внешних предметных действий к их выполнению в умственном плане.

Концепция построения учебной деятельности, предложенная В.В. Давыдовым, и ее основные положения, декларирующие приоритетность дедуктивного способа формирования понятий, в целом поддерживается другими видными исследователями. Вместе с тем, по мнению известного методиста в области физики А.В. Усовой, этот способ формирования понятий также нельзя абсолютизировать. «Действительно, – отмечает А.В. Усова, – нет необходимости при формировании понятий вынуждать учеников повторять весь путь, который был пройден в науке до образования понятия. Во многих случаях возможно начинать формирование понятия с его определения... . Однако не всегда такой путь возможен и не всегда педагогически оправдан. Прежде всего, пренебрежение первой формой обобщения может привести к ограниченности мышления учащихся, к затормаживанию аналитического мышления. Во-вторых, сообщение всех понятий в «готовом» виде может привести учащихся к формальному усвоению понятий, к догматизму в преподавании» [205, 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)» [55, 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 [163, 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 учащихся в процессе восприятия оптимальный очаг возбуждения;

б) насколько быстро образуется такой очаг;

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

Создать такой очаг возбуждения у учащихся – это значит мобилизовать их внимание на восприятие учебного материала. Успешная мобилизация внимания учащихся (создание устойчивого очага возбуждения) может иметь различную основу. Ю.А. Самарин в качестве такой основы выделяет: а) интерес к данному учебному предмету; б) эмоциональный рассказ учителя; в) требовательность учителя, заставляющая учащихся внимательно слушать учителя во избежание плохой отметки; г) самостоятельные усилия учащегося, работающего над собой и т.д. [163, 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 обна-

руживает 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» [63].

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» [108, 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 точ-

нее: 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 [93].

## 1.2. Сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия и методология естественно-научного познания

Изучение состояния проблемы качества усвоения студентами вузов фундаментальных естественно-научных понятий, законов, теорий, естественно-научной картины мира в целом убеждает нас в том, что традиционное вузовское естественно-научное образование не обеспечивает должного уровня формирования у обучаемых целостной системы естественно-научных знаний, а также умений самостоятельно систематизировать их и обобщать. *Категории «естественно-научная картина мира» и «методология познания»* слабо освоены естественнонаучным образованием.

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

Существенное повышение роли естественно-научных знаний продиктовано нарастающими темпами научно-техни-

ческой революции, результаты которой в настоящее время играют ключевую роль в экономическом развитии любого государства и определяют его место на мировой арене. Социальный запрос Российского правительства предопределил необходимость разработки концепции профильного обучения, где естественно-научные дисциплины занимают важное место в ряду предметов общекультурной направленности, обязательных для усвоения на базовом уровне в старшей школе. Для этого в соответствии с Государственным стандартом среднего (полного) общего образования вводится интегрированный курс «Естествознание», который будет изучаться в 10–11 классах [1].

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

Приоритет в естественно-научном образовании должны получить методологические основы содержания обучения, овладение студентами основными познавательными средствами, методами и приемами изучаемых наук, которые позволят создать фундамент для непрерывного самообразования и самосовершенствования. И только на базе методологических основ должно изучаться все содержание вузовских естест-

венно-научных курсов, которое будет конкретизировать методологические подходы и обогащать их.

В качестве всеобщей методологии в настоящее время по-прежнему выступает диалектический материализм, который проявляется как принцип единства диалектики, логики и теории познания. Развитие диалектической логики предусматривает дальнейшую разработку существующих категорий материалистической диалектики как *путем обогащения их содержания*, так и выдвижения новых понятий, выступающих в роли категорий диалектики, установления связи между ними, построения системы, позволяющей в наиболее полном виде выражать их содержание и двигать научное знание вперед.

В настоящее время, как никогда ранее, наука и материалистическая диалектика нуждаются в более тесном сотрудничестве. Это обусловлено все нарастающими темпами научно-технического прогресса, который предопределяет спрос на более эффективные методы научного мышления. Наука подошла к той области глубинных и во многом опосредованных знаний, которые нельзя понять без диалектики. В то же время сам диалектический метод поднялся на более высокую ступень и способен в своих законах и категориях не только философски осмыслить и выразить результаты научного знания, но и предопределить стратегию его развития. Не менее важна роль материалистической диалектики и в «отсевании» 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» [83, с. 80–81]. По мнению данного авто-

ра, в различных областях знания «все острее встает вопрос *об анализе понятий*, теорий и методов наук. Все чаще и чаще теперь задаются вопросы не только о том, что мы знаем о предмете, но и как мы узнали это, на основе какого метода, с помощью каких интеллектуальных и материальных средств пришли к знанию. Причем решение этих проблем, как показывает опыт математики, приводит и к дальнейшему движению в самой специальной области знания и к разработке логико-гносеологических проблем научного знания вообще» [там же, с. 84] (курсив наш. – 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 об-

ласть человеческих знаний в основном определяет темпы научно-технического развития любого государства и его статус на мировой арене.

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

Фундаментальные понятия занимают особое место в системе научных знаний. Они обладают большой степенью общности и формируются на всем протяжении изучения курсов физики, химии, биологии и географии как многоуровневые теоретические понятия. А.В. Петров отмечает, что фундаментальные понятия, которые закладываются физикой, – это центральные теоретические понятия, являющиеся непосредственной *проекцией философских категорий*, определяющих в самом широком плане содержание *научной картины мира* как с количественной, так и с качественной стороны [129]. Стратегия формирования фундаментальных естественно-научных понятий и естественно-научного мышления во многом определяется пониманием принципов организации, функционирования и развития материи в целом. Известный философ Л.Ф. Ильичев отмечает, что «... представления о принципах структурной организации материи образуют основу научных воззрений, и поэтому сила и значение новых идей в науке, прежде всего, оценивается в методологическом плане тем, как они связаны и как они содействуют развитию и совершенствованию этой

основы» [106, с. 438]. Доказательством этому является сама история науки, которая свидетельствует о том, «что важнейшие ее достижения, в конечном счете, оценивались в зависимости от их вклада в развитие учения о материи» [там же]. Именно в таком плане оценивалось, прежде всего, революционизирующее влияние на мировоззрение людей открытий Коперника и Галилея, работ Ньютона, открытия закона сохранения и превращения энергии, создания теории относительности и квантовой механики, становления эволюционного учения Дарвина, генетики, молекулярной биологии и т.д. Философское осмысление и понимание всех этих достижений науки явилось основой для совершенствования, изменения наших исходных представлений о структурной организации материи, благодаря чему раскрывались новые широкие перспективы, новый подход и взгляд на ведущие проблемы науки и их роль в структуре познания [там же].

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

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

Методологизация современных естественно-научных знаний предопределяет все большую востребованность философских категорий, среди которых особое значение завоевывает категория взаимодействия. Эта категория диалектики определяет стратегию изучения объектов и явлений природы на всех уровнях их организации и вместе с тем становится эффективным методом рационального мышления, играющим ключевую роль в эволюции научно-технического прогресса. В то же время сам диалектический метод поднялся на более высокую ступень и способен в своих законах и категориях не только философски осмыслить и выразить результаты научного знания, но и предопределить стратегию его развития. Не менее важна роль материалистической диалектики и в «отсеивании» спекулятивных «теорий» и «концепций», которые массово множатся в связи с мировоззренческим кризисом в обществе.

Взаимодействие как атрибут материи вместе с движением и отражением играют ключевую роль для понимания сущности конкретных форм движения материи и их генетической связи, а как философские категории они являются основой для формирования и развития фундаментальных естественно-научных понятий, естественно-научного мышления и научного мировоззрения. Анализ генетических связей между различными формами движения материи позволил Ф. Энгельсу обнаружить, что с вещественной стороны каждая более сложная форма не включает в себе ничего, кроме находящихся во взаимодействии материальных носителей ближайшей к ней более низкой и простой формы движения, из которой она возникает. Новая форма движения материи отличается лишь новыми этапами взаимодействия между носителями предыдущей формы, которые обеспечили ей особенные свойства и вывели на новый уро-

вень развития [240]. 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» [169, 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» [218, 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» [239, с. 199].

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

Категория «взаимодействие» является существенным методологическим принципом познания природных и общественных явлений. Любой объект может быть понят и определен лишь в системе отношений и взаимодействий с другими окружающими явлениями, их частями, сторонами и свойствами. Познание вещей означает познание их взаимодействия и само является результатом взаимодействия между субъектом и объектом. «Исследование особенностей этого взаимодействия, природы взаимодействующих систем, и субъекта прежде всего, является ключом к пониманию сущности мышления» [83, 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» [8, с. 109].

Продуманный и осознанный категориальный аппарат придает диалектическому мышлению как явлению **культуры** огромную силу, делает возможным познание, освоение, сознательное применение диалектики при решении разнообразных теоретических и практических задач. Подтверждением этому может служить высказывание академика РАН В.С. Степина на круглом столе, посвященном проблеме места философии в современной культуре. Он сказал: «Я рассматриваю основания культуры как систему мировоззренческих **универсалий** или *категорий* культуры. Это те жизненные смыслы, которые заключены в понимании

человека, его деятельности, природы, пространства и времени, причинности, справедливости, свободы, истины, добра и зла и т.д. Они выступают *своеобразным системообразующим фактором культуры*. Универсалии выполняют три основные функции в культуре и социальной жизни. Во-первых, они обеспечивают селекцию, отбор и *включение в поток культурной трансляции постоянно развивающегося социального опыта*. Во-вторых, эти же *мировоззренческие универсалии усваиваются людьми в процессе обучения и воспитания и становятся **категориальной** структурой их сознания*. И, в-третьих, они же *в своем сцеплении и взаимодействии (сопряжении, прим. авторов) задают некоторый целостный образ человеческого жизненного мира, который называется мировоззрением*.

Мировоззренческие универсалии определяют не только осмысление человеком мира, его ***рациональное*** постижение, но и переживание человеком мира, эмоциональные оценки различных аспектов, состояний и ситуаций человеческой жизни. Смыслы универсалий в этом аспекте предстают как *базисные ценности культуры*» [216, 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 другими математическими объектами <...> неклассическая философия вовсе не отказывается *от системного мышления, от установления связей между категориями*» [там же, с. 9, 11] (курсив наш. – С.П.).

Принцип неисчерпаемости материи предопределяет и принцип неисчерпаемости взаимодействия. Отсюда вытекает задача постоянного расширения и углубления нашего

понимания сущности взаимодействия при изучении конкретных материальных объектов и явлений. Взаимодействие как атрибут материи имеет внешние проявления и внутренние причины. Поэтому при анализе категории «взаимодействие» необходимо подчеркивать, с какой стороны мы характеризуем данное явление – с внешней или внутренней. Внешняя сторона взаимодействия проявляется как «взаимная связь отдельных движений, отдельных тел между собой...» [103, с. 405]. Во внешней стороне взаимодействия внутренняя взаимосвязь явлений лишь «высвечивается», но реально не проявляется. «Они экранированы их относительной самостоятельностью, их относительно «отдельным» существованием. Причины явлений здесь выступают как внешние действия, силы, независимые друг от друга» [49, с. 127].

Характеристику внутренней стороны взаимодействия, которая отражает содержание данного явления, дал Ф. Энгельс: «Взаимодействие – вот первое, что мы наблюдаем, когда начинаем рассматривать движущуюся материю в целом с точки зрения современного естествознания. Мы наблюдаем ряд форм движения: механическое движение, свет, теплоту, электричество, магнетизм, химическое сложение и разложение, переходы агрегатных состояний, органическую жизнь, которые все – если исключить пока органическую жизнь – переходят друг в друга, обуславливают взаимно друг друга, являются здесь – причиной, там – действием, причем совокупная сумма движений, при всех изменениях формы, остается одной и той же (спинозовское: субстанция есть *causae*, выражает прекрасно взаимодействие)» [103 с. 407]. Следовательно, внутренняя (содержательная) сторона взаимодействия отражает взаимные превращения и переходы, взаимную обусловленность и взаимную связь.

Таким образом, в понимании сущности категории взаимодействия большую роль играет анализ как внешних, так и внутренних сторон этого явления, а также их взаимосвязи. Усвоить содержание данного понятия можно лишь тогда, когда мы постигнем обе стороны этого явления и того понятия, из которого оно вытекает. Подтверждением данного тезиса служит высказывание В.И. Ленина: «Совокупность всех сторон явления действительности и их (взаимо)отношения – вот из чего складывается истина. Отношения (= переходы = противоречия) понятий = главное содержание логики, причем эти понятия (и их отношения, переходы, противоречия) показаны как отражения объективного мира. Диалектика вещей создает диалектику идей, а не наоборот» [93, с. 178].

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

Нахождение более широкого понятия представляет собой только начало определения понятия. Вторым этапом является указание видового отличия определяемого понятия. В процессе образования понятий происходит движение понятий в двух направлениях: 1) от отдельных восприятий и представлений – к простейшим общим понятиям и от них, посредством дальнейшей абстракции, – к более высоким, более *общим понятиям*; 2) от общих и абстрактных понятий – к многообразию действительности, к *конкретизации понятий* [204].

Возникнув в науке на определенном этапе ее развития, понятие не остается неизменным. В результате открытия новых *существенных свойств и признаков предметов и явлений происходит обогащение содержания понятий*, увеличивается их объем, полнее раскрываются связи и отношения между ними. Имея в виду эту особенность развития понятия, В.И. Ленин отмечал, что «человеческие понятия не неподвижны, а вечно движутся, переходят друг в друга, переливаются одно в другое, без этого они не отражают живой жизни. Анализ понятий, изучение их, «искусство оперировать с ними» (Ф. Энгельс) требует всегда изучения *движения понятий, их связи, их взаимопереходов*» [93, с. 226 – 227].

Процесс образования понятий, как и всего познания, носит диалектически противоречивый характер. Противоречивый характер процесса образования понятий, как указывает Г.А. Курсанов, «раскрывается в единстве аналитической и синтетической его сторон, в единстве логических операций отвлечения и обобщения, активно совершаемых разумом познающего субъекта» [90, с. 250].

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

*Теоретико-методологической основой обоснования «сопряжения» как естественно-научной 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» [83, с. 49];

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

– источниками возникновения и развития понятий в науке являются противоречия между установленными новыми научными фактами и имеющимся понятийным аппаратом, недостаточностью имеющихся знаний для объяснения вновь открытых явлений и свойств тел [204, с. 76];

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

– «новые идеи и построения в науке возникают в результате *теоретического синтеза*, который в качестве своего момента содержит категории философского мировоззрения, выступающие методом научно-теоретического мышления» [83, 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» [103, с. 528];

– «категории материалистической диалектики не дедуцируются друг из друга, ни из каких-то других более общих понятий и предложений научного знания» [83, с. 52];

– «понятие (наряду с суждением и «научной теорией») представляет собой форму отражения мира на рациональной, логической ступени познания» [88, с. 296];

– «образование (абстрактных) понятий и операции с

ними уже включают в себе представление, убеждение, *сознание* закономерности объективной связи мира» [93, с. 160];

– «понятия отражают обобщенное содержание, относящееся не только к одному предмету, но и ко многим предметам, *к целому классу предметов*» [204, с. 7];

– «категории материалистической диалектики тесно связаны с понятиями других наук, являются их обобщением» [83, 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...» [240, с. 194]. В свою очередь А.В. Усова писала: *«Определить понятие – значит подвести данное видовое понятие под ближайшее родовое понятие и указать его видовые отличия»* [213, с. 38].

Значительный вклад в решение данной проблемы внесли такие ученые, как А.С. Арсеньев, В.С. Библер, Б.М. Кедров. Они отмечали, что «определить понятие отнюдь не означает перечислить признаки предмета (эта операция совершается лишь с мертвым понятием, вынутым из теоретического контекста). *Определить понятие означает развить его, включить в узловую линию понятийных превращений. Это означает, далее, определить его через «место» в системе понятий, в теоретической структуре»* [3, с. 53].

Общая стратегия формирования понятий, разработанная философами, перенесена в образовательную область и конкретизирована на психологическом и дидактическом уровне Д.Н. Богоявленским, Н.М. Верзилиным, Е.К. Войшвилло, Л.С. Выготским, П.Я. Гальпериним, В.В. Давыдовым, Е.Н. Кабановой-Меллер, Н.А. Менчинской, А.В. Усовой и др.

Особого внимания в последние годы заслуживают работы А.В. Усовой. На основе многолетних исследований автора и анализа результатов ранее выполненных исследований психологов и дидактов определены условия успешного формирования научных понятий у учащихся. Проецируя диалектический подход на методику формирования понятий, академик РАО А.В. Усова отмечает: *«Определить понятие – значит подвести данное видовое понятие под ближайшее родовое понятие и указать его видовые отличия»* [213, с. 38].

Опираясь на теоретико-методологические основы общей стратегии формирования понятий, разработанной видными философами, психологами и педагогами, можно констатировать, что в нашем теоретическом исследовании понятие «*сопряжение*» подведено под более общее фундаментальное понятие (философскую категорию) «*взаимодействие*», а поэтому, с этой точки зрения, имеет право на самостоятельное существование и рассматриваться как одна из внутренних сторон категории взаимодействия, обладающая *признаком всеобщности*.

В словаре русского языка С.И. Ожегова понятие «сопряженный» трактуется как «взаимно связанный, непременно сопровождаемый чем-нибудь» [123, с. 650]. В такой интерпретации данное понятие весьма успешно используется в курсах физики, химии и биологии. Так, например, в курсе физики в разделе «Оптика» вводится понятие «*сопряженные точки*». Это «две точки, которые по отношению к оптической системе являются объектом и его изображением. Вследствие обратимости световых лучей объект и изображение могут взаимно меняться местами. Понятие «сопряженные точки» строго применимо только к *идеальным* оптическим системам» [169, с. 1239]. В курсе химии существует понятие «*сопряженные реакции*». Это «химические реакции, которые протекают только при наличии хотя бы одного общего реагента, причем одна из реакций возбуждает или ускоряет другую» [там же].

Используя метод молекулярных орбиталей для изучения распределения электронной плотности и роли  $\pi$ -электронов у важнейших биологически активных веществ, Б. 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), гем и его производные, пуриновые и пиримидиновые основания, входящие в состав нуклеотидов DNK, RNK, ATP и др. [155]. Эти важнейшие биологические соединения играют ключевую роль в превращении *вещества, энергии и информации* во всех типах клеток, существующих на Земле.

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

Понятие «сопряжение» используется не только в естественных науках, но и социальных. Особого внимания заслуживает тот факт, что данное понятие используют корифеи современной отечественной философии для того, чтобы подчеркнуть *качественную* особенность анализируемого предмета или явления. Так, обсуждая вопрос о роли философии в современной культуре, В.А. Лекторский отмечает: «Философия всегда была и всегда останется выражением одного из высших проявлений мышления. Поэтому она не

может не быть системной. Она не может быть собранием фрагментов – иначе это не философия. При всей своей современной специализированности она всегда останется также способом *интеграции* разных форм культуры, способом коммуникации между далеко разошедшимися видами культуротворчества. Многие крупные и влиятельные современные философы, такие, например, как Б. Рассел, Л. Витгенштейн, К. Поппер, Ю. Хабермас, М. Фуко, Р. Рорти, Х. Патнэм и др., сопрягали и сопрягают анализ познания, моральной философии, политики» [216, 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» [там же, с. 38].

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

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

Вышесказанное может послужить основанием для *предположения*, что понятие «сопряжение» может использоваться не только при характеристике конкретных физических, химических, биологических и социальных явлений (в узком смысле), но и как *категория, отражающая общий принцип организации материального мира*. Этот принцип имеет особое значение при изучении биологической формы движения материи, содержащей «в скрытом виде» внутри себя исходные формы движения – физическую и химическую. Такое положение позволяет выявить методологическую роль принципа сопряжения при изучении биологических систем на уровне физических, химических и биологических явлений, которые находятся между собой в диалектической связи.

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

Анализ теории и практики, представленный в настоящем и ранее проведенных исследованиях [139; 145; 147; 189; 191; 193; 194; 196] позволяет констатировать, что понятие «сопряжение», которое трактуется как взаимосвязь, достаточно часто используется в естествознании при изучении механизмов взаимодействия (внутренней стороны) физической, химической и биологической форм движения материи. При изучении биологических явлений, в основе которых лежат явления физические и химические, это понятие используется особенно часто, в силу того, что сопряжение имеет место на каждом уровне организации живой системы, начиная с электронного уровня и заканчивая биосферным. Данные факты предопределяют необходимость возведения понятия сопряжения, которое используется для понимания механизмов взаимодействия на разных уровнях организации материи в ранг *естественно-научной категории*.

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

– конструировании «Атрибутивной модели понятия «материя», в которой сопряжены самые общие философские категории и принципы с фундаментальными естественно-научными понятиями [139];

– создании модели «Онтогенез рационального познания как сопряженная система», выполняющей методологическую роль в понимании сущности развития рационального

познания на предметном, естественно-научном и философском уровнях [191];

– конструировании образно-знаковой модели «Эмблемы жизни», в которой тесно сопряжены и нашли отражение фундаментальные основы живой материи, связанные с превращением вещества, энергии, информации и формы [197];

– выявлении физико-химической природы самого уникального и глобального процесса нашей планеты – фотосинтеза. Сопряжение как принцип организации и функционирования материи «работает» на разных уровнях организации фотосинтетического аппарата, начиная с электронного уровня (сопряженные системы п-электронов), на уровне химических реакций (сопряженные окислительно-восстановительные реакции) и заканчивая уровнем хлоропластов, которые называют сопряженными органоидами [195];

– методологическом анализе становления и развития хемиосмотической теории Митчелла, где понятия «сопряжение–разобщение» были положены Митчеллом в основу основных постулатов его теории, определивших стратегию разработки ее теоретических положений и опытов для их проверки. Данная пара категорий должна определять стратегию познания данной теории студентами при изучении курса биологии [145] и др.

Таким образом, природа широко использует сопряжение как один из принципов эволюции материи. Особенно важен этот принцип при возникновении новой формы движения материи, у которой возникает абсолютно новое качество. Результаты нашего исследования свидетельствуют, что понятие «сопряжение» используется достаточно широко в естествознании в целом, и в частности, в области физики, химии, биохимии и биологии: «сопряженные точки», «сопряженные системы п-электронов», «сопряженные окислительно-восста-

новительные реакции», «энергетическое сопряжение», «сопрягающий фактор», «сопрягающие мембраны», «сопрягающие органеллы», «сопряженная коэволюция» и т.д. Однако во всех этих частных применениях (значениях) этого понятия оно не несет методологической нагрузки. Только после философского осмысления содержания понятия «сопряжение» как важнейшей внутренней стороны взаимодействия и возведения его в ранг естественно-научной категории познания неживой и живой природы, оно становится мощным методологическим средством *рациональной (умственной) деятельности* учащихся, студентов и преподавателей.

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

Фундаментальное положение Ф. Энгельса о взаимосвязи законов мышления и законов природы между собой [239, с. 193] позволяет спроецировать «сопряжение» как фундаментальный принцип организации и развития материи в образовательную область и рассматривать его как *категорию* и важнейшую методологию формирования и развития естественно-научных понятий.

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

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

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

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

### **1.3. Формирование теоретического мышления у обучающихся в условиях межпредметных связей физики, химии и биологии посредством моделирования**

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 средст-

вом 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 [169, 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* [88, 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» [221, 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 понятие 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. Розенблюта «Роль моделей в науке» [25], в зарубежной и отечественной философской литературе широко обсужда-

ются 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 [238], а также другие известные отечественные философы: В.Н. Глушков [44], А.Н. Кочергин [87], И.Б. Новик [117], В.С. Тюхтин [198], А.И. Уемов [199, 200], И.Т. Фролов [222], В.В. Чавчанидзе [231], У.Р. Эшби [241] 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 [238, 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 естественно-научного 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 [238, 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.» [238, 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 [222, с. 41; 223, с. 159]. Содержание теории выражается в виде совокупности суждений, связанных между собою законами логики и специальными научными законами и отображающих «непосредственно» закономерные, необходи-

мые 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» [1, 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 предлагают 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 [67, 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» [222, 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» [116, с. 92].

Исследователи в области моделирования [17; 9; 180; 199] 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 [43]. Примеры тщательно разработанных теоретических моделей можно найти в работах Г.А. Балла, Г.С. Сухоборской, В.А. Сластенина и других ученых [5; 168; 177], 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 умствен-

ных процессов, но и специфических деятельности, в том числе и педагогической [5; 11; 82; 168; 177; 180; 237].

В.В. 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» [58, 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» [238, 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 (рис. 1).

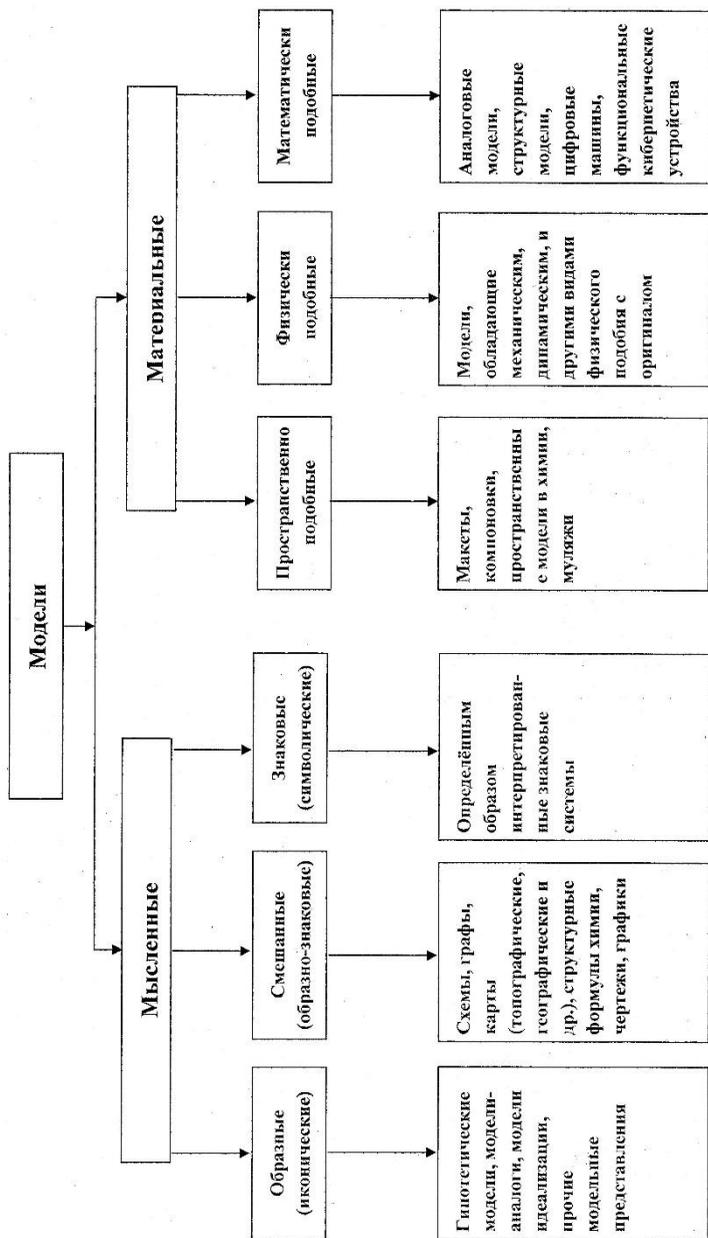


Рис. 1. Классификация моделей по В.А. Штоффу (1966)

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.

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* [88, 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 ступенями 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 (на-

пример, «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», «не-

сжимаемая жидкость», «инерциальная система». Введение в теорию абстрактных, идеализированных объектов позволяет «отделить» сущность от явления и познать ее в чистом виде [18, 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 [48, 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 конструктиви-

зацией, 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* [238, 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» [101, с. 15].

Несмотря на то, что единый принцип классификации видов абстракций отсутствует, для нашей цели приведенный выше список вполне достаточен, поскольку он охваты-

вает 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  $H-O-H$ , или  $H_2O$  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 [238, 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 текучести 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 понятийному 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» [93, 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 яв-*

ления – 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, «упрощенная» модель – источник ошибок. Как справедливо заметил Р. Хайнд, «слишком хорошая модель бесплодна, слишком отдаленная модель вводит в заблуждение» [224, 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» [247, 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 [238, 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 и благодаря последующим уточнениям – к естественному порядку вещей» [238, 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 слож-

ного знака, образующего модель, *является репликой*, упрощенной, схематической, структурной копией оригинала, которая однозначно воспроизводит те или иные структурные свойства оригинала. Р. Фейнман очень точно подметил: «Буквы CO – это не просто знак, а изображение молекулы, ...когда химик пишет формулу на доске, он, грубо говоря, пытается нарисовать молекулу в двух измерениях» [215, 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 цели-*

ком 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 [238, 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 [218, 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*) [218, 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» [104, 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»* [238, с. 167] (курсив наш. – С.П.). Эта важная черта мысленного моделирования своеобразно выражает диалектический принцип *единства абстрактного и конкретного*.

Функция модели как *средства интерпретации* 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.) [88, 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 выяв-

ления 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 [238, 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** [218, 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» [244, 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 экспе-

римент – 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 существенные 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 умствен-*

*ный эксперимент является специфической формой теоретической деятельности субъекта* [238, 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 предвещает 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 (*Prufung*) которых посредством различных экспериментов открывает взору новые закономерные связи, а также такие связи, которые недоступны прямому измерению» [246, 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 [238, 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» [246, 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 [67], другие допускают, что модель может «сопровождаться элементами наглядности» [231], третьи считают, что существуют наглядные и не наглядные модели [116; 222]. 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 [16, с. 108, 146]. А немецкий физик Н. Гебер полагает даже, что в будущем у человека разовьются способности наглядного

представления микромира и откроется возможность построить наглядные модели атомных объектов [245, 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 В.А. Штоффа, «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» [238, 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 практиче-

ские, 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 «онаглаголивания» 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 [160, 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, возникающих 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» [8, 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 отобразить 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 отно-

шения (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 многообразию 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. Рубин-

штейном наглядного образа как носителя смыслового содержания, выполняющего семантическую функцию обозначения предмета и отражения предметных отношений [161, 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. [238, 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 естественно-научного 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 вычленивать, 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 пси-

хической 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» [220, 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 естественно-научного 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, четырем качественным уровням развития индивидуальной формы деятельности организма определяются четырем видам мышления, которые формируются четырем видами условных рефлексов [183]. Эти данные согласуются с концепцией Ж. Пиаже, декларирующей существование четырех уровней (этапов) развития мышления в онтогенезе детей [130, 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 [213].

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» [220, 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 про-

является 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» [56, с. 3].

Для решения вышеобозначенной проблемы автором данного исследования разработаны образно-знаковые модели высокого уровня обобщенности, которые выполняли методологическую функцию при изучении предметов естественно-научного 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.

#### **1.4. Моделирование как форма сопряженной познавательной деятельности 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.

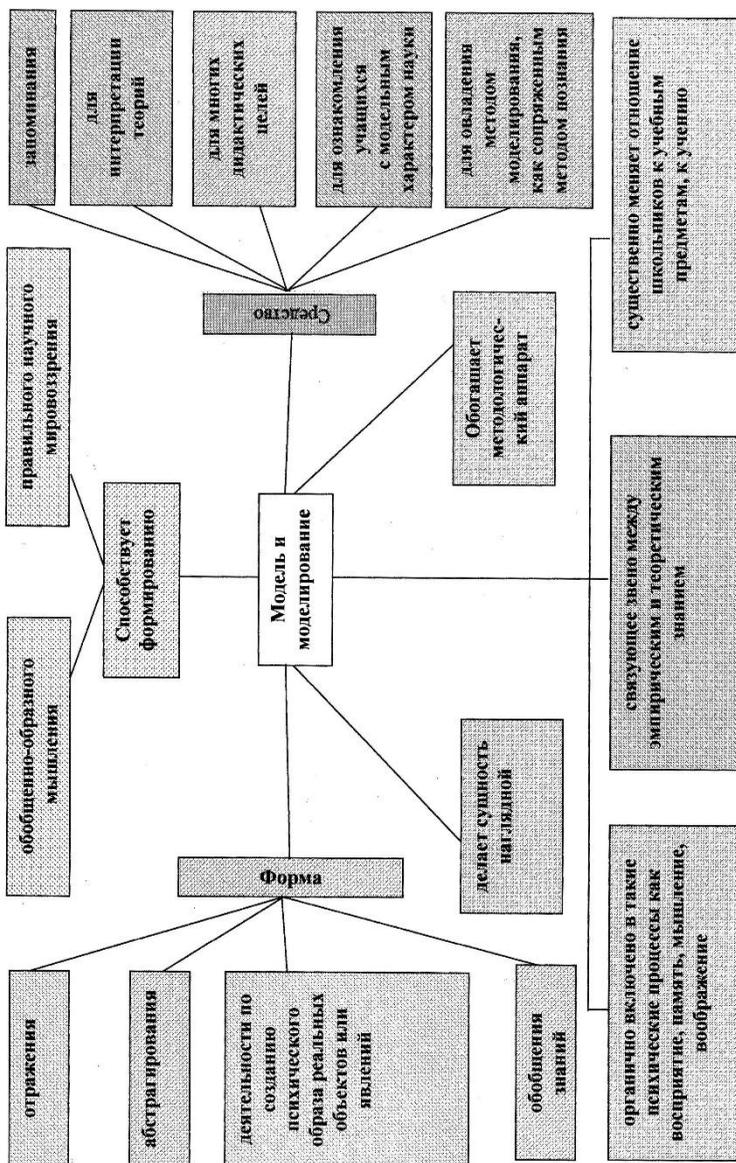


Рис. 2. Гносеологическая функция моделей и моделирования

Одним из эффективных методов изучения объектов и явлений материального мира служит моделирование, которое, опираясь на методологию системного подхода, конкретизирует его принципы и при этом само становится важнейшей общенаучной методологией познания объективной реальности. Преимущество моделирования, как метода познания, проявляется прежде всего в том, что в моделях в той или иной форме наглядно «высвечиваются» существующие (или предполагаемые) *фундаментальные связи* у изучаемых объектов и явлений, что делает их плодотворными в познании законов и принципов организации и функционирования материальных систем в научных исследованиях и весьма удобными и эффективными для понимания сущности изучаемого материала в учебном процессе. Об огромном потенциале данного метода свидетельствует высказывание известного психолога Л.М. Фридмана: «Моделирование является важнейшим методом научного познания. Метод моделирования используется любой наукой на всех этапах научного исследования реальных явлений и процессов. Он обладает огромной эвристической силой, ибо с его помощью удается свести изучение сложного к простому, не видимого и неосязаемого к видимому и осязаемому, т.е. сделать любой, какой угодно сложный объект доступным для тщательного и всестороннего изучения» [220, с. 89].

Вслед за наукой моделирование стало использоваться и в области образования, в том числе и биологического. Однако многолетняя практика автора 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 методам познания, что существенно сужает возможности формирования научного мировоззрения и теоретического мышления». В то время, как «повышение эффективности обучения естественно-научным дисциплинам, специальной и профессиональной подготовки студентов в педвузах непосредственно связано с *систематическим целенаправленным* обучением методу моделирования с последующим активным использованием этого метода *на всех видах учебных занятий* с целью формирования целостного представления об окружающем мире» [84, с. 402] (курсив наш. – С.П.)

При изучении биологии в школе и вузе в познавательных целях используются те модели (символы), которые были разработаны той или иной областью биологической науки: биохимией, цитологией, генетикой, эмбриологией и т.д. Такие модели выносятся как на обложки учебников, так и приводятся в различных разделах этих книг. Содержательный анализ этих моделей позволяет констатировать, что

они, в лучшем случае, отображают лишь отдельные понятия, идеи (свойства, признаки), а не всю их совокупность, известную на момент их издания, и не представляют собой целостной системы. Эти модели во многом предопределяют успех в усвоении отдельных тем изучаемого курса. Однако выход биологии на молекулярный и субмолекулярный уровни, а также прогрессирующая тенденция к интеграции естественно-научных знаний предопределяют запрос на разработку идеальных моделей высокого уровня обобщенности, которые послужат методологической основой не только для интеграции знаний в рамках курса биологии, но и естествознания в целом.

Создание таких интегративных идеальных моделей в области биологии может идти как минимум по двум направлениям: *общебиологическому и естественно-научному (философскому)*. Стратегия общебиологического направления должна быть направлена на конструирование образно-знаковых моделей, отражающих наиболее общие биологические закономерности строения, функционирования и эволюцию биологических объектов всех уровней организации и их физико-химическую основу. В нашем исследовании на роль таких моделей могут претендовать такие как “Эмблема жизни” – выражение целостной системы живого», «Методологическая роль категории сопряжения в понимании сущности уникальных свойств биологически активных молекул», «Особенности формирования сопряженных физиологических понятий «фотосинтез» и «дыхание» в разделе «Растения» и др. [189; 192; 197].

Естественно-научное (философское) направление предопределяет создание моделей самого высокого уровня интеграции на основе общебиологических, фундаментальных естественно-научных и философских понятий (категорий)

законов и теорий, которые должны быть логически связаны в единую систему (модель), призванную выполнять содержательную и гносеологическую функции при изучении конкретных явлений природы. На статус таких авторских моделей могут претендовать: «Атрибутивная модель (схема) понятия «материя», «Общая характеристика живых систем», «Рациональное познание как сопряженная система» [139; 191; 194].

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

Методология системного подхода, лежащая в основе моделирования, предопределяет не только содержательную стратегию этого общенаучного подхода, но и *условия*, в которых он может оказать максимальный эффект при его использовании как в области науки, так и в области образования. Таким *важнейшим условием является системность его применения*. Результаты нашего исследования свидетельствуют, что только *при систематическом* использовании моделирования как метода познания сущности объектов и явлений разного уровня иерархичности может быть раскрыт в должной мере его содержательный и гносеологический потенциал, а сам метод явится важнейшим базовым элементом профессиональной компетенции специалистов любого профиля. Реализации этой идеи на практике способствовал разработанный нами комплекс образно-знаковых

моделей (философских, естественно-научных, биологических) разного уровня интеграции, начиная с понятия материи и заканчивая электронным уровнем. Большинство этих моделей студенты не получали в готовом виде, а конструировали сами под руководством преподавателя. На заключительном этапе создания модели происходило интерактивное обсуждение полученных результатов. Каждый студент сравнивал разработанную им модель с моделью преподавателя, и в случае необходимости вносил соответствующие коррективы. При такой познавательной деятельности студенты более полно осознавали содержательный и гносеологический потенциал моделирования и сконструированной ими модели и эффективно использовали (конкретизировали) этот потенциал в учебном процессе.

Использование в учебном процессе таких моделей имеет исключительное значение в двух аспектах. Первый аспект обусловлен тем, что идеальные модели, созданные на основе теоретического синтеза естественно-научных (общебиологических) и философских знаний играют огромную методологическую роль, так как заложенные в них общие закономерности во многом определяют стратегию изучения не только биологических дисциплин, но и естествознания в целом. Постоянное использование этих закономерностей при изучении объектов материального мира приводит к тому, что общие законы природы становятся общими законами мышления учащихся и студентов, обеспечивая осуществление более быстрыми темпами познание сущности изучаемых объектов и явлений, а также их взаимосвязи, формируя единую картину научного миропонимания. Второй аспект предопределен большой значимостью образно-знаковых моделей высокого уровня интеграции в формировании обобщенно-образного мышления у обучаемых, нали-

чие 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 [183]. 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 четырех уровнях (этапах) развития процесса мышления в онтогенезе современного ребенка [130].

Целенаправленно методологический потенциал моделирования как общенаучного метода познания при изучении биологических систем может быть реализован должным образом только в купе с теми *принципами*, которые отражают сущность организации, функционирования и эволюции материи в целом. Это предопределено основным критерием, согласно которому модель должна отражать, прежде всего, сущностные связи изучаемого объекта или явления. В этой связи особо значимым и 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 [147]. 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...» [83, с. 45]. Поэтому конструирование теоретических понятийных и образно-знаковых моделей на основе закономерностей и принципов функционирования природных систем позволяет отразить в них существенные связи между элементами изучаемых систем, что ведет к систематизации знаний, их обобщению и целостного представления об объекте.

Сопряжение как принцип организации материи необходимо рассматривать как разновидность **системного подхода**, который декларирует необходимость изучения **связи** между элементами любой системы, *принцип сопряжения* предписывает выявление **взаимосвязи** между компонентами изучаемых систем, то есть выявление той **области сопряжения** между элементами системы, которая является *общей* для них и обеспечивает *целостность* этой системы, а следовательно и ее *качественную* особенность. 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 в образовательной сфере. Он позволяет находить те пункты взаимосвязи между элементами конструированной модели, которые обеспечат ее целостность и качественную особенность, которая и будет определять ее познавательный потенциал.

Если принцип *сопряжения* обеспечивает *непрерывность* природных объектов и явлений, то в образовательной

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

Моделирование по праву можно назвать *сопряженным методом познания*. При конструировании образно-знаковых и других видов моделей, отражающих сущностные свойства объектов и явлений природы, учащиеся и студенты имплицитно используют принцип сопряжения, так как сопрягают чувственное и рациональное, абстрактное и конкретное, содержание и форму, анализ и синтез, эмпирическое и теоретическое. Следовательно, при построении моделей мыслительная деятельность использует практически весь научный арсенал методов, приемов и форм с тем, чтобы опосредованно отобразить сущность изучаемого объекта и при этом сделать эту сущность наглядной. Таким образом, при работе над моделью исследователь запрограммированно одновременно использует (*сопрягает*) все формы (методы) как эмпирического, так и теоретического уровней познания, что позволяет создать особую форму отражения бытия – модель. Сопряжение различных методов и форм познания в процессе моделирования детерминирует его огромный методологический потенциал и статус общенаучного метода познания, который эффективно применяется во всех сферах человеческой деятельности.

Методологической основой моделирования является не только системный, но и деятельностный 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 [142].

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 представленном 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.

### **1.5. Методологическая значимость образных моделей в формировании у обучающихся устойчивой мотивации к учебной деятельности**

#### **1.5.1. Моделирование как средство сопряжения эмоционального и интеллектуального у субъектов при обучении 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 вы-

звать 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 учащегося в результате работы с наглядной системой знаний (моделью). Во всех случаях, когда происходит событие, имеющее значение для индивида, такое событие констатируется в форме эмоционального процесса, происходит нарастание возбудимости, скорости и интенсивности протекания психических, моторных и 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» [160, 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 и 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 нелегко 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» [160, 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» [там же, 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**.

### **1.5.2. Формирование устойчивой мотивации к учебной деятельности посредством моделирования**

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 [14]; В.В. Бойко [15]; Л.С. Славина [167]; М.В. Матюхиной [107]; В.Э. Мильман [112]; А.К. Марковой [102]; Й. Лингарт [98]; Э. Стоунса [174] 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 и т.п. [128]. 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 [70].

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 энергическими за-

тратами 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 [24].

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 неукроти-

мую жажду деятельности, т.к. полученная системно-образная информация направляет мышление по пути инсайтов, озарений. Образовательный процесс становится сверхэффективным, 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 ори-

ентации 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 положитель-

ной 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 [24]. 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 [125]. Недаром Д. Дьюсбери (1981) пишет, что понятие «мотивация» используется обычно как мусорная корзина для разного рода факторов, природа которых недостаточно ясна [62]. 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 [69].

Не лучше обстоит дело с понятием «мотив». В качестве него называются самые различные психологические феномены: представления и идеи, чувства и переживания [14], потребности и влечения, побуждения и склонности [226], желания и хотения, привычки, мысли и чувство долга, [162], морально-политические установки и помыслы, [78], психические процессы, состояния и свойства личности [134], предметы внешнего мира, установки [105], и даже условия существования [24]. 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 совре-

менные понятия о нем описывают не одну, а несколько реальностей, не совпадающих друг с другом [69].

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. Кичатинов, ведет к закрытию целого ряда педагогических перспектив [76].

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 [24]. Другой подход предлагает В.А. Иванников: нужно сузить содержание понятия «мотив» до какой-то одной реальности, а для обозначения других ввести новые понятия [69]. 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 [45]. Еще более резко го-

ворит 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 и другие), либо внешние и внутреннее причины того или иного поведения (оказание помощи, проявление агрессии) [226].

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 [69]. 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 [224]. 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, предстающей 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 [94]. 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» [94]. Согласно же представлениям Р.А. Пилояна, мотив, наоборот, относится только к действиям, а деятельность он рассматривает в контексте понятия «мотивация» [131]. В этом он солидарен с М.Ш. Магомед-Эминовым, который связывает мотивацию не только с подготовкой деятельности, но и с её осуществлением [99].

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 [243].

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

### **1.5.3. Модель активности субъекта**

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 (1) 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.

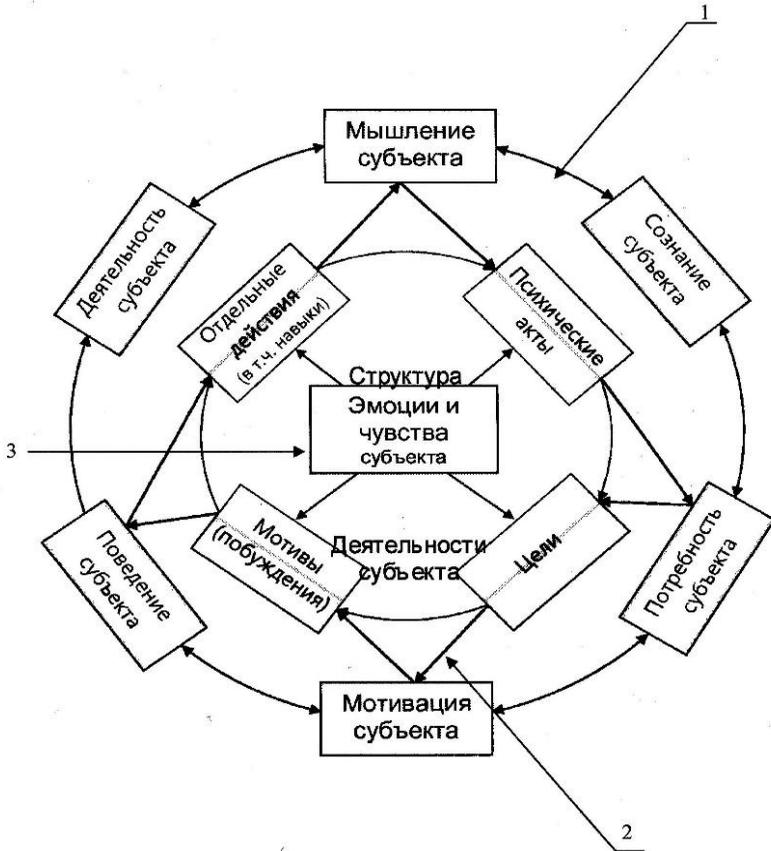


Рис. 3. Модель формирования мышления и сознания субъекта

Внутренний круг (2) 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**, (3) 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 как формы эффективной учебной деятельности 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. Поэтому нам представляется актуальным обучение моделированию школьников и студентов и использование *системы моделей* при формировании фундаментальных биологических понятий (естественно-научных), а также их применение при объяснении и интерпретации объектов и явлений природы.

2. Наглядно-образная модель запрограммировано вызывает притяжение положительных эмоций, поэтому обучающиеся 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. Комплекс обобщенно-образных моделей позволяет субъектам обучения систематизировать теоретические знания через наглядные образы. При этом возникает феномен предвосхищения, и они начинают «жить учением» и достигают качественно нового восприятия закономерностей и причинно-следственных связей различных процессов и явлений.

4. Результаты эксперимента свидетельствуют о том, что обучающиеся 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.

6. Применение методологического потенциала категории *сопряжения* при конструировании системы образно-знаковых моделей в курсе биологии, позволит обучающимся выявить сущностные связи между *понятиями, законами и теориями* предметов естественно-научного цикла. Это приведет к новому уровню *обобщения* их знаний и, следовательно, к новому уровню *теоретического и творческого* мышления.

## **ГЛАВА 2. МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ В ТЕОРИИ И МЕТОДИКЕ ФОРМИРОВАНИЯ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ**

### **2.1. Конструирование системы образно-знаковых моделей как методология формирования творческих умений при обучении биологии**

Стратегические направления модернизации школьного и вузовского образования касаются, прежде всего, естественно-научного образования в силу того, что именно эта область человеческих знаний в основном определяет темпы научно-технического развития любого государства и его статус на мировой арене. Новое качество естественно-научного образования может быть обеспечено лишь на основе *современных обобщенных знаний, умений и навыков*, которые формируются в процессе *различных видов учебно-познавательной деятельности учащихся*, а впоследствии превращаются в *универсальную систему познания и деятельности* будущих специалистов. Это возможно лишь на базе принципиально новой системы обучения, результатом которой должны быть такие психические новообразования, как *системные предметные и метапредметные знания, обобщенные экспериментальные умения и навыки*, необходимые не только для решения традиционных задач, региональных, но и глобальных проблем, которые могут быть решены в результате сотрудничества в рамках международного сообщества. Только на этой основе можно сформировать *теоретическое естественно-научное мышление*, которое является основным *критерием качества* естественно-научных знаний. Кроме того, выпускники вузов должны обладать хорошо развитыми коммуникативными, организаторскими и интеллектуальными способностями. Они долж-

ны иметь высокий уровень общекультурного развития, устойчивые привычки нравственного поведения в обществе и быту, большую склонность к непрерывному самообразованию, самосовершенствованию, *творческой деятельности*. Для этого, по мнению Л.М. Фридмана, «... в высшем образовании должны получить приоритет методологические основы содержания обучения, овладение студентами основными познавательными средствами, методами и приемами изучаемых наук, с тем чтобы создать необходимую базу для непрерывного самообразования и самосовершенствования, и лишь на базе методологических основ в учебных предметах вуза должно изучаться все остальное содержание обучения как конкретизация и реализация этих основ» [221, с. 121].

Современная система высшего образования направлена на репродуктивную деятельность по усвоению содержания изучаемых предметов. А на зачетах и экзаменах требуется воспроизведение полученной ранее информации. Такая стратегия обучения тормозит развитие *творческих* начал интеллектуального мышления студентов. Современный выпускник педагогического вуза должен обладать не только определенной суммой знаний, умений и навыков, но и иметь *научно-теоретический стиль мышления*, который позволит ему *творчески* подходить и решать возникающие перед ним проблемы в процессе его профессиональной деятельности. В процессе такой деятельности у него будет развиваться *творческое мышление* и *потребность в творческой инициативе*.

Достижение этой цели возможно при соответствующей организации учебного процесса, как в рамках отдельного учебного предмета (преподавателя), так и специальности целом. Необходимо создать все *условия* для выявления,

проявления и развития *индивидуальных творческих потенциалов каждого студента*. Педагог должен постоянно стимулировать развивать *творческую инициативу* обучающихся. Развитию этого качества будет способствовать использование в учебном процессе проблемных ситуаций, состязательности, игры и т.п.

Эффективность творческой деятельности, как и любой другой, предопределяется мотивацией. Подлинно творческая деятельность иницируется и стимулируется внутренними мотивами и значимыми общественными мотивами. Во внутренних мотивах наиболее эффективными видами мотивации к творческой деятельности являются два ее вида: *чувственная* и *интеллектуальная* мотивации. Именно эти виды мотивации имеют место в деятельности обучающихся при *конструировании моделей* разного уровня сложности, их презентации и демонстрации своим сверстникам.

Итогом такой деятельности обучающихся являются: *глубокое усвоение содержания* (сущности) учебного материала, *освоение метода моделирования* как эффективного и универсального средства познания, эмоциональное удовлетворение, радость от проделанной работы, *творческий подъем* в процессе учения, самоосуществления себя как личности, собственное совершенствование.

«Для психологического обеспечения организации учебного процесса очень важно доверие к каждому студенту, вера в его силы и возможности, в его способности. Решающее значение имеет характер взаимоотношений преподавателей со студентами, внимание и эмпатийная требовательность, профессиональное мастерство, культура и образованность преподавательского состава вуза» [221, с. 125]. Поэтому вся деятельность студентов должна быть организована так, чтобы они являлись подлинными *субъектами*, а не

только объектами учебных и воспитательных воздействий преподавателей. По мнению Б.Д. Комиссарова, *творчеству научить нельзя, но можно создать условия для творчества* [82, с. 5]. Такими условиями в учебном процессе являются партнерские взаимодействия между учителем и учеником. Итогом такого *сопряженного педагогического взаимодействия является творческий рост не только ученика, но и педагога.*

Теоретико-методологический анализ современных естественно-научных знаний позволяет утверждать, что среди основных философских категорий особо востребуемой, в настоящее время, является «взаимодействие». Такая тенденция является вполне закономерной в силу того, что взаимодействие является универсальной формой существования и развития любой материальной системы в пространстве и во времени.

Приоритетное значение имеют исследования внутренних сторон взаимодействия, которые отражают взаимные превращения и переходы, взаимную обусловленность и взаимную связь объектов и явлений. Понимание этих механизмов позволяет решать важнейшие проблемы человечества. В предыдущем исследовании нами дано естественно-научное и философское обоснование сущности понятия *«сопряжение»* как одной из внутренних сторон взаимодействия, которое послужило основой для рекомендации возведения данного его в ранг естественно-научной категории познания не живой и живой природы [147]. После усвоения данной категории обучающимися она станет мощным методологическим средством в их рациональной познавательной деятельности и будет инициировать формирование *творческих умений* в процессе изучения всех тем биологических дисциплин.

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

– *понимания* генетических связей методологических подходов изучения биологических объектов, отраженных в авторской модели «Общая характеристика живых систем», где логично сопряжены философские, естественно-научные и общебиологические подходы в единую методологическую систему. Данная модель может исполнять роль матрицы и способна определить общую стратегию изучения всех биологических систем – от клетки до биосферы. При этом и сама модель выполняет методологическую функцию, отражая в определенной степени целостность организации, функционирования биологической формы движения материи и ее эволюцию (см. рис. 4);

– *создания* модели «Рациональное познание как сопряженная система», которая интегрирует предметные, метапредметные и философские понятия, законы, теории в единое целое через *сопряженную* диалектическую пару понятий «*обобщение и развитие*». Данные понятия являются ключевыми в определении естественно-научного мышления и детерминируют весь онтогенез рационального познания в процессе изучения естественных дисциплин в вузе. Диалектическая взаимосвязь между этими понятиями достаточно убедительно раскрыта через понятие «сопряжение», которое автором возведено в ранг естественно-научной категории [140; 147].

Сопряжение между процессами обобщения и развития проявляется в том, что мыслительная деятельность, связан-

ная с *обобщением* выводит *мышление* на качественно новую ступень его *развития*. Более развитое теоретическое (рациональное) мышление, в свою очередь, позволяет делать *обобщения* на более высоком уровне познания материи. Таким образом, понятия *обобщение* и *развитие* тесно *сопряжены* и как бы переходят друг в друга, позволяя рациональному познанию постигать все более и более глубокую сущность бытия. Данная модель, после ее осмысления, может являться стратегией развития рационального познания студентов, учащихся и одновременно критерием уровня сформированности их мышления в процессе обучения (см. рис. 5);

– *раскрытия* методологического потенциала сопряженной диалектической пары категорий «форма и содержание», которая отражает стратегию развития всех природных объектов и явлений. Особое значение данная стратегия имеет в понимании сущности биологической формы движения материи, которая «в скрытом виде» содержит физическую и химическую формы движения материи. Фундаментальное положение о том, что познанные законы природы становятся правилами и формами самого мышления, послужило основой для конструирования образно-знаковой модели, отражающей *взаимопереходы формы и содержания* в процессе эволюции природных форм движения материи. Достоинством модели является тот факт, что она сочетает символы в виде образов и знаков (*форм*) с терминами (*понятиями*), которые в сжатом виде закрепляют сущность (*содержание*) этих форм. Сочетание таких принципов позволит относительно быстро и эффективно осуществить логический переход от *наглядно-образного к обобщенно-образному, а от него к понятийному виду мышления, который является основой рационального познания*. Диалектическая пара сопряженных категорий «форма и содержание», отражающая общие зако-

номерности развития природных объектов имеет большое значение и в *образовательной области*, так как «движение мысли состоит в развитии познавательного образа, в движении от незнания к знанию». Данная закономерность, по мнению автора, может служить методологической основой для изучения естествознания в целом, и курса биологии в частности (см. рис. 6);

– *конструирования* образно-знаковой модели «Эмблема жизни», раскрывающей в определенной степени содержание понятия «жизнь», которое является ключевым понятием биологической картины мира, точно также как понятие «материя» является ключевым для общенаучной картины мира. Разработанная эмблема является достаточно цельным символом жизни, так как в ней нашли отображение фундаментальные основы живой материи, связанные с превращением вещества, энергии, информации и формы; важнейший принцип самоорганизации – *принцип сопряжения*, который лежит в основе зарождения, сохранения и эволюции живых систем, начиная с клетки и заканчивая биосферой (изменение формы); взаимосвязь с окружающей средой; природоохранные мероприятия. *Последовательные сопряженные процессы* выступают как существенная сторона организации динамических неравновесных систем, при этом усложнение биологических систем происходит на *основе усиления сопряженности* их отдельных структур и процессов. Практическое использование данной модели при изучении биологии внесет определенный вклад не только в формирование целостной биологической (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 (см. рис. 7);

– *осмысления* методологической функции категории «сопряжение» на примере окислительно-восстановительных реакций, сыгравших важнейшую роль в зарождении и в последующей эволюции жизни на Земле. Взятие на вооружение категории сопряжения при формировании и развитии понятия «окислительно-восстановительная реакция» детерминирует жесткую взаимосвязь между понятиями «окисление» и «восстановление». Это не позволит допускать авторам школьных учебников по биологии грубые ошибки, когда разрывается диалектическую связь между этими понятиями, и они применяются в паре с другими понятиями, такими как «синтез» и «распад», что приводит к непониманию учащимися сущности сопряженных окислительно-восстановительных реакций, играющих ключевую роль в клеточном метаболизме. Усвоение категории сопряжения как важнейшей внутренней стороны взаимодействия учащимися и студентами и сознательное ее применение при формировании и развитии понятия «окислительно-восстановительная реакция» позволит одновременно вооружить их и эффективным методологическим средством познания, способствующим формированию научного мировоззрения. Конкретизация генетической связи понятия «сопряжение» с философской категорией «взаимодействие» продвигает научное (рациональное) знание вперед.

– *выявления* физико-химической природы самого уникального и глобального процесса нашей планеты – *фотосинтеза*. Сопряжение как принцип организации и функционирования материи «работает» на разных уровнях организации фотосинтетического аппарата, начиная с электронного уровня (*сопряженные системы п-электронов*), на уровне химических реакций (*сопряженные окислительно-восстановительные реакции*) и кончая уровнем хлоропластов,

которые называют *сопряженными органеллами*. Понятие «сопряжение» определяло в ходе научных исследований стратегию изучения фотофизического, фотохимического и биохимического этапов фотосинтеза и оно же должно определять стратегию их познания учащимися и студентами при изучении курса биологии.

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

– *раскрытия* информационной емкости категории сопряжения на примере разбора сущности сопряженных механизмов превращения вещества и энергии в процессе *дыхания*, лежащих в основе жизнедеятельности всех биологических объектов, обитающих на нашей планете. Такие механизмы выявлены и конкретизированы на организменном, клеточном, мембранном, молекулярном и электронном уровнях организации живых систем;

– *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 вы-

ступают как существенная сторона организации динамических неравновесных систем». Примерами подобных систем являются возникшие в ходе химической эволюции каталитические сопряженные системы, к которым относятся процессы фотосинтеза и дыхания. Элементарные стадии этих процессов оказываются не разделенными, потому что имеют общие метаболиты вследствие их *энергетической сопряженности*. Поэтому электронная теория, помимо других методологических функций, выполняет и функцию сопряжения между обозначенными выше процессами. Разработанная модель «Энергетическое состояние электрона в метаболитах фотосинтеза и дыхания» отражает сущность сопряжения между фотосинтезом и дыханием на электронном уровне (см. рис. 8);

– *понимания* внутренних механизмов взаимодействия генов в системе генотипа. Для достижения этой цели сконструирована обобщенно-образная модель «*Генотип как сопряженная целостная система*», которая позволяет в определенной мере представить работу этих механизмов наглядно. В данной модели логически сопряжены основные принципы реализации генетической информации, имеющие место в интактной клетке, а также генетические законы, через которые реализуются эти принципы. Модель определяет стратегию изучения данного раздела биологии и потому является своеобразной методологией современного научного знания. Логический синтез философских и конкретно-научных знаний поможет учащимся и студентам овладеть категориями диалектики, усвоить их как метод познания и преобразования материального мира (см. рис. 9);

– *анализа* стратегии исторического *сопряжения* (коэволюции) организма и среды, которое объединяет их в целостную систему и предопределяет эволюционную направ-

ленность. 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* (см. рис. 10) и др.

Таким образом, ***сопряжение*** как внутренняя сторона ***взаимодействия*** раскрывает один из фундаментальных принципов организации и развития материи. В процессе эволюции материи происходит усиление *сопряженности* между ее структурными элементами, что повышает уровень ее организации и возникновение ***качественно новых объектов и явлений***. Проведенные нами исследования свидетельствуют, что *принцип сопряжения позволяет понять сущность объектов и явлений на разных уровнях организации биологических объектов, начиная с электронного уровня и заканчивая биосферным уровнем*. Осознание же ***сути*** исследуемого процесса, по мнению А.Н. Леонтьева, повышает *мотивацию к деятельности* и, следовательно, служит *пусковым механизмом* формирования и развития ***исследовательских, творческих умений*** у обучающихся. В качестве конкретного механизма формирования исследовательских (творческих) умений выступает создание в отношении каждого обучающегося ориентировочной основы деятельности третьего, *творческого типа*, обеспечивающей ее широкий перенос [36].

Осмысление и понимание *сопряжения* как фундаментального принципа организации и развития материи позволяет спроецировать его в образовательную область и рас-

сма­тривать в качестве важнейшего *дидактического принципа* изучения биологических дисциплин в вузе. Сопряжение как самостоятельный *дидактический принцип* определит стратегию всех компонентов процесса обучения: цели, задачи, 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*.

Содержание учебных предметов, особенно естественно-научного цикла, можно рассматривать как педагогическую проекцию естественных наук. Одним из *основных методов науки является моделирование*, поэтому не случайно оно считается и важнейшим методом научного познания. Огромную роль моделирование играет и в процессе изучения биологии, особенно при формировании понятий физиолого-биохимического характера. Модели дают возможность создания у студентов таких наглядных образов изучаемых объектов, которые выражают самые существенные свойства этих объектов, их внутреннюю структуру, их *сущность*. Некоторые авторы считают, что моделирование есть разновидность системного подхода, который декларируется в качестве основной методологии в современных Федеральных государственных стандартах.

Психологические исследования показывают, что явное знакомство обучающихся 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 и студентов к учебным предметам, к учению, делает их учебную деятельность более *осмысленной и продуктивной* [220, с. 89].

Изучение биологических процессов и явлений на молекулярном и субмолекулярном уровнях предопределяет более целенаправленное использование моделей и моделирования при изучении всего курса биологии, так как они являются эффективными средствами наглядности и, кроме того, выполняют методологическую функцию. ***Осознание сути методологического потенциала моделирования как сопряженного метода познания – пусковой механизм к творчеству.***

Большинство представленных в монографии моделей разработаны автором монографии и апробированы им же в процессе многолетней работы со студентами, учащимися и учителями. Они всегда были востребованы всеми слушателями и эффективно использованы ими при обучении биологии.

Модели разделены на два блока: первый блок – методологический – включает восемь моделей, раскрывающих сущность и значимость моделирования как общенаучного сопряженного метода познания. Второй блок – биологический – содержит 23 модели, которые отражают в определенной степени общие принципы организации и функционирования живых систем разного уровня организации.

Все модели имеют краткие описания, в которых обозначены исходные принципы, положенные в основу данных моделей.

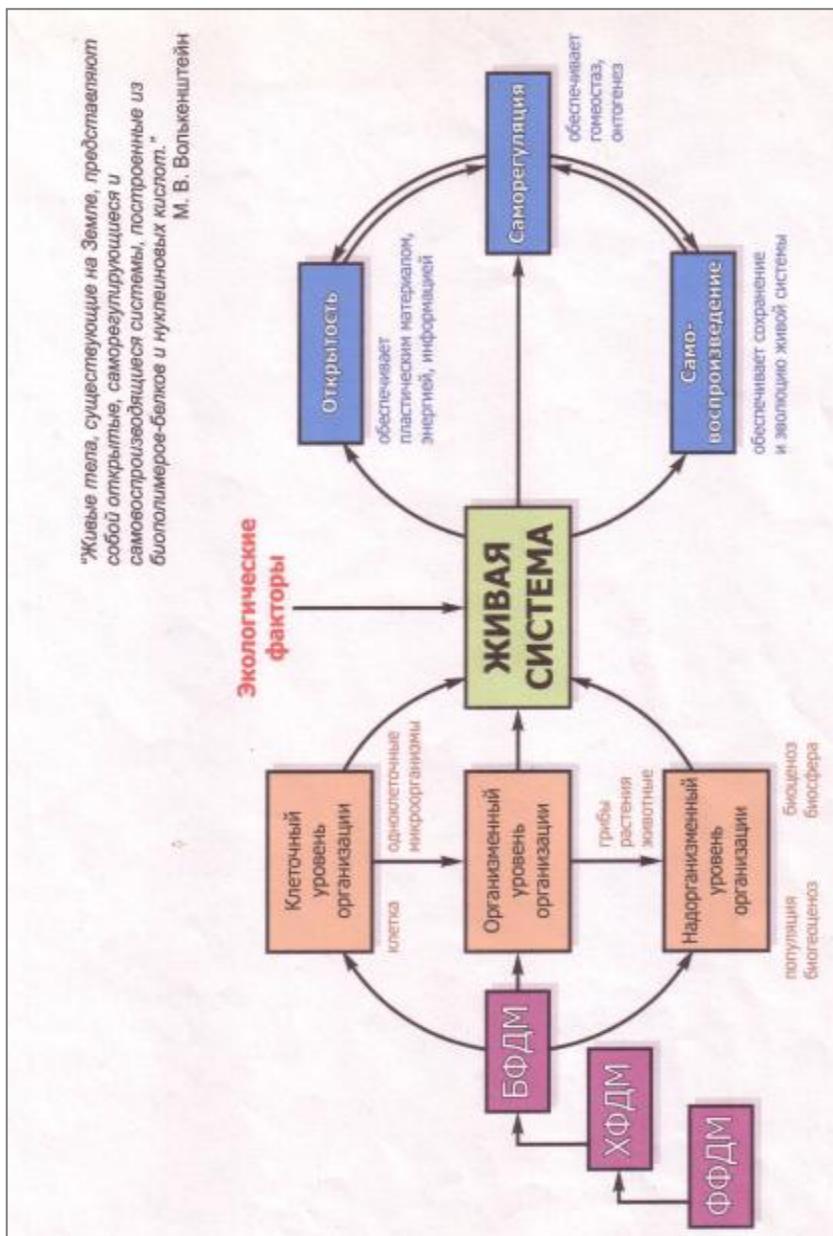


Рис. 4. Общая характеристика живых систем

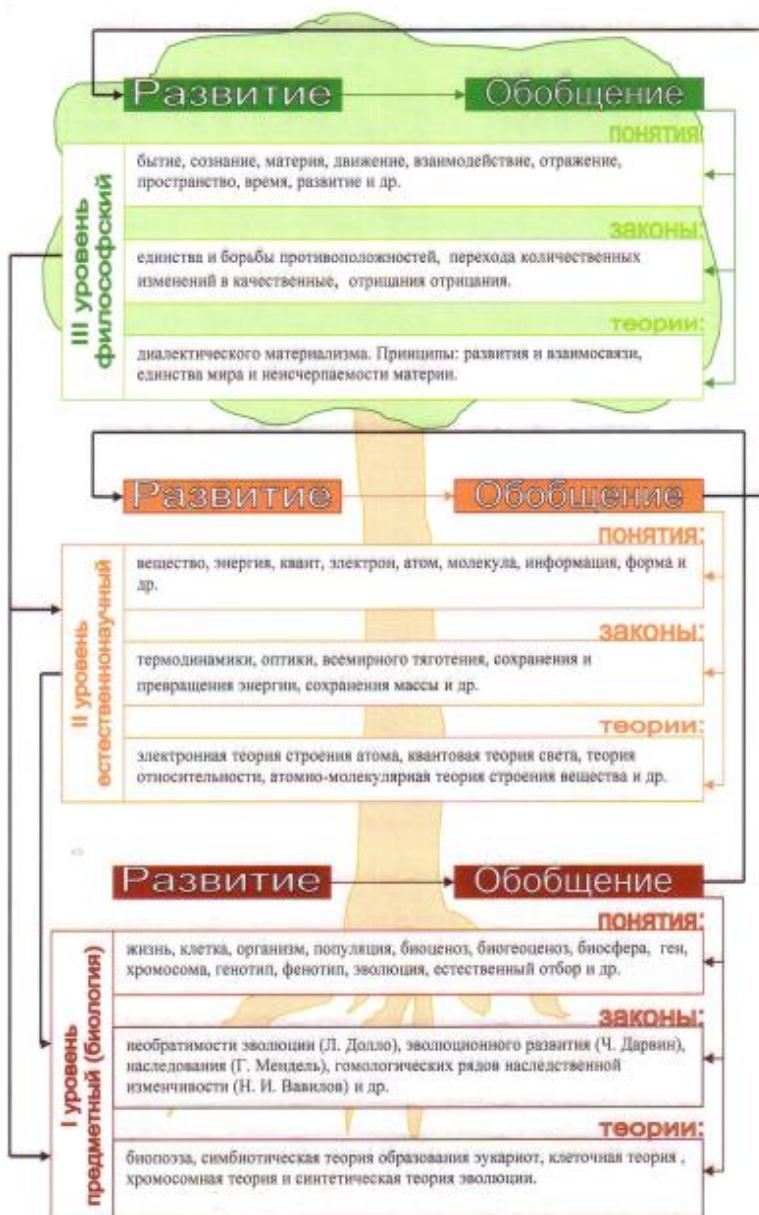


Рис. 5. Рациональное познание как сопряженная система

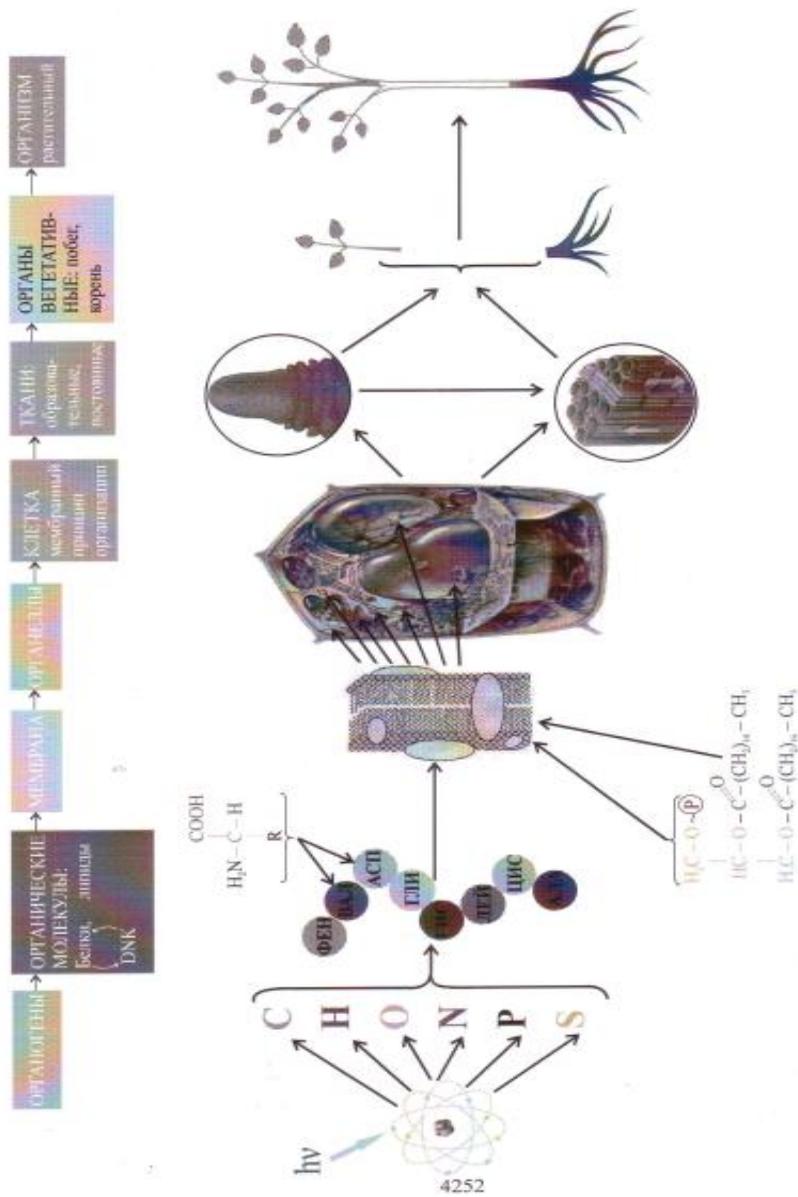


Рис. 6. Эволюция форм в неживой и живой природе



Рис. 7. Эмблема жизни  
(идеализированная теоретическая модель живых систем)

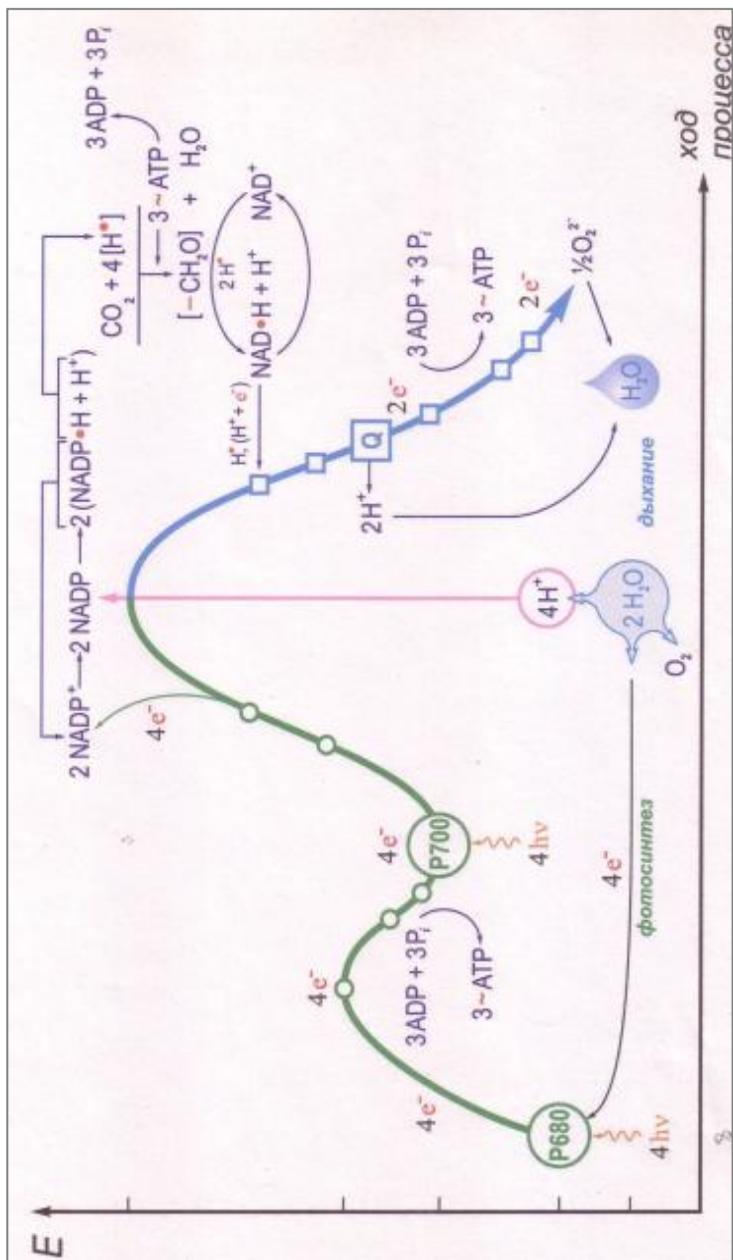


Рис. 8. Энергетическое состояние электрона в мегабиотах фотосинтеза и дыхания  
 —○— компоненты ЭТЦ хлоропластов  
 —□— компоненты ЭТЦ митохондрий



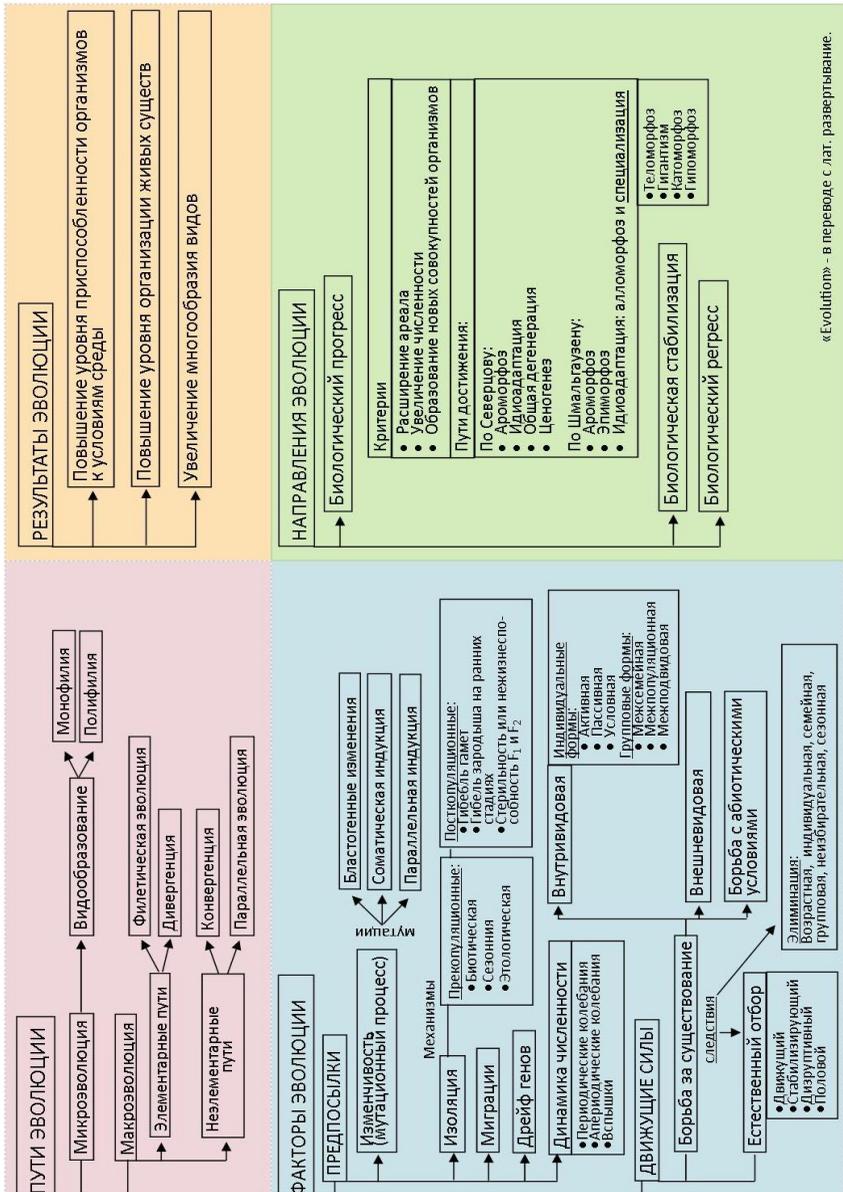


Рис. 10. Общая структура эволюционного учения

## **2.2. Конструирование системы образно-знаковых моделей как форма метапредметного обучения и эффективная технология формирования творческого мышления при обучении биологии**

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 *конструирование системы моделей и их презентация*.

Моделирование 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 нашем исследовании в качестве эффективной метапредметной технологии формирования *творческих умений и творческого мышления*, в целом у обучающихся использовалось *конструирование системы образно-знаковых моделей разного уровня общности (30 моделей) и их презентация*. Эта система моделей отражает проявление

ния жизни, обусловленные превращениями вещества, энергии, информации и формы. Модели раскрывают **сущность** данных превращений на разных уровнях организации живых систем, начиная с биологической формы организации материи и заканчивая электронным уровнем. Они также отражают взаимосвязь этих превращений в конкретной живой системе. Обозначенный выше подход согласуется с мнением М.Ю. Королева, согласно которому обучение методу моделирования и использование **системы моделей** является актуальным при формировании фундаментальных естественно-научных понятий и применении их для объяснения сущности законов и теорий, общих для дисциплин естественно-научного направления [84] (курсив наш. – С.П.).

При конструировании такой **системы моделей** (вслед за преподавателем) и их презентацией каждый студент имел возможность самостоятельно скомпоновать изучаемый материал, которому, по его мнению, присущи наибольшая иллюстративность и содержательность. При этом у субъекта развивается **творческое воображение** и фантазия, что позволяет добиться максимального учебного эффекта. «Учебные модели составляют необходимое звено процесса усвоения теоретических знаний и обобщенных способов действия... Учебная модель, выступая как продукт мыслительного анализа, затем сама может сделаться особым средством мышления человека» [57, с. 161–162].

При решении обозначенной проблемы автор настоящей монографии 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 [53], А.В. Хуторского [230], С.М. Похлебаева [151], И.А. Тре-

тьяковой [189], С.С. Харитоновой [225], И.П. Назаровой [114], Т.Л. Блиновой [12], Е.В. Сизовой [166], О.В. Коршуновой [86], Н.В. Шарыповой [235] 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 автора 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 может играть исследование, в котором будет приведен конкретный пример эффективной технологии, позволяющей реализовать принципы метапредметного подхода на практике. В качестве такой технологии субъектам обучения предлагалось сконструировать *систему образно-знаковых моделей* разного уровня общности (30 моделей) к курсу биологии, подготовить презентацию к каждой модели, описать их и выступить с одним докладом на текущем занятии. Такая система моделей отражает в определенной степени сущность организации и функционирования биологической формы движения материи на разных уровнях ее организации. При создании такой системы моделей обучающиеся не только усваивают *содержание* отдельных разделов курса биологии, но и предмета в целом. Система таких моделей отражает проявления (*сущность*) жизни, обусловленные превращениями вещества, энергии, информации и формы. Эти превращения в моделях раскрываются на разных уровнях организации живых систем, начиная с биологической

формы организации материи и заканчивая электронным уровнем. Кроме того, модели отражают взаимосвязь этих превращений в целостной живой системе. Важно отметить, что при многократном применении метода моделирования, при подготовке *системы моделей*, обучающиеся усваивают его как *эффективное и универсальное средство познания* сущности живых объектов разного уровня общности.

Понимание сущности живых объектов во многом определяется содержанием понятия «жизнь». 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. Понятие *жизни* в наше время приобретает статус многозначной философской категории и основополагающего принципа понимания сущности мира и человеческого существования в нем. Оно является концептуальным ядром биофилософии [236] [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 [80].

По мнению Л.М. Фридмана, при формировании *абстрактного понятия*, целесообразно использовать модель, конкретизирующую это понятие [220]. 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 естественно-научных 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» [84, 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» [220, 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» (см. рис. 7) [138] и ее роль в формировании биологической картины мира [189].

2. *Выделить* философские, естественно-научные и биологические принципы и подходы, которые были положены

в основу данной модели. Показать *логическую связь* между ними.

3. Обозначить фундаментальные естественно-научные понятия, которые раскрывают сущность живого.

4. Выделить биологически активные молекулы. Отметить их структурные *особенности* и *уникальные функции*.

5. Сопроводить выделенные понятийные выражения соответствующими *образами* и *знаками*.

6. Составить понятийный словарь основных терминов, используемых в статье.

7. Составить презентацию, которая явится *обобщением* проделанной работы студента.

8. Авторскую презентацию представить (*прокомментировать*) на зачетном занятии.

При конструировании этой модели авторы статей руководствовались методологией, зафиксированной в учении о понятии Ф. Энгельса, т.е. отталкивались от единичного, находили особенное и открывали (конструировали, отображали) всеобщее. Обучающиеся, используя тексты этих статей, в которой описывалась модель, шли противоположным путем: от всеобщих принципов организации модели и ее общей формы переходили к основным ее блокам. Конкретизировали их элементы, используя дополнительные ресурсы интернета, выявляли их особенные и уникальные свойства, и уже затем понимали (*осознавали*) всеобщую значимость авторской модели.

Для понимания особенных свойств отдельных элементов модели обучающимся предлагалось, используя информацию интернета, выявить материальные основы этой уникальности. Так, например, для того чтобы понять «логику» природы, руководствуясь которой, она выбрала в качестве основного субстрата жизни белки, необходимо было вы-

явить 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 (DNK-зависимой DNK-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. 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 сенсibilизатора – также обусловлено 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 проделывал автор 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, сопряженный 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.

По мнению М.Ю. Королева, в современных условиях студенты, безусловно, должны уметь пользоваться **методом моделирования**: различать и уметь **строить модели** объектов, явлений и процессов; **исследовать модели** и **применять** их в своей научной и педагогической деятельности. Это должно быть одной из основных специальных профессиональных компетенций в области применения метода моделирования [84].

## **2.3. Методологические основы моделирования как сопряженного метода познания**

### **2.3.1. Структура и динамика научного знания**

Основная образовательная цель при изучении современных естественных дисциплин направлена на формирование *естественно-научного мышления*. Такая цель предопределена уровнем развития естественных наук, философии, психологии, педагогики, методике, самого человека, а также запросами практики. Подобная постановка цели

предполагает развитие у учеников творческих способностей, а для этого необходимо ознакомление их с самой *структурой научного знания* (см. рис. 11). Таким образом, важнейшим как для теории познания, так и практической деятельности педагогов и учащихся является вопрос, что такое знание, каково его строение и как оно возникает?



Рис. 11. Строение и динамика научного знания

Исходное познание человека окружающего его бытия начинается с эмпирического уровня. Эмпиризм (от греч. *empeiria* – опыт) – направление в *теории познания*, признающее чувственный опыт единственным источником знаний. Он включает в себя два взаимосвязанных подуровня: *наблюдение (эксперимент)* и *научный факт*. Наблюдение как целенаправленное и организованное восприятие внешнего мира доставляет первичный материал для научного исследования и осуществляется во всех сферах человеческой деятельности. В науке наблюдение находится в одном ряду с такими методами познания, как *экспериментальный метод, сравнительный метод, метод экстраполяции, метод моделирования*; наблюдение есть один из важнейших общенаучных методов познания. Как правило, научные наблюдения должны дать некоторый исходный материал, позволяющий укрепить или опровергнуть ту или иную гипотезу, или собрать данные, которые могли бы стать основой для определенных теоретических толкований.

В основе наблюдения лежат формы чувственного познания: *ощущения, восприятия, представления*. Однако уже здесь возникают сложные переплетения чувственного и рационального. Целенаправленное наблюдение за каким-либо процессом в условиях регламентированного изменения отдельных характеристик условий его протекания называется *экспериментом*. В отличие от живого созерцания и внешнего наблюдения процесс наблюдения в эксперименте способен привести к обнаружению *сущностных моментов и новых закономерностей* в исследуемых объектах. Диалектический материализм усматривает в эксперименте и наблюдении источник теоретических представлений.

В результате очень сложной рациональной обработки данных наблюдений, эксперимента их *осмысления, понима-*

ния, *интерпретации* возникает особый тип знания, который именуется как *научный факт*. Поэтому, в этом смысле, любые факты науки представляют собой взаимодействие чувственного и рационального. В отличие от данных наблюдения факты – это всегда достоверная, объективная информация; это такое описание явлений и связей между ними, где сняты субъективные наслоения и в силу этого они являются *базисом теории*.

Знания об объектах и явлениях окружающего мира, полученные на эмпирическом уровне, являются основой для их изучения на более высоком уровне – теоретическом. На теоретическом уровне знания так же, как и на эмпирическом, можно выделить два подуровня.

Первый – *частные теоретические модели и законы*. Они выступают как теории, относящиеся к достаточно ограниченной области явлений.

Второй подуровень теоретического знания – *развитая теория*. В ней все частные теоретические модели и законы обобщаются таким образом, что они выступают как следствия фундаментальных принципов и законов теории. В основе *теоретического уровня* лежат формы рационального познания: *понятия, суждения, умозаключения*. Преимущество теоретического мышления заключается в том, что оно в обобщенной форме вскрывает принципы решения задач (проблем) и предвосхищает решение тех задач, на которые практика может натолкнуться в будущем. В этом случае теория опережает практику и служит руководством к действию, выполняя функцию планирования и прогнозирования. Такова стратегия *диалектического пути познания истины, познания объективной реальности*, которая в сжатой форме очень четко выражена В.И. Лениным: «От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике ...» [93, с. 152–153], (курсив наш. – С.П.).

### ***2.3.2. Обобщение и развитие как сопряженная диалектическая пара рационального познания***

Методология формирования естественно-научного мышления у студентов естественного факультета может во многом детерминироваться содержанием данного понятия, отраженного в общих чертах в его определении: «Естественно-научное мышление представляет собой обобщение и опосредованное отражение, которое формируется и развивается на основе диалектической связи структурных компонентов физических, химических и биологических знаний, характеризующихся преобразованием предметной реальности во всевозможные модели (образную, знаковую, логическую и др.)». Из этого определения вытекает ряд принципиальных положений:

1. Основой мышления как высшей формой отражения материи является **обобщение**, под которым понимают «логический процесс перехода от единичного к общему, от менее общего к более общему знанию .., а также результат этого процесса: *обобщенное понятие, суждение, закон науки, теория*». Получение обобщенного знания означает более глубокое отражение действительности, проникновение в ее сущность. В формальной логике под обобщением понятия понимают переход от видового к родовому понятию. Обобщение обуславливает переход на более высокую ступень абстракции путем выявления общих признаков (свойств, отношений, тенденций развития и т.п.) предметов рассматриваемой области. Это означает, что при обобщении мышление *развивается* и переходит на более *высокую ступень рационального познания*.

По Л.С. Выготскому, при психическом развитии происходит двойное изменение: с одной стороны, содержания понятий и меры их глубины, а с другой – положения понятий в

структуре психической жизни. На этом основании он говорит о смысловом и структурном строении сознания. «Системное строение сознания можно условно назвать внешним строением сознания, тогда как смысловое строение, характер обобщения – его внутренняя структура. Таким образом, обобщение выступает как функция сознания в целом, а не только одного мышления» [32, с. 363].

2. Формирование и развитие естественно-научного мышления возможно лишь на основе диалектической связи структурных компонентов физических, химических и биологических знаний. Диалектика предстает как учение о связях. Совокупность глубинных связей обуславливает сущность любой материальной системы и тенденции ее развития, поэтому выявление этих связей позволяет овладеть объектом и использовать его в практической деятельности субъекта.

3. Третье положение данного определения рекомендует диалектические связи между структурными компонентами физических, химических и биологических знаний выразить в форме модели, и это будет способствовать развитию теоретического мышления у студентов. Для реализации этой идеи нами разработана обобщенная модель, отражающая взаимосвязи и иерархию основных понятий, законов, теорий на *предметном, метапредметном и философском* уровнях. Методологической основой этой модели является *сопряженная диалектическая пара понятий «обобщение и развитие»*, которая определяет весь онтогенез рационального познания в процессе изучения естественных дисциплин в вузе.

Категория «сопряжение», отражающая взаимосвязь объектов и явлений в природе, в данном случае проявляется в том, что мыслительная деятельность, связанная с обобщением, выводит мышление на качественно новую ступень его

развития. Более развитое теоретическое (рациональное) мышление, в свою очередь, позволяет делать обобщения на более высоком уровне познания материи. И так, категории «обобщение» и «развитие» тесно *сопряжены* и как бы переходят друг в друга, позволяя рациональному познанию постигать все более и более глубокую сущность бытия (см. рис. 5).

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

### ***2.3.3. Гносеологические функции моделей и моделирования***

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. 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 школьни-*

ков и студентов вплоть до интеллектуальной деятельности (В.И. Разумов).

Поэтому нам представляется актуальным обучение учащихся и студентов моделированию и использованию системы моделей *при формировании фундаментальных естественно-научных понятий*, а также их применению при объяснении и интерпретации сущности законов и теорий, общих для курсов физики, химии, биологии.

Анализ концепций и теорий филогенеза мышления человека позволяет сделать вывод о том, 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 обучающихся 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. 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* [183].

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 школьников 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, *творческому* виду мышления. *Модели позволяют быстрее и глубже проникнуть в сущность изучаемых объектов и явлений в науке и при изучении их в предметах естественно-научного цикла.**

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 обучающимися методом моделирования, при обучении биологии, не только обогащало их методологический аппарат, но и вооружало научным методом познания и современным учебным средством для многих дидактических целей (рис. 12).

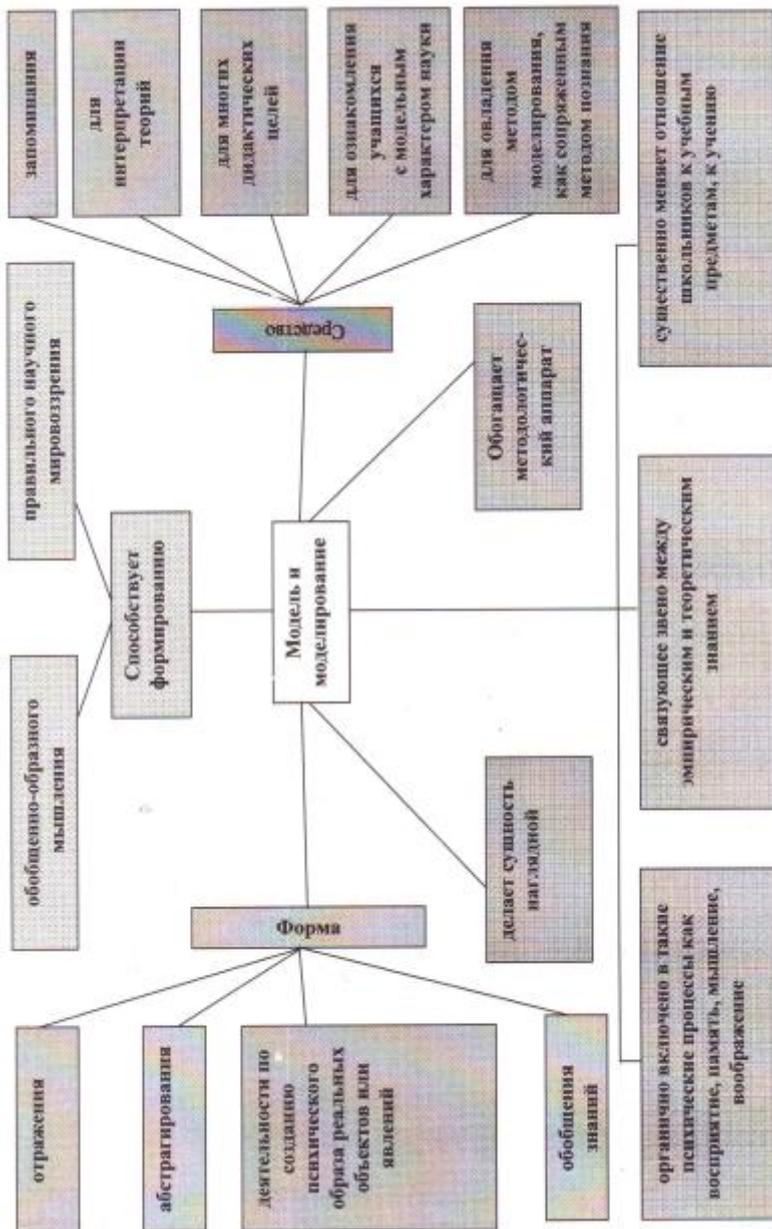


Рис. 12. Гносеологическая функция моделей и моделирования

### **2.3.4. Классификация моделей по В.А. Штоффу**

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 (см. рис. 4). В основу этой классификации положены *способы, средства*, какими производится моделирование изучаемых объектов. По этим признакам все модели подразделяются на два больших класса: 1) **материальные** (другие термины: действующие, реальные, вещественные) и 2) **идеальные** (другие термины: воображаемые, умозрительные, мысленные) модели [238].

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**. 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.

Моделирование – это деятельность по построению и изучению моделей для указанных целей и, как всякая деятельность, оно имеет внешнее содержание и внутреннюю психическую сущность. Поэтому моделирование 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.* Для ознакомления учащихся с модельным характером науки следует всякий раз, приступая к изучению какого-то явления или процесса, рассказывать, как с помощью построения моделей этого явления или процесса были изучены их свойства и особенности, какие из этих моделей являются наиболее удачными и почему.

Как показывают результаты психологических исследований, учащиеся и студенты *имеют весьма смутные и ограниченные представления о моделировании и моделях.* Вместе с тем явное знакомство их с модельным характером науки, с понятиями моделирования и модели не только способствует формированию у них правильного научного мировоззрения и обогащает их методологический аппарат, но и существенно меняет отношение обучающихся к учебным предметам, к учению, делает их учебную деятельность более осмысленной и продуктивной.

Овладение обучающимися методом моделирования вооружает их научным методом познания и современным учебным средством для многих дидактических целей. Усвоение субъектами метода моделирования как общенаучной методологии познания явлений и объектов неживой и живой природы, изучаемых в курсах физики, химии и биологии способствует более глубокому пониманию сущности важнейшего атрибута материи – *отражения* и формированию **диалектического стиля мышления.**

Образно-знаковые модели высокого уровня обобщенности выполняют методологическую функцию при изучении предметов естественно-научного цикла в целом, и курса

биологии в частности. Использование данных моделей в учебном процессе показало, что обучающиеся усваивают их, после чего модели становятся своеобразными методологиями изучения конкретного материала. Это способствовало формированию у них обобщенно-образного мышления, которое является важнейшим звеном на пути к понятийному виду мышления.

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.

### **2.3.5. Уровни организации неживой и живой природы и их взаимосвязь**

Согласно современным представлениям *глубинные* структуры материи представлены объектами элементарного уровня – элементарными частицами. За исключением электрона, который был обнаружен в XIX веке, все остальные были обнаружены в XX столетии. Свойства элементарных частиц резко отличаются от свойств макротел. Они одновременно обладают *корпускулярными* и *волновыми* свойствами. Закономерности их движения изучаются квантовой физикой, в то время как закономерности движения макротел описываются классической физикой.

До открытия элементарных частиц и их взаимодействий наука разграничивала два вида материи – **вещество** и **поле**. Поле определяли как непрерывную материальную среду, а вещество – как прерывное, состоящее из дискретных частиц. Только на микроуровне, когда можно не принимать во внимание квантовые свойства полей, их можно счи-

тать 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 поле – как систему гравитонов – гипотетических частиц. 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.).

Элементарные частицы участвуют в четырех типах взаимодействия – сильном, слабом, электромагнитном и гравитационном. Только два последних типа взаимодействий проявляют себя на любых сколь угодно больших расстояниях, и потому им подчинены процессы не только микромира, но и макротел, планет, звезд и галактик (макро- и мегамир). **(Во вселенной всего 4% вещества, все остальное – поля)**. Сильные и слабые взаимодействия характерны только для процессов микромира. В настоящее время обнаружено, что электромагнитные и слабые взаимодействия представляют собой стороны, различные проявления единой сущности – электрослабого взаимодействия. В настоящее время ученые стремятся обнаружить те глубинные свойства материи, которые в конечном счете определяют эволюцию Вселенной, особенности взаимодействия и развития ее объектов.

Первым большим успехом на этом пути было открытие **кварковой структуры адронов**.

Элементарные частицы классифицируют **по типам взаимодействия**. **Адроны** (тяжелые частицы – протоны, нейтроны, мезоны и др.) участвуют во всех взаимодействиях. **Лептоны** (от гречес. *leptos* – легкий: электрон, нейтрино

и др). Участвуют только в электрослабых и гравитационных взаимодействиях).

**Кварки** оказались весьма экзотическими объектами не только потому, что у них дробный электрический заряд ( $1/3$  или  $2/3$  заряда электрона). Само взаимодействие кварков, осуществляемое благодаря обмену *глюонами*, таково, что увеличение расстояния между кварками внутри адронов приводит к *резкому возрастанию связывающих их сил*. Поэтому в отличие от известных элементарных частиц (протонов, нейтронов, электронов и др.) кварки пока **не обнаружены в свободном состоянии**.

*Кварки и лептоны выступают в качестве базисных объектов в системе элементарных частиц. Они являются главным строительным материалом для вещества нашего мира, поскольку ядра атомов, а формирование электронных оболочек вокруг ядра приводит к образованию атомов. Единой теории элементарных частиц физика пока не создала.*

Элементарный уровень организации материи включает наряду с элементарными частицами еще и такой необычный физический объект, как *вакуум*. *Физический вакуум* – не пустота, а особое состояние материи. *В вакуум погружены все частицы и все физические тела*. В нем постоянно происходят сложные процессы, связанные с непрерывным появлением и исчезновением «виртуальных частиц».

Виртуальные частицы – это своеобразные потенциалы соответствующих элементарных частиц, их «вакуумные корни», готовые к рождению, но не рождающиеся, возникающие и исчезающие в очень короткие промежутки времени [18].

При определенных условиях они могут вырваться из вакуума, превращаясь в «нормальные» элементарные частицы, которые живут относительно независимо от поро-

дившей их среды и могут взаимодействовать с ней. Физический вакуум способен к фазовым скачкам, то есть перестраивать свою структуру. В результате этого изменяется характеристика системы. Примером фазового скачка служат переходы воды в пар и лед. Физический вакуум тоже способен к фазовым скачкам.

Эти новые идеи современной физики микромира послужили опорой необычных представлений *о развитии нашей астрономической Вселенной, о возникновении ее путем взрыва, связанного с массовым рождением элементарных частиц в результате одного из фазовых переходов вакуума.* Взаимодействие субъектов субэлементарного уровня и возникающих на их основе элементарных частиц служит фундаментом для образования более сложных материальных систем. Из элементарных частиц строятся атомы, которые являются качественно специфическим видом материи (см. рис. 13).

Элементарные частицы, ядра атомов, ионы могут образовывать особое состояние материи, подобие газа, которое называется **плазмой**. Огромные плазменные тела, стянутые электромагнитными и гравитационными полями, образуют **звезды**, представляющие особый уровень организации материи. *В их недрах протекают ядерные реакции, в ходе которых одни частицы превращаются в другие, и за счет этого звезды постоянно излучают энергию.*

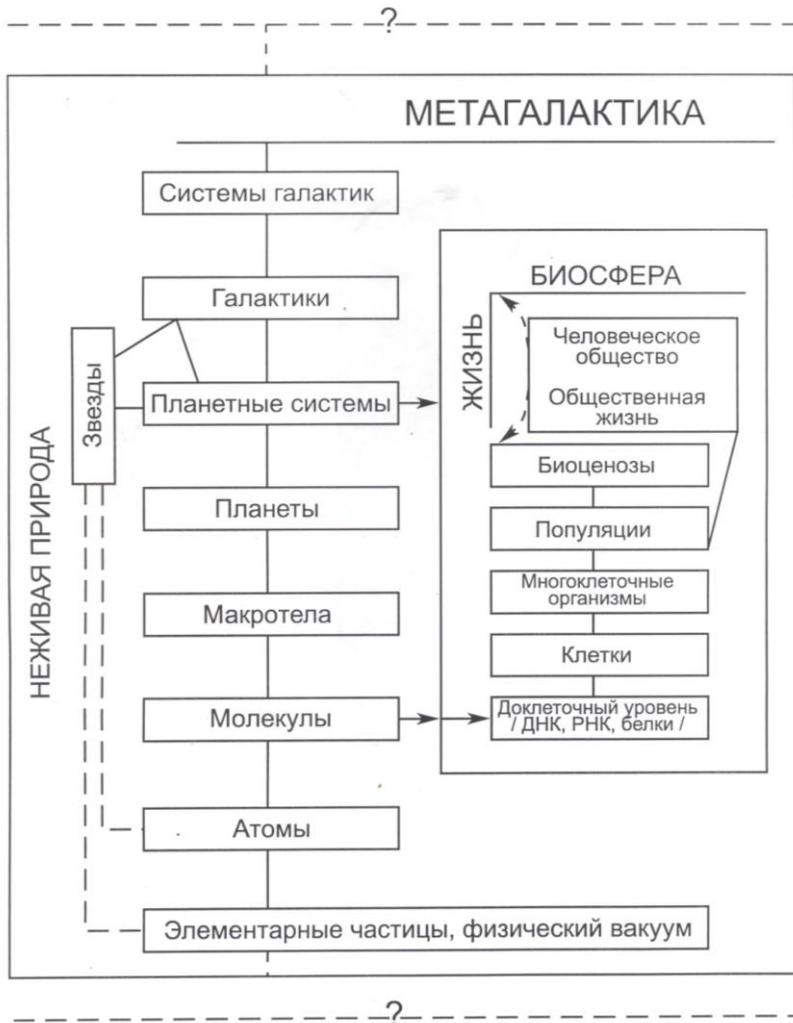
*Звезды выступают как своеобразная кузница атомов.* Благодаря протекающим в них превращениям элементарных частиц образуются ядра атомов, а на периферии и в окрестностях звезд, при понижении температуры, а также в результате выбросов вещества из звезд при их взрывах возникают атомы. В результате взаимодействия атомов формируется следующий уровень организации материи –

**молекулы.** За молекулами следует уровень *макротел* (*жидких, твердых, газообразных*). Особый вид макротел, который можно считать специфическим видом материи, образуют *планеты* – тела со сложной внутренней структурой, имеющие ядро, литосферу, а в ряде случаев атмосферу и гидросферу. Звезды и планеты составляют *планетные системы*.

Огромное скопление звезд, планетных систем, межзвездной пыли и газа, взаимодействующих между собой, образуют особые объекты, которые называют *галактиками*. Земля принадлежит к одной из таких галактик, которая представляет собой гигантскую эллипсоидную спиралеобразную систему. Основная масса звезд, относящихся к нашей галактике, сосредоточена в диске размером 100 тысяч световых лет. Наше Солнце находится на окраине галактики и вращается вокруг ее ядра, делая полный оборот за 200 млн лет (галактический год).

Галактики разных типов образуют скопления – *системы галактик*, которые представляют собой особые объекты, обладающие свойствами целостности. Более высокий уровень организации материи – *Метагалактика*, представляющая собой систему взаимодействующих скоплений галактик. При этом взаимодействуют они так, что удаляются друг от друга с очень большими скоростями. И чем дальше отстоят они друг от друга, тем больше скорость их взаимного разбегания. Этот процесс называется *расширением Метагалактики* и представляет *ее особое системное свойство, определяющее ее бытие*. Расширение Метагалактики началось с момента ее возникновения. Согласно космологии, Метагалактика возникла примерно 20 млрд лет назад в результате Большого Взрыва. *Сам этот взрыв наука связывает с перестройками структуры физического вакуума, с его фазовыми переходами из одного состояния к другому,*

которые сопровождалось выделением огромных энергий. Так что рождение нашей Вселенной (метagalактики) – есть результат развития, качественных преобразований одного состояния материи в другое.



Виды материи: вещество, поле

Рис. 13. Схема иерархической организации материи

Современная наука допускает возможность возникновения и существования множества миров, подобных нашей Метагалактике и называемых внеметагалактическими объектами. Их сложные взаимоотношения образуют многоярусную *Большую Вселенную* – материальный мир с его бесконечным разнообразием форм и видов материи. Причем не во всех этих мирах возможно то многообразие видов материи, которое возникает в истории нашей Метагалактики.

На определенном этапе развития Метагалактики, в рамках некоторых планетных систем, создаются условия для формирования *из молекул неживой природы материальных носителей жизни*. Как и неживая природа, жизнь имеет *ряд уровней своей материальной организации*. Можно выделить: *системы одноклеточного уровня* – нуклеиновые кислоты (ДНК, РНК) и белки; *клетки* как особый уровень биоорганизации, самостоятельно существующий в виде одноклеточных организмов; *многоклеточные организмы* (растения, животные). Особые уровни организации живой материи образуют *надорганизменные структуры: популяции, виды и биоценозы, биосфера*.

Как особый уровень организации материи – *человеческое общество*. В человеческой жизнедеятельности как бы *сталкиваются различные линии саморазвития материи: с одной стороны, естественная эволюция неживой и живой природы, с другой – искусственная, только в обществе реализуемая эволюция материи*.

Картина взаимосвязи всех уровней организации материи, включая человека и человеческое общество, понимание каждого материального объекта, в том числе и человека как продукта глобальной космической эволюции проливает новый свет на одну из древнейших проблем философии – *на проблему единства мира. Материалистический монизм*

*утверждает единство мира через его материальность. Диалектическое понимание материального единства мира все глубже проникает и в современное естествознание, и в науки о человеке и обществе. Материалистическая диалектика, а вместе с ней и все современные науки о природе и обществе исходят из того, что в основе всего многообразия существующих явлений и процессов лежит движение единой материи.*

### ***2.3.6. Атрибутивная модель понятия «материя», ее роль в формировании научной картины мира***

В рамках философского знания функцию интегрально-обобщенной формы выполняет система философских категорий и принципов, которые составляют ядро *научной картины мира*. В научной картине мира различают *частные и общие научные картины мира* (ОНКМ). Ключевым понятием ОНКМ является понятие «материя». Категория материи как самое общее понятие является основной содержательной формой постижения самых общих закономерностей бытия. Обладая самым мощным методологическим потенциалом, данная категория определяет стратегию решения самых глобальных проблем, возникающих в разных сферах человеческой деятельности.

Всеобщие принципы ОНКМ заимствованы также из философии диалектического материализма, где в качестве методологии выступают и *материализм*, и *диалектика*. Таковыми принципами являются: принцип *материального единства мира*, принцип *неисчерпаемости материи*, принципы *развития и взаимосвязи*, которые *отражают* в самом общем виде сущность бытия.

Философское определение понятия «материя» строится на основе системы атрибутов (неотъемлемых, существенных свойствах объекта), раскрывающих ее сущность. Основными атрибутами материи выступают, прежде всего, *движение, взаимодействие и отражение*.

«Движение – это изменение вообще, всякое взаимодействие материальных объектов и смена их состояний». Вторым важнейшим атрибутом материи является «взаимодействие», которое является следствием и основным проявлением движения. Взаимосвязь данных атрибутов материи хорошо выражена в одном из общих определений: взаимодействие – это процесс взаимного влияния тел друг на друга путем переноса материи и движения, универсальная форма изменения состояний тел. В любой целостной системе взаимодействие сопровождается взаимным *отражением* телами свойств друг друга, в результате чего они могут меняться. В философском смысле под отражением понимают непрерывное воспроизведение признаков, свойств и отношений объектов реальности. По мере развития материи изменялась способность и характер отражения у систем различного уровня ее организации. Таким образом, атрибуты материи тесно диалектически связаны и взаимообусловлены: отражение зависит от взаимодействия, которое является следствием и основным проявлением движения, а одновременно и условием движения и взаимодействия, т.е. выступает в качестве источника дальнейшего развития объекта.

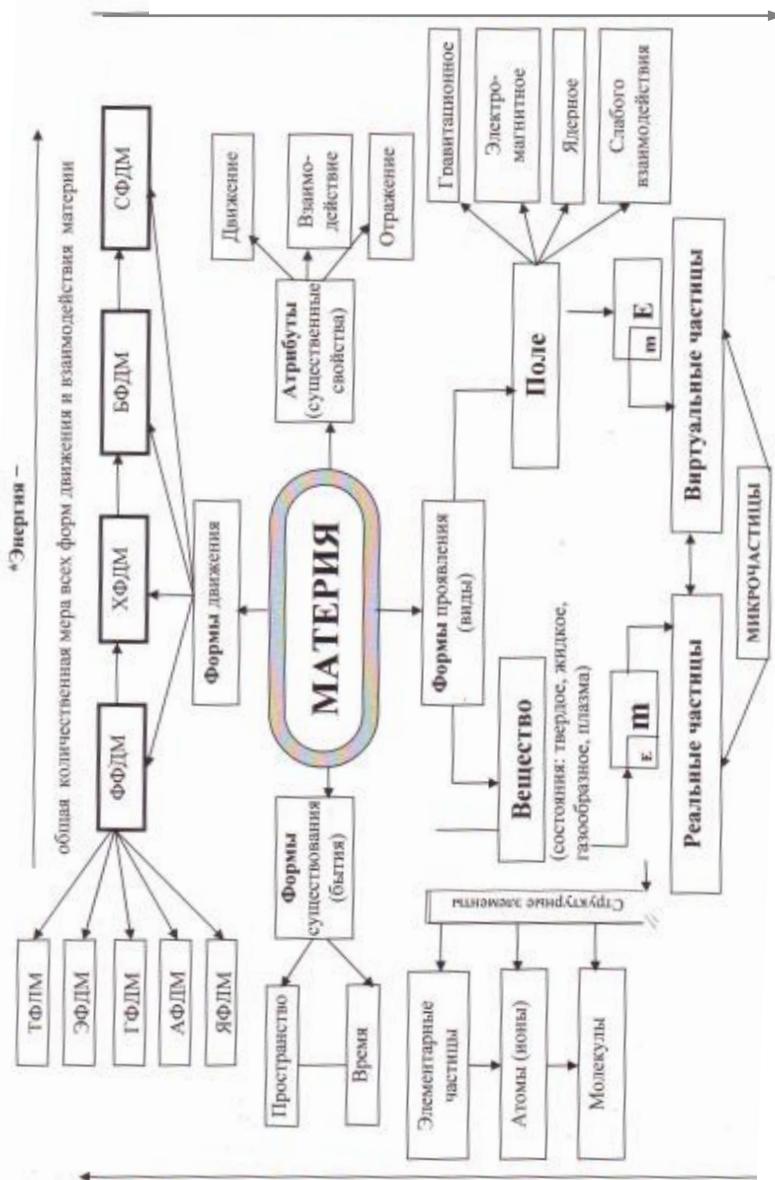
Материя и ее атрибуты являются философскими абстракциями, формирующими совокупность наших представлений о реальном мире. Естествознание, не претендуя на изменение смысла понятия «материя», использует ряд категорий, позволяющих конкретизировать и обобщить все яв-

ления окружающей действительности на основании качественных и количественных характеристик. Такими категориями являются понятия **энергии, информации и энтропии**. Раскрытие содержания понятий *энергии, информации и энтропии*, установление взаимосвязи между ними и другими философскими (естественно-научными) понятиями имеют важное методологическое значение, так как позволят глубже понять неотъемлемые свойства материи (движение, взаимодействие, отражение), а через них и материю в целом.

Для целостности понимания сущности материи необходимо рассмотреть ее проявление на конкретных объектах (видах материи) реального мира. До открытия элементарных частиц и их взаимодействий наука выделяла два вида материи: **вещество и поле**. Многообразие микромира предполагает его единство через *взаимопревращаемость частиц и полей*, которые лежат в самом фундаменте материи, и предопределяет ее бесконечное движение в **пространстве и во времени (формы существования бытия)**.

Предложенную атрибутивную модель понятия «материя» можно рассматривать как средство трансформации интегративных тенденций науки в сферу образования (рис. 14). В наших исследованиях данная модель определяла стратегию изучения не только частных, но и интегративных курсов, что положительно повлияло на качество усвоения обучающимися фундаментальных естественно-научных понятий, законов, теорий и естественно-научной картины в целом.

**\*\* Энтропия – мера неупорядоченности**



**\*\*\* Информация – мера упорядоченности**

Рис. 14. Атрибутивная модель (схема) понятия «Материя»

\*, \*\*, \*\*\* – мерные характеристики атрибутов материи

### ***2.3.7. Взаимодействие между веществом и полем***

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». 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.

Для наглядности взаимопревращения вещества и поля, массы и энергии, а также микрочастиц под действием внешней энергии отображены в рисунках 15, 16, 17. На рис. 15 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.

На рис. 16; приведен один из примеров, объясняющих постоянный круговорот вещества и энергии на микроуровне. Мы видим, что из квантов энергии может возникнуть электрон и позитрон, так как любая микрочастица образуется в паре с античастицей. Далее электрон и позитрон могут встречаться и полностью аннигилировать. При этом излучается энергия, равная сумме начальных энергий образования электрона и протона (по закону сохранения энергии).

На рис. 17 взаимопревращения частиц под действием внешней энергии представлены тремя схемами. На рис. 17 (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.

На рис. 17 (б) схематично изображено превращение абстрактных частиц А, В и С при воздействии внешней энергии. При этом важно понять, что микрочастицы не расщепляются на части, а лишь трансформируются одна в другую.

Взаимопревращения уже конкретных частиц – протона ( $p$ ) и нейтрона ( $n$ ) – представлено на рис. 17 (с). 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 (см. комментарий на рисунке).

Таким образом, вещественно-энергетический круговорот представляет собой реальную связь, обеспечивающую единство противоположностей в системе, которое предопределяет бесконечное развитие материи в пространстве и во времени.

$$E = mc^2 \Rightarrow \boxed{m} \leftrightarrow \boxed{E}$$

Рис. 15. Взаимосвязь массы и энергии

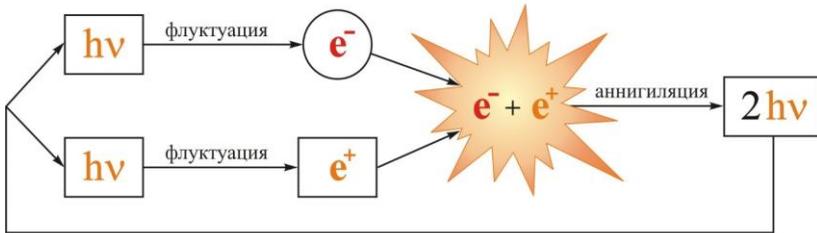


Рис. 16. Схема перехода «Вещество  $\leftrightarrow$  Поле»  
(на примере возникновения аннигиляции электрона и позитрона)

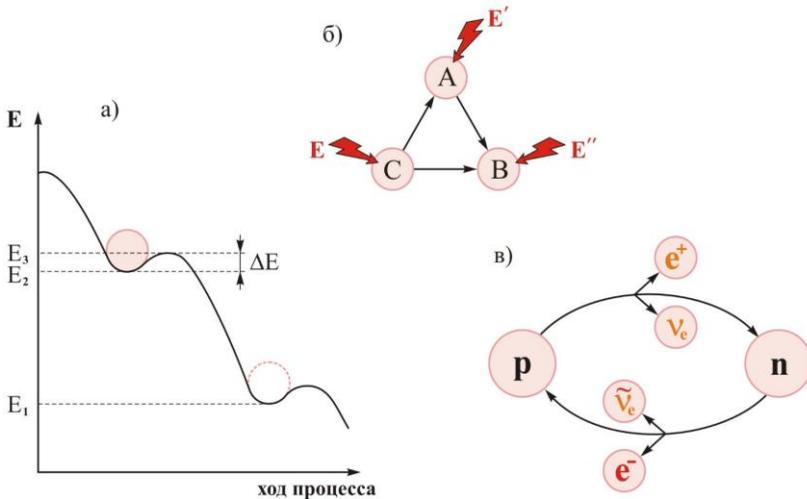


Рис. 17. Взаимопревращения частиц под действием внешней энергии)

### **2.3.8. Форма и содержание как сопряженная пара рационального познания при изучении биологических объектов**

Диалектическая пара категорий «*форма и содержание*», отражающая общие закономерности развития природных объектов, имеет большое значение и в *образовательной области*, так как «движение мысли, считает П.В. Копнин, состоит в развитии познавательного образа, в движении от незнания к знанию» [83]. Данная закономерность может служить методологической основой для изучения естествознания в целом и курса биологии в частности. Конкретизация этой идеи может быть осуществлена при разработке *образно-знаковых моделей высокого уровня интеграции*. Наиболее высокий уровень интеграции эти модели могут иметь в курсе биологии, которая изучает самую высоко организованную (из природных) форму движения материи – биологическую, заключающую в себе «в скрытом виде» своих генетических предшественников – физическую и химическую формы движения.

Для выяснения любой проблемы, связанной с *моделированием*, как методом познания, в частности, знаковым, педагогическая наука опирается на философские и психологические теории, так как *сущность понятий о модели, знаке, знаковых системах и моделях* раскрывается, прежде всего, в *рамках философского и психологического знания*.

Учитывая вышесказанное, нами предпринята попытка создания образно-знаковой модели *высокого уровня интеграции* под названием: «Эволюция форм в неживой и живой природе», в которой отражены основные формы движения материи (уровни организации) и их эволюция в процессе развития природы на примере растительного организма (см. рис. 6).

Особенностью данной модели является и то, что в ней *сопряжены* символы в виде образов и знаков (*форм*) с терминами (*понятиями*), которые в сжатом виде закрепляют сущность (*содержание*) этих форм. Сочетание таких принципов, которые положены в основу предлагаемой модели помогает учащимся и студентам относительно быстро и эффективно осуществить логический переход от наглядно-образного к обобщенно-образному, а от него к понятийному виду мышления. При создании данной модели использованы не только известные теоретические положения, но и многолетний практический опыт работы автора с учащимися и студентами. Практика показывает, что не только учащиеся, но и даже студенты очень часто затрудняются выделить основные элементы при изучении той или иной природной структуры (*формы*), не говоря уже о создании ими интегративной образно-знаковой модели, отражающей структурную или функциональную взаимосвязь различных форм движения материи, изучаемых в курсах физики, химии и биологии.

В преподавании всех предметов важным методологическим компонентом является ознакомление студентов с методами общенаучного познания и спецификой методов исследования, применяемых в изучаемой науке: построением гипотез, проектированием моделей, наблюдением, экспериментом, систематизацией и обобщением.

Среди общенаучных методов познания особое значение в развитии рационального познания имеет *метод моделирования*. Он обладает огромной эвристической силой, ибо с его помощью удастся свести изучение сложного к простому, невидимого и неосязаемого к видимому и осязаемому. Модель в определенной степени *сопрягает* в себе элементы *формы* и *содержания* изучаемого объекта и делает сущность

наглядной. При моделировании реализуется методологическая сущность такой сопряженной диалектической пары категорий, как «форма и содержание», которая позволяет развивать *рациональное мышление* в соответствии с формулой, указанной древнегреческим философом Эвдемом: «Происходит надлежащий переход от чувственного восприятия к мысленному созерцанию и от последнего – к разумному познанию». Предложенная модель является в определенной степени результатом *сопряжения* (теоретического синтеза) *философских, естественно-научных и общебиологических подходов* к изучению объектов живой природы на теоретическом уровне и может исполнять *роль матрицы*. При этом и сама модель выполняет *методологическую функцию*, отражая в определенной степени целостность организации, функционирования биологической формы движения материи и ее эволюцию.

## **2.4. Методологические и содержательные основы изучения биологических систем**

### **2.4.1. Сопряжение методологий как общая стратегия изучения живых систем**

Одной из главных целей биологического образования, как и любого другого, является способность выпускников школ и вузов к самообразованию и непрерывному самообучению. Это возможно лишь в том случае, если приоритет получают *методологические основы содержания обучения*. «И лишь на базе методологических основ в учебных предметах., – по мнению Л.М. Фридмана, – должно изучаться *все остальное содержание обучения как конкретизация и реализация этих основ*» [221, с. 121].

Даже краткий анализ научных методологий, используемых при изучении материальных систем, в том числе и био-

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

Эффективность *системного подхода*, который положен в основу образовательных стандартов, в изучении объектов и явлений природы будет во многом зависеть от того, насколько учащиеся и студенты осмыслят *потенциальные возможности* этого метода и определяют его *взаимосвязь* как с наиболее общими, так и с более частными методами познания объектов и явлений природы, изучаемых в курсе физики, химии и биологии. *Принципы системного подхода сами детерминируют его применение в системе научных методологий.* Только в этом случае системный подход выполнит функцию методологии формирования естественно-научного мышления и мировоззрения у обучаемых при изучении естественных дисциплин.

Разработанная нами модель под названием «Общая характеристика живых систем» (см. рис. 4) результативно используется на протяжении ряда лет в процессе преподавания биологических дисциплин в вузе. В основу схемы положено пять научных методологий: *диалектический материализм*, отражающий взаимосвязь и генезис основных форм движения материи и обязывающий изучать биологическую форму движения материи на основе физической и химической форм движения материи; *эволюционная теория (исторический метод)*, подтверждающая общие закономерности движения материи на биологическом уровне и указывающая на новые качественные признаки этой более высокоорганизованной формы движения материи, начавшей свое существование с клеточного уровня и развившейся до био-

сферного; *системный подход*, позволяющий изучать любой уровень организации живой природы как биологическую (живую) систему на основе общих принципов организации материальных объектов (целостности, иерархичности, взаимосвязи с окружающей средой и др.); концепция *экосистемы*, разработанная А.Тенсли, согласно которой организм и среда образуют единую диалектическую систему; *теория происхождения жизни* (определение жизни), в которой отражены общие явления живых систем (открытость, саморегуляция, самовоспроизведение) и их вещественная и информационная основа (биополимеры – белки и нуклеиновые кислоты).

Таким образом, предложенная модель является в определенной степени результатом *сопряжения* (теоретического синтеза) *философских, естественно-научных и обще-биологических подходов* к изучению объектов живой природы на теоретическом уровне и может исполнять *роль матрицы*. При этом и сама модель выполняет *методологическую функцию*, отражая в определенной степени целостность организации, функционирования биологической формы движения материи и ее эволюцию.

Использование этой модели при изучении биологических систем разного уровня иерархичности в школьных (и вузовских) курсах биологии приводило к глубокому осмыслению учащимися (и студентами) научных методологий, пониманию взаимосвязи между ними и выработке умений по их использованию при формировании системы естественно-научных и биологических понятий. Это, в свою очередь, способствовало формированию *естественно-научного мировоззрения и развитию способностей школьников (студентов) к самообразованию, самосовершенствованию и творческой деятельности*.

#### **2.4.2. Методологическая роль сопряженной системы «Эмблема жизни» в формировании биологической картины мира**

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 (см. рис. 7). Разработанную эмблему, по-видимому, можно считать достаточно цельным символом жизни, так как в ней нашли отображение фундаментальные основы живой материи, связанные с превращением вещества, энергии, информации и формы; 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.

Основаниями для построения «Эмблемы жизни» (модели) послужили *философские, естественно-научные и биологические* принципы (категории) и закономерности. В качестве основополагающей *философской категории* было выбрано понятие «взаимодействие» в силу того, что оно позволяет выявить стратегию изучения всех явлений и объектов неживой и живой природы, а также их взаимосвязь и эволюцию. Взаимодействие как атрибут материи 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 существо-

вать. По мнению Ф. Энгельса, сущность всех объектов и явлений познается при взаимодействии, «...позади его нечего больше познавать» [240, с.199]. Одна из внутренних сторон взаимодействия, отражающая механизм повышения уровня организации любой природной системы, нами была обозначена как *сопряжение*. Теоретический анализ использования данного понятия в области физики, химии и биологии и его связь с философской категорией «взаимодействие» позволил выдвинуть положение о возможности придать понятию «сопряжение» статус *естественно-научной категории*, которая может служить основанием (методологией) для понимания сущности эволюции природных форм движения материи и их взаимосвязи.

*Биологическим основанием* для конструирования модели жизни послужило, прежде всего, одно из современных и общепризнанных определений жизни в формулировке М.В. Волькенштейна, в котором в качестве всеобщих функциональных характеристик живого выделено такие три явления, как *открытость, саморегуляция и самовоспроизведение*, а в качестве фундаментальных структурных характеристик на молекулярном уровне выделены биополимеры – белки и нуклеиновые кислоты. При конструировании модели были использованы также идеи видных ученых, и в частности К.А. Тимирязева, который, характеризуя фундаментальные проявления жизни, выделил три явления: превращение *вещества, энергии и формы*, а также высказывание Н.П. Дубинина, определившего *вещество, энергию и информацию* в качестве триады жизни. Обобщая эти положения, можно сделать вывод, что содержание понятий *вещество, энергия, информация и форма* должно быть отражено в том или ином виде в «Эмблеме жизни». Результаты изучения молекулярного уровня жизни позволяют представить содержание данных понятий и их взаимосвязь в образно-знаковой форме. Предложенную эмблему можно рассматри-

вать как символ, *сопрягающий* в себе элементы образности и теоретичности. Созданная на основе различных методологий, она сама становится методологией научного познания живых систем различного уровня организации.

Постоянное 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.

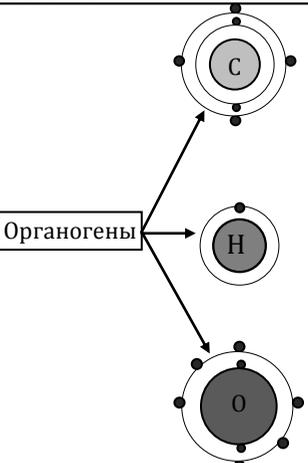
#### ***2.4.3. Сопряжение уникальных свойств органогенов – метапредметная основа для понимания сущности метаболизма растительной клетки***

Усвоение обучающимися универсальных принципов метапредметного подхода и метапредметных технологий в естественно-научном образовании возможно лишь в том случае, если их эффективность будет продемонстрирована на всех уровнях организации материи. Особую значимость в настоящее время данный подход приобретает при изучении биологических объектов и явлений, сущность которых раскрыта наукой на субмолекулярном уровне.

Целью настоящего исследования явилось демонстрация тандема двух метапредметов: метапредмета «Знак», который конкретизируют три органогена – водород (*H*), кислород (*O*) и углерод (*C*); и метапредмета «Категория», в качестве которой выступает понятие «сопряжение», ранее введенное нами в ранг естественно-научной категории. Методологический потенциал обоих метапредметов выявлен на примере раскрытия сущности метаболизма растительной клетки, в котором ключевую роль играют процессы фотосинтеза и дыхания.

Согласно современным представлениям все проявления жизни сводятся к четырем превращениям: вещества, энергии, информации и формы, которые тесно сопряжены между собой. Механизмы, лежащие в основе этих фундаментальных превращений, определяются во многом свойствами уникальных химических элементов – органогенов. Это особая группа таких атомов, как водород ( $H$ ), кислород ( $O$ ), углерод ( $C$ ), азот ( $N$ ), фосфор ( $P$ ) и сера ( $S$ ) (рис. 18). Ключевую роль среди органогенов играют  $C$ ,  $H$  и  $O$ . Именно эти органогены в процессе химической эволюции вещества стали материальной основой для возникновения таких важнейших функциональных групп, как гидроксильная, карбонильная, карбоксильная и сложноэфирная, которые, в свою очередь, обуславливают свойства многих органических молекул, играющих существенную роль в метаболизме растительной клетки. Особенность и уникальность водорода предопределяется тем, что он имеет всего лишь один легко диссоциируемый электрон, который способен взаимодействовать с системами разного уровня энергии и участвовать как в процессах освобождения энергии, так и ее накопления. Благодаря этому уникальному свойству водород рассматривают как основное биологическое горючее. Конечным акцептором электронов и протонов у аэробов служит кислород. Такое взаимодействие приводит к образованию молекул воды, которые характеризуются максимальной величиной окислительного потенциала и минимальной энергией. Следует отметить, что в качестве таких акцепторов могут выступать и другие соединения. Уникальность углерода определяется его *особенным* свойством создавать новый тип разнообразных молекул – органических, которые концентрируют в своей структуре большое количество атомов *водорода*, а, следовательно, и большой запас *внутренней энергии*.

Согласно представлениям Сент-Дьерди(1972) все процессы обмена энергии в живых системах связаны с взаимодействием трех основных элементов:

	<p>Способен строить комплексы молекул с большим запасом атомов <i>H</i>; углерод т.о. может запасть, концентрировать атомы <i>H</i> (и, следовательно, электроны) и создавать вследствие этого органические комплексы с большим запасом внутренней энергии</p>
	<p>Имеется один легко диссоциируемый электрон, способный легко взаимодействовать с различными по уровню энергии системами и участвовать т.о. в процессах аккумуляции и освобождения энергии; вследствие этого атом <i>H</i> может рассматриваться как основное биологическое горючее</p>
	<p>Является общим, но не единственным конечным акцептором электронов (или атомов <i>H</i>), образуя при этом систему с максимальной величиной окислительного потенциала и минимальной энергией</p>

Также в процессе обмена энергией в живых системах участвуют органогены:

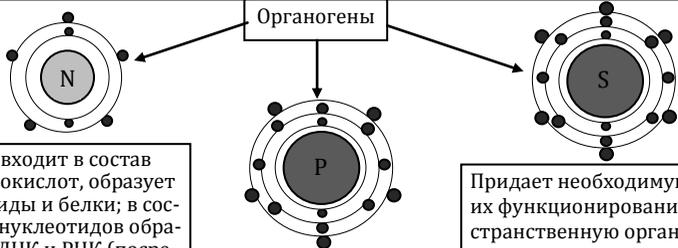
		
<p>Азот входит в состав аминокислот, образует пептиды и белки; в составе нуклеотидов образует ДНК и РНК (средством которых передается вся информация внутри клетки и по наследству); в составе гемоглобина участвует в транспорте кислорода от легких по органам и тканям</p>	<p>Фосфор входит в состав нуклеиновых кислот и нуклеотидов; в состав АТФ; в состав мембраны клетки; в состав буферной системы крови</p>	<p>Придает необходимую для их функционирования пространственную организацию молекулам белков за счет образования дисульфидных мостиков; является компонентом гормонов, витаминов, гистаминов, ферментов; входит в состав коэнзимов; Участвует в переносе метильных групп</p>
<p>Основные органогены, участвующие в строении живых систем С, Н, О, N, P, S</p>		

Рис. 18. Уникальная роль органогенов в превращениях вещества и энергии в живых системах

Новый, более глубокий, уровень осмысления значимости этих органоенов произошел после создания электронной теории. Вещество, согласно постулатам данной теории, изображалось как совокупность взаимодействующих положительных и отрицательных частиц, которые движутся в вакууме. Особая значимость электронов заключается в том, что их ответ на внешние магнитные и электрические воздействия существенно изменяют физические и химические свойства веществ. Из этого следует, что для понимания сущности макроскопических свойств вещества необходимо выявить *воздействие электронов* на возникновение этих свойств. По мнению М.С. Свирского, «явления, изучаемые электронной теорией вещества, имеют первостепенное значение для научно-технического прогресса» [164, с. 3]. Эта теория послужила теоретико-методологическим фундаментом для качественных инновационных преобразований во всех естественных науках и их стратегией для дальнейшего развития. Биологическая наука также начала активно использовать принципы данной теории для более глубокого понимания превращений вещества и энергии в биологических системах на электронном уровне. Понимание сущности физиолого-биохимических процессов на электронном уровне позволяет управлять ими и клеточным метаболизмом в целом, как при нормальном его функционировании, так и при возникновении в нем патологических явлений. Принципы электронной теории строения вещества послужили основой для возникновения такой интегративной фундаментальной науки, как *квантовая биохимия*.

#### ***2.4.4. Молекулярные основы проявления жизни***

Представленная авторская модель сконструирована на основе теоретического анализа сопряженных фундамен-

тальных превращений, которые обусловили возникновение и эволюцию биологической формы движения материи на клеточном уровне ее организации (рис. 19).

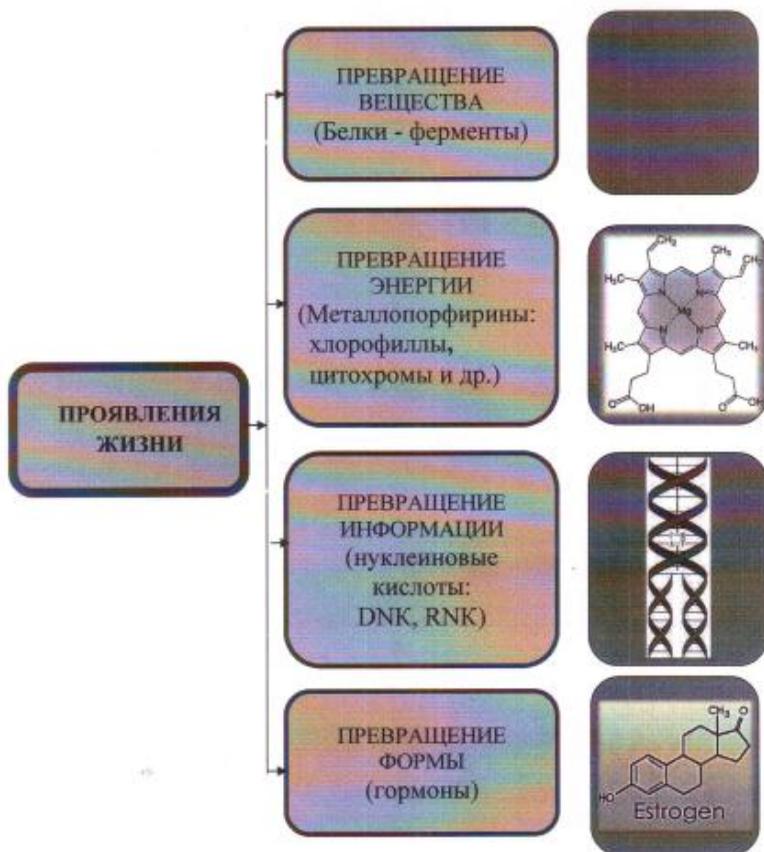


Рис. 19. Молекулярные основы проявлений жизни

Эти превращения предопределены уникальными свойствами таких биологически активных молекул, как белки-ферменты, металлопорфирины (хлорофиллы, цитохромы, гемоглобины) нуклеиновые кислоты (DNK, RNK) и гормоны. Важнейшую роль в этих превращениях играет и диффузия. Из этого следует, что понятия, отражающие эти взаимосвя-

занные превращения, могут претендовать на ту «клеточку», вокруг которой будет выстраиваться весь образовательный процесс при изучении клетки как элементарной живой системы в курсе биологии. Для выражения сущности этой идеи разработана образно-знаковая модель, в которой понятия и образы взаимосвязаны. Данная модель призвана определять общую стратегию изучения жизненных проявлений на молекулярном уровне. Используя в процессе обучения обобщенно-образные модели, мы получаем возможность не просто активизировать познавательную деятельность (т.е. формировать положительную мотивацию), но и целенаправленно развивать чувственно-интеллектуальную сферу обучающихся. Обобщенно-образные модели при изучении той или иной учебной темы позволяют видеть основу материала, на которой формируются все второстепенные знания. Благодаря этому, субъект обучения выходит на новый уровень понимания, восприятия, характеризующийся целостным видением изучаемой дисциплины.

Согласно учению Ф.Энгельса о генетической связи форм движения материи, биологическая форма движения есть результат развития предшествующих форм ее движения – физической и химической, которые «подчинились» новой форме движения и существуют и развиваются в ней «в скрытом виде». Данное учение раскрыло только общую стратегию возникновения биологической формы движения материи, однако конкретные механизмы появления первых живых систем в нем не отражены. Основополагающую роль в понимании механизмов возникновения первичных биологических объектов привнесла химическая наука, которая изучает химическую форму движения материи, на основе которой и возникла биологическая форма ее движения.

Раскрытие сущности промежуточных ступеней химической эволюции возможно лишь на основе общих принципов

развития материи, которые обеспечивают качественно новое ее состояние. Одним из таких принципов, который нами обоснован как одна из внутренних сторон взаимодействия, является *сопряжение* [147; 193]. Наличие и действие этого принципа в процессе химической эволюции материи подтверждает высказывание видных ученых «...в процессе химической эволюции при наличии всех необходимых для нее условий происходит усиление роли сопряженности. Последовательные сопряженные процессы выступают как существенная сторона организации динамических неравновесных систем» [217, с. 165]. К таким неравновесным системам относятся и все биологические системы, в том числе и клетка.

В клеточном метаболизме химические превращения веществ тесно сопряжены с превращениями энергии. Эти превращения происходят либо с затратой энергии (эндотермические реакции), либо с ее выделением (экзотермические реакции). Изначальный синтез органических веществ в живой природе в огромных масштабах происходит в процессе фотосинтеза, который протекает в растительных клетках, содержащих хлоропласты. Ключевым соединением, обеспечивающим поглощение внешней неустойчивой энергии квантов света и преобразование ее во внутреннюю более устойчивую энергию электронного возбуждения, играют молекулы хлорофилла. Эти уникальные молекулы играют ключевую роль в процессе фотосинтеза, обеспечивающего всю биосферу энергией, излучаемой солнцем.

Таким образом, сопряжение между веществом, энергией, информацией и гормонами, в конечном итоге, обуславливает возникновение живого в форме клетки, которую можно охарактеризовать как первую сопряженную живую систему, а понятие сопряжение, по-видимому, можно включить в одно из определений жизни.

### 2.4.5. Особенности организации и функционирования растительной клетки

Растительная клетка имеет свои особенности в строении и функционировании, которые во многом определяют уникальность и значимость растительных организмов в каждом биоценозе и биосфере в целом (рис. 20). К особенностям ее строения следует отнести:

1. Наличие жесткой пекто-целлюлозной оболочки.
2. Систему вакуолей.
3. Наличие хлоропластов.

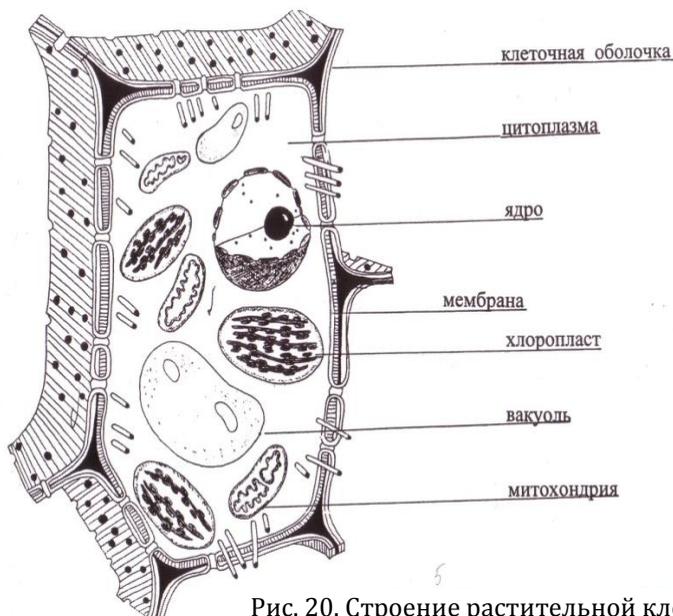


Рис. 20. Строение растительной клетки

Следует также отметить, что в растительной клетке нет центриолей.

**Клеточная оболочка.** Растительная клетка окружена жесткой пекто-целлюлозной оболочкой (стенкой), которая

пронизана каналами. По этим каналам плазмодесмы соединяют цитоплазму соседних клеток в единое целое – симпласт. Клеточные оболочки прочно соединены между собой пектатами кальция и составляют общий скелет растения – апопласт. Однако не все промежутки между макрофибриллами заполнены этим веществом, образуя свободное пространство клетки, которое играет важную роль в поднятии воды по растению на большую высоту. Вода же – основное средство передвижения веществ в растительном организме.

**Вакуоли** содержатся почти во всех растительных клетках. Молодые клетки сплошь заполнены протоплазмой. Однако детальный анализ содержимого молодых клеток позволяет обнаружить в протоплазме полости – вакуоли. С увеличением размеров клетки вакуоли также увеличиваются и нередко сливаются вместе, образуя несколько или даже одну большую вакуоль, на долю которой приходится до 90% объема. Они представляют собой полости в клетке, заполненные обычно водянистым содержимым – *клеточным соком*. Клеточный сок представляет собой водный раствор различных неорганических и органических веществ, являющихся или запасными веществами (алевроновые зерна, инулин), или продуктами обмена. Вакуоли отвечают за широкий спектр важных функций в клетке, включая хранение питательных веществ, детоксикацию и экспорт отходов. Вакуоли играют ключевую роль в поддержании *клеточного тургора*, контролируют перемещение молекул из цитозоля в выделения клетки, хранят полезные вещества и расщепляют отслужившие старые белки и органеллы. Реакция клеточного сока в лепестках цветков может меняться от кислой до слабощелочной. И это влияет на их окраску.

**Хлоропласты.** Согласно симбиотической теории образования эукариот, предшественниками эукариотических

клеток (растительной и животной) были первичные пробионты. Их эволюция шла по пути компартментации клетки (разделение ее на отдельные отсеки – компартменты). Существенную роль в этом отношении сыграл симбиоз первичных прокариот. Растительная клетка есть результат двух симбиозов первичных гетеротрофов. Их симбиоз с аэробными бактериями привел к образованию митохондрий, а симбиоз с первичными фотосинтетиками – к возникновению **хлоропластов**. Такие симбионты дали начало царству растений. В клетках высших растений содержится около 40 хлоропластов. Хлоропласты (как и митохондрии) называют полуавтономными органеллами, так как они имеют собственный белок-синтезирующий комплекс: двухцепочечную кольцевую ДНК, РНК и рибосомы. Химический состав хлоропластов более сложен по сравнению с другими органеллами: белки – 35–55%, липиды – 20–30%, углеводы – 10%, ДНК – до 0,05%, РНК – 2–3%, хлорофилл – 9%, каротиноиды – 4,5%. Отличительной особенностью хлоропластов является наличие в них большого количества ферментов, подавляющая часть которых принимает участие в фотосинтезе. Многие ферменты в качестве простетических групп содержат витамины (*B, K, E, D*). Кроме того, эти органеллы содержат большое количество металлов: до 80% железа, 70% цинка, 50% меди от всего количества этих элементов в растении. Количество хлоропластов на клетку может колебаться от 20 до 150, а их размеры от 5 до 10 мкм длиной и 2–4 мкм в диаметре.

В хлоропластах протекает самый уникальный процесс на Земле – фотосинтез, в котором из  $CO_2$  и  $H_2O$  при участии квантов света образуются органические вещества и  $O_2$ , необходимые для всех живых существ нашей планеты (кроме хемосинтетиков).

### 2.4.6. Ткани растений

Ткани – это системы клеток и межклеточных структур, обладающие общностью строения (в ряде случаев и происхождения) и выполняющие определенные функции. Благодаря такому тканевому разделению труда обеспечивается успешное выполнение различных функций многоклеточного организма. Если ткань состоит из одного типа клеток, ее называют простой (например, колленхима), если из разных – сложной (например, эпидерма). Существуют различные классификации тканей, основанные на их происхождении, функциях, морфологии и др. Одна из особенностей растений – способность к длительному росту – определяется наличием у них образовательных тканей – меристем.

У растений различают **образовательные ткани (меристемы)** и **постоянные (основные)** ткани (рис. 21). В результате деления клеток меристем увеличивается число клеток тела растения, которые, со временем дифференцируясь, входят в состав постоянных тканей.

Меристемы бывают верхушечными, вставочными и боковыми. Из клеток верхушечных меристем состоят конусы нарастания побега и корня растений. Вставочная меристема находится в междоузлиях злаков, благодаря чему побеги этих растений могут быстро удлиняться. Боковые (продольные) меристемы обычно расположены в виде тяжелой или слоев клеток параллельно продольной оси стебля или корня. Верхушечные и вставочные меристемы принято считать первичными, как и боковую меристему прокамбий, который берет начало от верхушечной меристемы. Другие боковые меристемы – камбий и пробковый камбий – рассматривают как вторичные. Все постоянные ткани, возникающие из первичных меристем, также называют первичными, а возникающие из вторичных – вторичными.

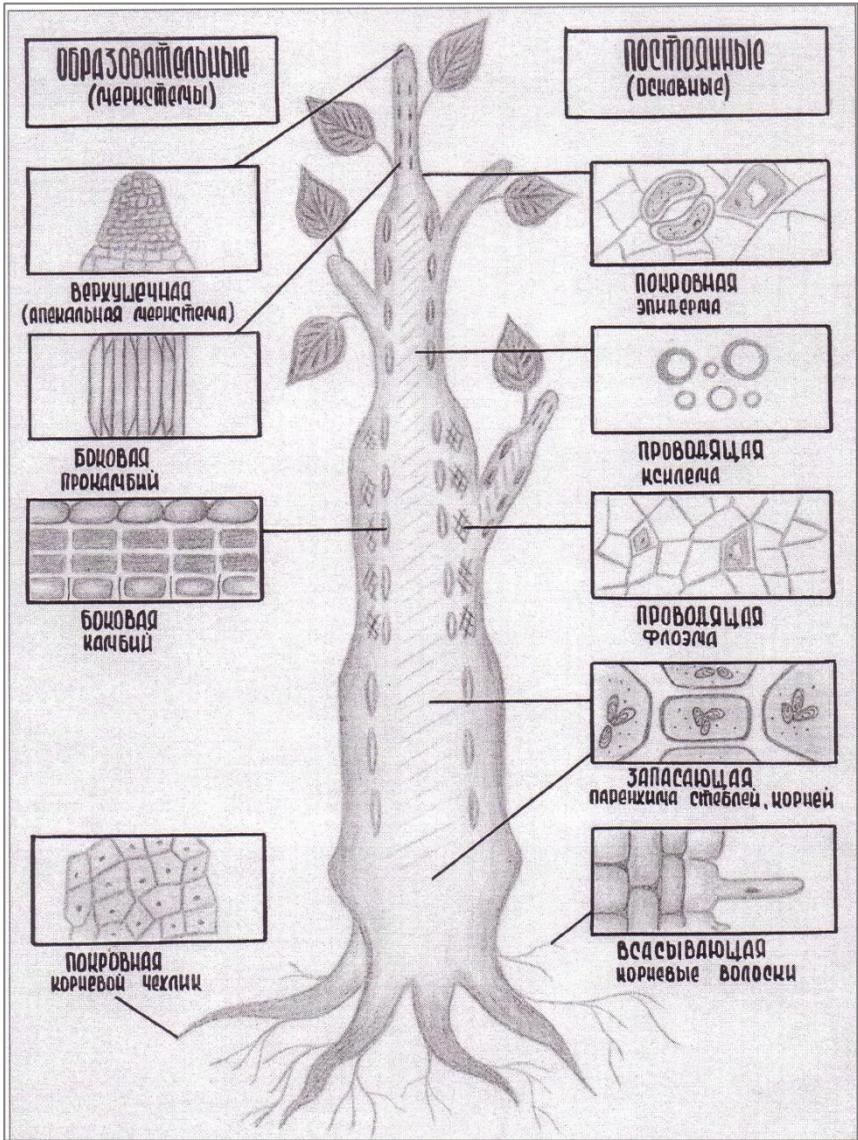


Рис. 21. Ткани растений

К главнейшим постоянным тканям относят проводящие ткани: древесину, по трахеям и сосудам которой осуществляется восходящий от корней ток воды с растворенными в ней веществами, и луб. Он имеет ситовидные трубки, по которым идет ток растворов органических веществ (в первую очередь сахаров), выработанных растением при фотосинтезе. Первичная древесина и луб возникают из прокамбия, клетки которого, дифференцируясь, сами становятся элементами этих тканей, а элементы вторичных древесины и луба образуются в результате деления клеток камбия, находящихся между древесиной и лубом. Деятельность камбия обуславливает утолщение стеблей и корней.

Вода с минеральными веществами поступает в растение через всасывающую ткань (эпиблему) – наружный слой клеток корня, которые на некотором расстоянии от растущего кончика образуют выросты – корневые волоски. Дальше от кончика корня эти клетки вместе с волосками отмирают, а зона всасывания как бы перемещается по корню по мере его нарастания в длину. Фотосинтез происходит в богатых хлоропластами клетках ассимиляционной ткани – зеленых клетках листьев и молодых участков стеблей.

Снаружи растение одето покровными тканями. Первичная покровная ткань листьев и молодых стеблей – это кожа, или эпидермис. В корне такую тканью становится слой прилегающих к эпиблеме клеток после отмирания последней. Вторичная покровная ткань стеблей и корней – это пробка, возникающая в результате деления клеток пробкового камбия.

К механическим тканям относятся образующая нередко непосредственно под эпидермисом колленхима, клетки которой имеют неравномерно утолщенные, неодревесневев-

шие оболочки, и склеренхима, представленная узкими, длинными, обычно одревесневающими волокнами.

Запасающая ткань предназначена хранить запасы питательных веществ. Ее клетки обычно паренхимны, т.е. длина, ширина и толщина примерно одинаковы. Механические и запасающие клетки могут входить в состав древесины и луба. Система проветривания обеспечивает газообмен в теле растения. Она представлена специализированными группами клеток в покровных тканях – устьицами в эпидермисе, чечевичками в пробке. Через межклетники воздух атмосферы контактирует с воздухом заполняющим межклетники, пронизывающие остальные ткани растения.

#### ***2.4.7. Типы питания***

В неорганической материи постоянно протекали и протекают разнообразные физические и химические процессы, которые в совокупности обуславливают круговорот различных химических элементов на нашей планете. С появлением живых организмов этот круговорот все более трансформируется. Микроорганизмы, растения и животные не только вошли в большой геологический круговорот химических элементов, но и существенно его преобразовали.

Первыми организмами, вошедшими и преобразовавшими круговорот веществ на нашей планете, были микроорганизмы (прокариоты). Они в буквальном смысле преобразовали атмосферу, литосферу и гидросферу, создав тем самым благоприятные условия для возникновения и развития более высокоорганизованных организмов.

## **Особенности питания микроорганизмов**

Для роста и развития микроорганизмов необходим постоянный приток веществ и энергии из окружающей среды. Общие черты обмена веществ микроорганизмов сходны с обменом веществ высших организмов. Однако обмен веществ у микроорганизмов имеет и свои особенности. Важнейшей такой особенностью является **широкая метаболическая изменчивость**. Именно этот признак, прежде всего, позволяет микроорганизмам адаптироваться к различным условиям среды обитания и занимать обширные экологические ниши.

Микроорганизмы имеют свои *особенности и в потреблении питательных веществ*:

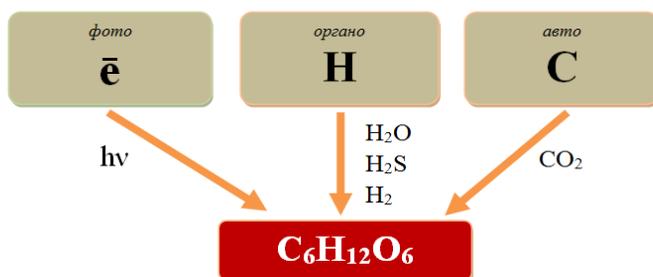
- Потребление питательных веществ идет с большой скоростью, что говорит о высоком уровне обмена веществ и энергии с средой их обитания.
- Поступление веществ идет через всю поверхность тела – голофитный способ питания.
- Микробные клетки поглощают только те вещества, которые находятся *в растворе*. Нерастворимые вещества подвергаются действию ферментов, выделяемых бактериями в среду (*экзоферменты*), это так называемое *внешнее переваривание*.

Поступление минеральных солей и воды в микробную клетку происходит теми же путями, что и в растительную (за счет осмоса).

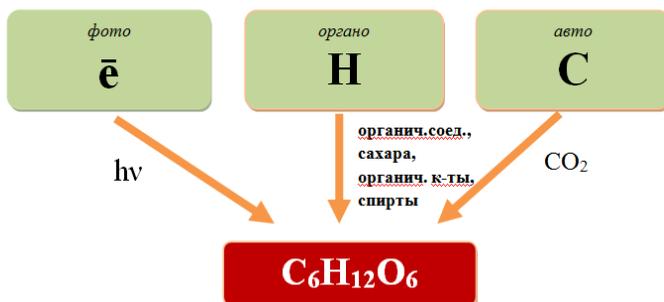
В отличие от растительных и животных организмов, имеющих один вполне определенный тип питания – соответственно автотрофный и гетеротрофный, прокариоты характеризуются многообразием типов питания. В процессе эволюции микроорганизмов были «апробированы» различные сочетания энергетического и конструктивного метабо-

лизма (рис. 22). Это привело к появлению нескольких типов питания. Для характеристики типов питания прокариот используют **в основном** одновременно **три критерия: источник энергии (E), N и C**. Одновременное использование этих трех критериев позволяет выделить **четыре основных типа питания**:

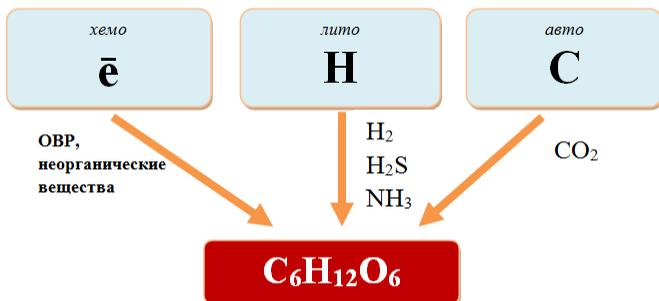
### Фото-лиго-автотрофы



### Фото-органно-автотрофы



### Хемо-лито-автотрофы



### Хемо-органо-гетеротрофы



Рис. 22.

**Фотоорганогетеротрофы:** (несерные пурпурные бактерии, *не основной тип питания*).

Таким образом, определенной группе микроорганизмов присущ определенный тип питания. Однако среди прокариот встречаются много видов бактерий, которые могут ме-

нять тип питания. Например, фотосинтезирующие бактерии (цианобактерии, зеленые и пурпурные бактерии) от фотолитоавтотрофного (ФЛА) питания могут быть переходить к фотоорганогетеротрофному (ФОГ) типу питания: Род *Thiobacillus* – от хемолитоавтотрофного (ХЛА) – к хемоорганогетеротрофному (ХОГ). Большинство прокариот имеют **хемоорганогетеротрофный тип питания** (ХОГ).

Высокая степень метаболической изменчивости микроорганизмов обуславливает широкие возможности к адаптации, что позволяет им приспосабливаться к различным условиям среды и занимать практически все экологические ниши на планете Земля.

Существенный вклад в преобразования атмосферы, литосферы и гидросферы внесли микроорганизмы, участвующие в превращениях азота. Биомасса растений и микроорганизмов формируется не только за счет *C, H, O*, но и *N*. Среди элементов **органогенов** азот занимает четвертое место. Содержание этого элемента наиболее часто является лимитирующим фактором, от которого зависит нормальный рост и развитие не только растений, но и самих микроорганизмов. Это обусловлено, с одной стороны, большой физиологической значимостью данного элемента, а с другой – ограниченным его содержанием в почве. В атмосфере нашей планеты содержится 78% азота, но он не усваивается растением. Вместе с тем все соли азотной кислоты растворимы.

Азот входит в состав важнейших химических соединений, которые выполняют основные структурные и каталитические функции у всех организмов, населяющих нашу планету:

- Составная часть таких важнейших соединений, как белки и нуклеиновые кислоты (до 19%), а это носители жизни.

- Азот содержат фосфолипиды, играющие огромную роль как составная часть всех мембран клеток.

- Входит в состав порфиринов, которые лежат в основе таких соединений, как хлорофилл и цитохромы. Последние играют важную роль в процессе фотосинтеза и дыхания.

- В состав многих компонентов и простатических групп (NAD, NADP) и т.д.

- Важнейшие фитогормоны растений – ауксины и цитокинины также содержат азот.

Таким образом, все основные жизненно важные функции растений, животных и микроорганизмов, связанные с превращением *вещества, энергии, информации и формы*, во многом предопределяются азотным обменом. Поэтому изучение круговорота азота в природе представляет, как теоретический, так и практический интерес.

По отношению **к азоту** прокариоты разделяют на **аминоавтотрофы**, которые способны усваивать неорганический (молекулярный азот) атмосферы. К ним относят свободноживущие и симбиотические формы микроорганизмов (азотофиксаторов). И **аминогетеротрофы** (аммонифицирующие бактерии), выделяющие в среду протеолитические экзоферменты, катализирующие расщепление пептидных связей в молекулах белков с образованием мелких осколков полипептидов и олигопептидов. Последние относительно легко проникают через мембрану бактериальной клетки и расщепляются внутриклеточными ферментами – пептидазами до аминокислот. Образовавшиеся аминокислоты служат важнейшим субстратом как для анаболизма, так и катаболизма для микробной клетки.

Согласно современным представлениям все проявления жизни сводятся к четырем превращениям: вещества, энергии, информации и формы, которые тесно сопряжены между

собой. Механизмы, лежащие в основе этих фундаментальных превращений, определяются во многом свойствами уникальных химических элементов – органогенов. Это особая группа таких атомов, как водород ( $H$ ), кислород ( $O$ ), углерод ( $C$ ), азот ( $N$ ), фосфор ( $P$ ) и сера ( $S$ ). Ключевую роль среди органогенов играют  $C$ ,  $H$  и  $O$ . Именно эти органогены в процессе химической эволюции вещества стали материальной основой для возникновения таких важнейших функциональных групп, как гидроксильная, карбонильная, карбоксильная и сложнэфирная, которые, в свою очередь, обуславливают свойства многих органических молекул, играющих существенную роль в метаболизме клетки.

Первостепенная значимость **углерода** ( $C$ ), в том, что он «способен» строить комплексы молекул с большим запасом атомов водорода ( $H$ ); углерод, таким образом, может запасть, концентрировать атомы  $H$  (и, следовательно, электроны) и создавать вследствие этого органические комплексы с большим запасом внутренней энергии. Особенность и уникальность **водорода** предопределяется тем, что он имеет всего лишь один легко диссоциируемый электрон, который способен взаимодействовать системами разного уровня энергии и участвовать как в процессах освобождения энергии, так и ее накопления. Благодаря этому уникальному свойству водород рассматривают как *основное биологическое горючее*. Конечным акцептором электронов и протонов у аэробов служит **кислород** ( $O_2$ ). Такое взаимодействие приводит к образованию молекул воды, которые характеризуются максимальной величиной окислительного потенциала и минимальной энергией. Следует отметить, что в качестве таких акцепторов могут выступать и другие соединения.

Исходя из химического состава прокариотический клетки следует, что для синтеза основных макромолекул

она в качестве источников питания должна получать и кислород. По источнику кислорода прокариоты делят на две основные группы: **аэробы** и **анаэробы**. Аэробные прокариоты не способны жить и развиваться только при наличии в среде свободного кислорода, который используется в качестве окислителя. Кислород является конечным акцептором электронов. Особое место среди аэробных микроорганизмов занимают те, которые способны к фотосинтезу – цианобактерии (синезеленые водоросли) и одноклеточные зеленые водоросли. Выделяемый ими кислород (совместно с другими фотосинтетиками) обеспечивает существование и развитие всех остальных аэробов.

Анаэробные прокариоты способны жить и развиваться при отсутствии в среде свободного кислорода. Эта группа прокариот в качестве окислителей использует органические вещества. Они осуществляют различные типы брожений, при которых образуются восстановленные соединения – спирты, жирные кислоты и др. Другие анаэробы – (денитрифицирующие, сульфатвосстановливающие, метанобразующие бактерии) используют неорганические окислители – окисное железо, нитрат, соединения серы,  $CO_2$ . Анаэробные бактерии разделяются на группы маслянокислых, молочнокислых, пропионовокислых и т.д.

По отношению к кислороду анаэробных прокариотов делят на **облигатных** (кლოსидии, динитрофицирующие и метанообразующие бактерии), которые не способны использовать кислород в обмене (кислород для них ядовит) и **факультативных** (для многих бактерий, дрожжей, мицелиальных грибов), которые могут переходить от анаэробноза к росту в среде с кислородом (первая стадия – анаэробная, далее следует аэробная фаза). Некоторые облигатные анаэробные микроорганизмы очень чувствительны даже к

следам кислорода, в его присутствии они погибают. Факультативные анаэробы могут существовать как в аэробных, так и в анаэробных условиях, т.е. могут использовать в качестве акцептора электронов либо кислород, либо органическое вещество. Анаэробные организмы развиваются в условиях, когда кислород полностью используется аэробными организмами, например, в сточных водах, илах. Эти микроорганизмы широко используются в технической микробиологии для производства спирта, органических кислот, в очистке сточных вод. Отдельные анаэробные микроорганизмы являются патогенами и вызывают такие тяжелые инфекции, как столбняк и газовая гангрена.

Из всех ныне существующих живых клеток наиболее независимое существование ведут те **виды сине-зеленых водорослей**, которые способны и к **фотосинтезу** и к **фиксации азота**. Эти прокариоты обитают повсюду – в почве, пресных водах и море. *Энергию* они получают от солнца, *азот* – из атмосферы, источником *углерода* служит для них  $CO_2$ , а донором электронов для восстановления  $CO_2$  – вода. Полагают, что первыми организмами, заселившими землю в процессе эволюции, были сине-зеленые водоросли. Эта гипотеза подкрепляется интересным наблюдением, сделанным много лет назад. После извержения вулкана Кракатау (в 1883 г.), когда все живое на обширной территории было уничтожено, первыми вновь утвердившимися здесь организмами были *сине-зеленые водоросли, способные фиксировать молекулярный азот*.

Жизнедеятельность любого живого организма обусловлена не только превращениями различных веществ, но и превращениями **энергии**. Для прокариот и эукариот доступны два вида энергии: электромагнитная (кванты света определенной длины) и химическая энергия окислительно-восстановительных реакций. Растения используют как

электромагнитную энергию, так и химическую энергию процесса дыхания. Животные используют энергию, освобождающуюся при окислительно-восстановительных реакциях дыхания.

Прокариоты обеспечивают себя энергией различными способами. **Анаэробные** прокариоты, являющиеся более древней эволюционной группой, довольствуются химической энергией различных типов брожения. Энергетический выход всех типов брожений – незначительный. Значительная часть прокариот извлекают энергию из реакций **аэробного окисления** различных органических субстратов. Промежуточное положение занимают факультативные анаэробы, которые способны перестраивать свой метаболизм с аэробного окисления органических веществ субстрата к анаэробному нитратному или сульфатному дыханию. Уникальной группой являются хемолитотрофные прокариоты, которые используют химическую энергию реакций аэробного окисления неорганических веществ ( $H_2$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $H_2S$ ,  $Fe^{2+}$  и др.). В особую группу выделяют сине-зеленые водоросли и фотосинтезирующие бактерии, которые могут использовать как электромагнитную энергию, так и энергию реакций окисления различных органических и неорганических восстановленных соединений. Все виды энергии, извлеченные прокариотами из различных субстратов, используются для синтеза высоко энергетических соединений с фосфатной связью: аденозинтрифосфата (АТФ), уридинтрифосфата (УТФ), гуанозинтрифосфата (ГТФ) и др. Ключевым энергетическим эквивалентом в реакциях переноса энергии в метаболических процессах является АТФ. При гидролизе одного остатка фосфорной кислоты освобождается значительное количество энергии – 31,8 кДж/моль, которая используется на все физиолого-биохимические про-

цессы, лежащие в основе жизнедеятельности прокариотической клетки. Часть энергии может запасаться клеткой в форме высокополимерных запасных веществ.

Для целостного представления об особенностях типов питания микроорганизмов целесообразно сконструировать обобщенную модель (схему), которая будет, в определенной степени, отражать сущность всех известных превращений вещества и энергии в метаболизмах прокариотических клеток (рис. 15). Конструируя подобную модель, обучающиеся не только усваивают конкретный материал по предмету, но и фундаментальную **методологию познания** природы, сущность и значимость которой Ф. Энгельс зафиксировал в своем учении о понятии: «Единичность, особенность и всеобщность – вот те три определения, в которых движется все «Учение о понятии» [240, с. 194].

#### ***2.4.8. Общая модель взаимосвязи метаболических процессов растительной клетки как метапредметная основа изучения физиолого-биохимических явлений в курсе биологии***

Современная мыследеятельностная педагогика Ю.В. Громыко, декларирующая в качестве основной цели формирование теоретического мышления и универсальных способов деятельности, опирается, прежде всего, на принципы теорий «Развивающего обучения» и «Содержательного обобщения», сформулированных 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 со-

держательная 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.

Многолетний опыт автора в педвузе позволяет констатировать, что выстраивание биологических дисциплин на основе образно-знаковых моделей высокого уровня общности позволяет заложить метапредметный фундамент для понимания обучающимися сущности организации и функционирования всех уровней биологической формы движения материи.

В основе метаболизма растительной клетки лежит совокупность химических (биохимических) реакций, обеспечивающих клетку и растительный организм в целом пластическим и энергетическим материалом, который используется для ее жизнедеятельности, роста и развития. Тесно связанные биохимические реакции принято объединять в группы, и на этой основе выделять частные метаболизмы, такие как белковый, липидный, нуклеиновый, углеводный и другие.

Уникальность и значимость углеводного метаболизма растительной клетки определяется тем, что его основное звено – фотосинтез – является не только основой анаболизма для растительной клетки, но и для всех других организмов на нашей планете (кроме хемосинтетиков). Главный продукт фотосинтеза – глюкоза. Она является *резервом пластического* (строительного) материала и *энергии* для синтеза всех органических веществ клетки. Химические связи глюкозы (особенно между углеродом и водородом) содержат много энергии, однако они достаточно устойчивы и их энергия не может быть напрямую использована на процес-

сы жизнедеятельности клетки. Данная проблема разрешается во втором звене углеводного метаболизма – дыхании, где происходит окисление глюкозы, сопровождающееся образованием АТФ и промежуточных метаболитов.

Итак, фотосинтез и дыхание являются важнейшими звеньями углеводного метаболизма, поставляя промежуточные метаболиты и энергию для всех других метаболизмов (белкового, липидного, нуклеинового и др.) растительной клетки. Для наглядности взаимосвязи метаболических процессов растительной клетки нами разработана *общая модель взаимосвязи метаболических процессов растительной клетки*, которая может служить в качестве метапредметной основы при изучении всех физиолого-биохимических процессов (других метаболизмов) в курсе биологии (рис. 23). Данная модель должна быть постоянно в поле зрения, как педагога, так и обучающихся, и определять общую стратегию изучения метаболизма растительной клетки как целостной сопряженной системы. В школьных учебниках по общей биологии допускается грубая ошибка в толковании сущности дыхания, где ему приписывается роль только как поставщика энергии и совсем не отмечаются промежуточные метаболиты, которые образуются в этом процессе.

Выход биологии на молекулярный и субмолекулярный уровни, предопределяют запрос на разработку идеальных моделей высокого уровня обобщенности, которые послужат метапредметной основой для интеграции знаний в рамках курса биологии. Разработанная нами общая модель взаимосвязи метаболических процессов растительной клетки как раз направлена на достижение поставленной цели.

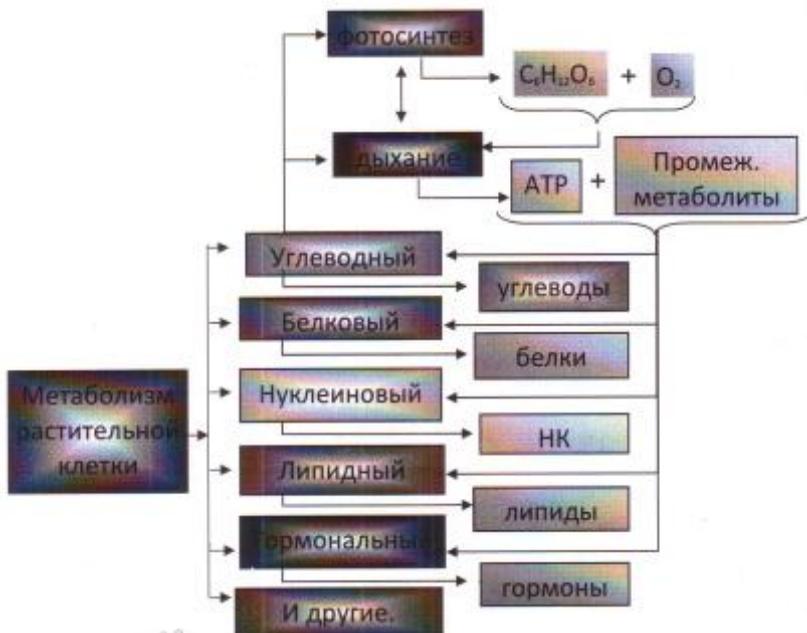


Рис. 23. Общее представление о взаимосвязи метаболических процессов растительной клетки

#### **2.4.9. Взаимосвязь метаболических процессов в растительных клетках**

Понимание сущности взаимосвязи метаболических процессов в растительных клетках является метапредметной основой для ее изучения. На рис. 24 представлена модель из учебника «Физиология растений» В.В. Полевого (1989), которая нами дополнена и конкретизирована [136].

Краткий комментарий к данной модели может быть следующим. В процессе фотосинтеза, в который входят ФС1, ФС2 и цикл Кальвина образуются гексозы (углеводы). Часть этих гексоз используется как мономеры для синтеза полисахаридов клеточных стенок. Основная часть гексоз поступает в **дыхательный метаболизм**.

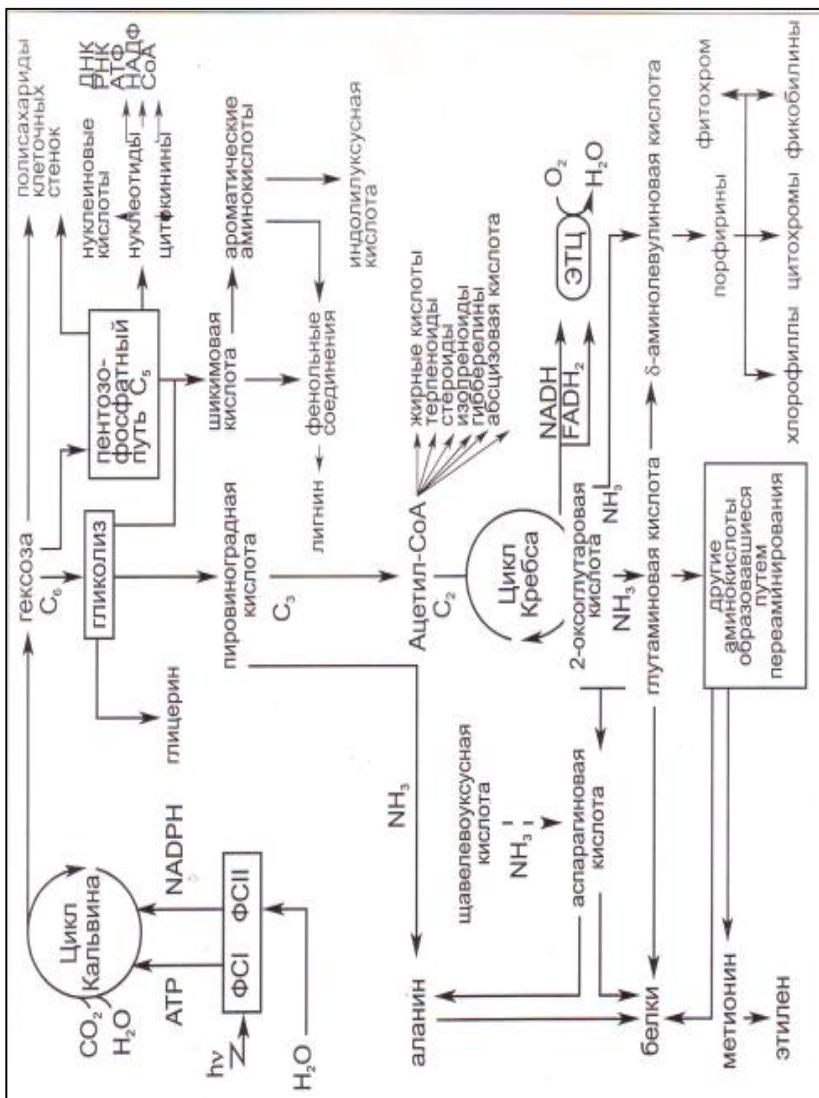


Рис. 24. Взаимосвязь метаболических процессов в растительных клетках (Полевой В.В., 1989)

В растительной клетке существует два пути дыхания: гликолитический и пентозофосфатный, которые тесно свя-

заны между собой. Основным путем дыхания является гликолитический. Некоторые авторы считают, что пентозофосфатный путь является шунтом в гликолитическом пути дыхания.

*Гликолитический путь включает:* гликолиз, цикл Кребса, ЭТЦ, где происходит их поэтапное окисление глюкозы до углекислого газа и воды. В процессе этого окисления образуется достаточно много промежуточных соединений, менее сложных органических веществ: органических кислот, ФГА, ФДА, ацелил-КоА. Они используются для синтеза аминокислот, липидов, терпеноидов, стероидов, изопреноидов и др. Из этих метаболитов синтезируются белки, полисахариды, липиды. Они, в свою очередь, служат строительным материалом для всех структурных компонентов растительной клетки. Такие вторичные метаболиты, как и абсцизовая кислота, гиббереллины, этилен, выполняют функции фитогормонов. Кроме того, в гликолитическом пути при окислении одной молекулы глюкозы образуется 38 АТФ (в модели не отмечены).

В пентозофосфатном пути при окислении одной молекулы глюкозы образуется 36 АТФ и промежуточные метаболиты (пентозы), которые используются для синтеза нуклеотидов. Они лежат в основе строения таких важнейших биологических соединений, как: ДНК, РНК, АТФ, NADPH, ацетил коэнзима А, некоторых фитогормонов (цитокинина), фенолов. Промежуточные метаболиты данного пути дыхания используются для синтеза фитогормона – индолилуксусной кислоты и лигнина.

Таким образом, дыхание является важнейшим звеном углеводного обмена. Этот процесс соединяет фотосинтез с другими физиолого-биохимическими процессами, в результате чего клеточный метаболизм функционирует как единая сопряженная система.

#### **2.4.10. Локализация и взаимосвязь физиолого-биохимических процессов в растительной клетке**

Для понимания сущности растительной клетки как элементарной сопряженной живой системы необходимо опираться на следующие категории и принципы:

– принцип сопряжения, который отражает организацию, эволюцию объектов и явлений природы и обеспечивает их новое качество. *Последовательные сопряженные процессы выступают как существенная сторона организации динамических неравновесных систем;*

– диалектическую пару категорий «форма и содержание»;

– физико-химические основы жизнедеятельности клетки.

Растительная клетка как элементарная биологическая система содержит в себе («в скрытом виде») многие виды сопряжения, которые «унаследовала» от физической и химической форм движения материи: сопряженные электроны, сопряженные связи высокомолекулярных соединений, сопряженные окислительно-восстановительные реакции, энергетическое сопряжение и т.д. В процессе биологической эволюции возникли качественно новые виды сопряжения – сопрягающие мембраны и сопрягающие органеллы. В свою очередь, мембранный принцип организации материи обеспечил возникновение такой уникальной сопряженной системы как клетка, которой присуще явление жизни.

В основе строения растительной клетки лежит мембранный принцип, который обеспечил ее разделение на отдельные отсеки – компартменты, что позволяет одновременно протекать в микроскопическом объеме клетки различным физиолого-биохимическим процессам (рис. 25).



Вместе с тем такое уникальное свойство мембраны, как полупроницаемость, обуславливает взаимосвязь (сопряжение) между этими физиолого-биохимическим процессами. В итоге, клеточный метаболизм функционирует как целостная система, в которой тесно сопряжены превращения вещества, энергии и информации.

Основными структурами, в которых происходит превращение вещества и энергии, являются такие полуавтономные органеллы, как хлоропласты и митохондрии. Эти структуры клетки тесно *сопряжены* с окружающей средой, из которой они получают исходные неорганические вещества и энергию, которые используют для процессов жизнедеятельности растительной клетки. В хлоропластах происходит самый уникальный процесс нашей планеты – фотосинтез, в котором синтезируются органические вещества (углеводы), из неорганических веществ внешней среды – углекислого газа и воды, под действием квантов солнечного света. Углеводы для растительной клетки являются резервом энергетического и пластического материала. Однако их химические связи достаточно устойчивы, а потому эта форма энергии не может быть непосредственно использована на процессы жизнедеятельности клетки. Данная проблема решается во втором звене углеводного метаболизма – дыхании. В этом процессе происходит поэтапное окисление глюкозы. Первые два этапа этого процесса (гликолиз и окислительное декарбоксилирование) протекают в цитоплазме. Последующие этапы (цикл Кребса и окисление в ЭТЦ) идут в митохондрии. Важнейшими продуктами этого процесса являются АТФ и промежуточные метаболиты (менее сложные органические вещества). Эти продукты используются для синтеза всех органических веществ растительной клетки (углеводов, белков, липидов, нуклеиновых

кислот, гормонов, пигментов и т.д.). Углекислый газ и вода могут повторно быть использованы для фотосинтеза или выделиться в окружающую среду.

Промежуточные продукты пентозофосфатного пути дыхания (который локализован в цитоплазме) – пентозы необходимы для синтеза нуклеотидов. Последние являются основой для таких соединений, как нуклеиновые кислоты, АТФ, NADPH, ацетил КоА и цитокинин. Таким образом, клетка функционирует как *целостная система, в которой тесно сопряжены процессы превращения вещества, энергии и информации.*

При выявлении сущности дыхания в вузовских курсах биологии у студентов возникают существенные трудности. Это обусловлено наличием грубых ошибок в трактовке содержания данного понятия в большинстве школьных учебников по общей биологии, которые затем проявляются при изучении вузовских курсов и непониманием методологической роли категории сопряжения.

#### ***2.4.11. Пигменты листа: творческий проект***

##### ***Фотосинтетические пигменты: хлорофиллы, каротиноиды***

Уникальные свойства молекулы играют определяющую роль в процессе фотосинтеза, обеспечивающего всю биосферу энергией, излучаемой солнцем. Поэтому неслучайно выдающийся физиолог растений К.А.Тимирязев, являющийся основоположником учения о фотосинтезе, назвал хлорофилл самым уникальным веществом на Земле. Он обосновал положение, что молекулы хлорофилла являются посредниками между всеми живыми организмами на земле и солнцем. Это послужило ему аргументом для высказывания, что функция хлорофилла может быть по праву названа

*космической функцией* растения. Отсюда следует, что по своей уникальности и значимости для функционирования клеток хлорофилл можно сравнить с белками и нуклеиновыми кислотами, на биосинтез которых также тратится солнечная энергия, первоначально поглощенная и преобразованная при участии хлорофилла. Правомерность такого сравнения была нами обоснована ранее.

Из известных металло-порфиринов ключевая роль принадлежит зеленому пигменту – хлорофиллу. Уникальная структура молекулы хлорофилла предопределяет ее уникальные свойства – ***оптического и химического сенсбилизатора***. Хлорофилл избирательно *поглощает энергию красных (часть) и сине-фиолетовых лучей и преобразует ее в энергию электронного возбуждения*. Это свойство не является специфичным только для магний-порфиринов, оно присутствует и другим соединениям, не имеющим тетрапиррольную структуру, например, каротиноидам. ***Каротиноиды***, как дополнительные пигменты, выполняют две важных функции: 1) поглощают свет в сине-фиолетовой и синей частях спектра и передают энергию на молекулы хлорофилла; 2) защищают молекулу хлорофилла от необратимого фотоокисления. Однако функцию преобразования электромагнитной энергии в химический потенциал (***химический сенсбилизатор***) осуществляют только магний-порфирины, то есть ***хлорофиллы***.

Об уникальных свойствах хлорофилла свидетельствуют высказывания ученых разных областей естествознания. Еще Ч. Дарвин писал, что хлорофилл – это, быть может, самое интересное из органических веществ. За счет энергии поглощенного кванта хлорофиллы реакционного центра осуществляют межмолекулярный перенос электрона – так называемый элементарный окислительно-восстановитель-

ный акт. В результате первичных процессов фотосинтеза образуются восстановленные продукты ( $NADH$  и  $NADPH$ ), а также АТФ. Энергия, запасенная в этих соединениях, используется затем для биохимических превращений углерода в темновой фазе фотосинтеза. Таким образом, свет, поглощенный хлорофиллами, преобразуется в потенциальную химическую энергию органических продуктов фотосинтеза.

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

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

При изучении оптических свойств хлорофилла к обучающимся были применены два методических подхода. Суть первого подхода заключалась в создании проблемной ситуации, которая предопределяла выполнение небольшого

эксперимента. Обучающимся предлагалось рассмотреть разные по форме листья растений и спиртовую вытяжку хлорофилла через синий светофильтр. При этом они обнаруживали, что листья имеют красный, а точнее малиновый цвет (рис. 26).

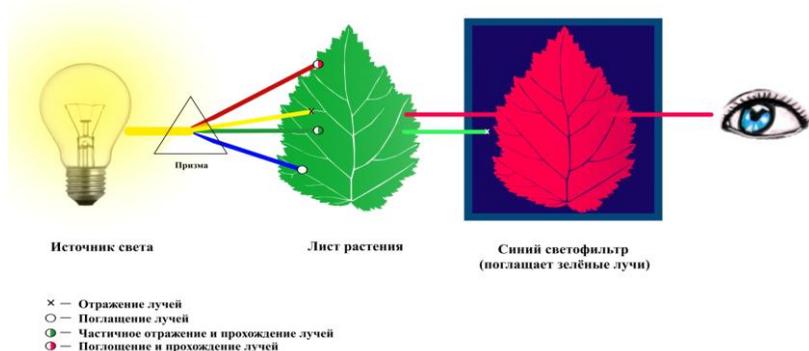


Рис. 26. Рассмотрение зеленого листа через синий светофильтр

Значимость второго методического подхода заключалась в необходимости смоделировать проделанный эксперимент, то есть сконструировать *теоретическую* модель, которая сделает его сущность наглядной. Организация такой деятельности была направлена на решение следующих задач: создать условия для формирования *творческой личности*; включить обучающихся в процесс по развитию *творческого мышления*; сформировать системные знания, вооружить обучающихся естественно-научной грамотностью, что, по мнению С.В. Суматохина, является важнейшим показателем качества школьного биологического образования [176].

Для объяснения этого эффекта экспериментаторы выдвигали разные гипотезы, которые, как правило, не объясняли его сущности. После этого им сообщалось, что синий светофильтр поглощает зеленые лучи. Учитывая данную

информацию обучающиеся конструировали теоретическую модель, которая была призвана сделать сущность увиденного ранее оптического эффекта наглядной. В процессе подготовки такой модели обучающиеся имели возможность консультироваться с педагогом и, при необходимости, внесли коррективы в свои модели. В конце занятия демонстрировалась модель преподавателя (рис. 26), которую обучающиеся могли сравнить со своими моделями и, при необходимости, еще раз их корректировали.

### ***Антоцианы***

После хлорофилла в растительном мире широко распространены красные, синие и фиолетовые пигменты, которые объединены в общую группу антоцианов (от греческих – «антос» – цветок, «цианос» – лазоревый, голубой).

Многообразие окраски плодов, ягод, цветков, листьев растений связано с антоцианами и обусловлено как внешними, так и внутренними факторами организма – температурой воздуха, освещением, питанием, кислотностью клеточного сока и др. Антоцианы содержатся в растениях исключительно в форме гликозидов, в которых остатки сахаров – глюкозы, галактозы или рамнозы – связаны с окрашенным агликоном – антоцианидином, истинным красителем.

Антоцианы поглощают лучи, малодоступные для хлорофилла. Их спектр поглощения характеризуется двумя максимумами в областях 250–300 нм и 500–550 нм. Они легко растворимы в кислотах, ***спирте, воде***, эфирах и других растворителях. Потенциально возможность синтезировать антоцианы имеют почти все высшие растения, но значительное накопление этих соединений и проявление специфической окраски наблюдается только у некоторых из них под влиянием условий выращивания. У некоторых растений антоцианы находятся в бесцветной форме.

Изменение окраски, подобно индикатору, у антоцианов и антоцианидинов часто связано с кислотностью ( $pH$ ) среды. Кислая почвенная среда вызывает изменение окраски, например, у герани скальной с синими цветками появляются розовые лепестки. В период цветения растений окраска цветков может изменяться, что часто связано с реакцией клеточного сока, в молекулах пигмента происходят сложные химические перестройки.

Антоциан краснокочанной капусты (*Brassica oleracea L.*) тоже исследован как индикатор. Спиртовая вытяжка из листьев этой капусты красно-фиолетового цвета и изменяет окраску в зависимости от  $pH$  среды: при  $pH$  4–5 она розовая, 2–3 – красная, 7–8 – синяя, 8 – зеленая, 9 – зелено-желтая, 10 – желто-зеленая, выше – желтая. Образованию антоцианов благоприятствуют пониженные температуры. В холодные периоды вегетации, весной и осенью, в растениях накапливается наибольшее количество антоцианов. Это связано с усилением интенсивности защитных окислительных процессов. Антоцианы используются в пищевой промышленности, медицине. Они обладают бактериостатическим действием. Повышают регенерацию зрительного пурпура, улучшают зрение (Т.С. Лебедева, К.М. Сытник, 1986).

***Лабораторно-практическая работа:***  
***Зависимость окраски антоцианов от  $pH$  среды***

Материалы и оборудование: краснокочанная капуста, 10%-й раствор  $CH_3COOH$ , 10%-й раствор  $KOH$ , кристаллическая щелочь, дистиллированная вода, штатив с пробирками, весы, разновесы, водяная баня, колба на 100 мл, карандаш по стеклу, ножницы, пинцет, лакмусовый индикатор, микропипетка, глазные пипетки.

Ход работы:

- 3–5 гр. листьев краснокочанной капусты измельчить ножницами и поместить в термостойкую колбу.

- Залить 30–50 мл воды и поставить в кипящую водяную баню на 10–15 минут.
- Полученную вытяжку охладить.
- Пронумеровать пять пробирок.
- В каждую пробирку налить по 3–4 мл вытяжки.
- Раствор в пробирке 1 оставить в качестве контроля. В остальные добавить реактивы в соответствии со схемой опыта (см. табл. 1).
- Пронаблюдать за изменением окраски растворов,  $pH$ .
- Результаты занести в таблицу.
- Сделать выводы.

Таблица 1

№ пробирки	Вариант опыта	Окраска раствора	$pH$
1	Контроль		
2	+ 3–5 капель 10%-го раствора $CH_3COOH$		
3	+ микрокаплю 10%-го раствора $KOH$		
4	+ 2–3 капли 10%-го раствора $KOH$		
5	+ 2–3 кристаллика щелочи		

Выводы.

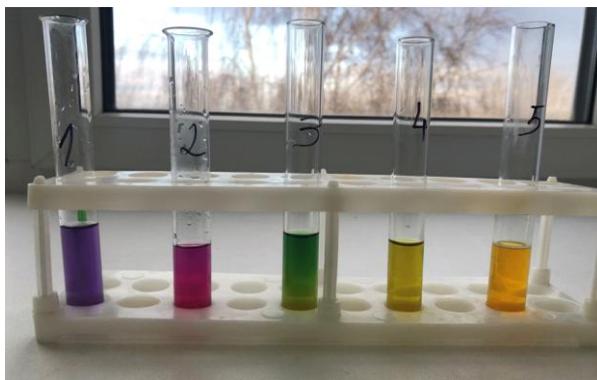


Рис. 27. Зависимость окраски антоцианов от  $pH$  среды

### ***Творческий проект: Пигменты листа.***

**Цель:** конструирование общественно значимого проектного продукта – материального стенда «*Пигменты листа*», который будет выполнять функцию учебного пособия при обучении биологии.

**Проектный продукт:** учебное пособие: материальный стенд «Пигменты листа».

**Форма защиты:** презентация проектного продукта.

*Творческий проект* – это самостоятельная итоговая работа, результатом которой является полезный продукт, обладающий определенной новизной. По качественным характеристикам этого продукта можно судить, насколько глубоко авторы проекта усвоили теоретическое содержание разных разделов программы по биологии, физике и химии, насколько прочны их навыки и умения, приобретенные во время лабораторно-практических занятий по данным естественно-научным дисциплинам. Биолого-химические проекты – наиболее эффективный метод стимулирования учебно-познавательной деятельности обучающихся.

А.В. Хуторский рассматривает метод проектов как форму организации занятий, предусматривающую комплексный характер деятельности всех участников по получению образовательной продукции за определенный промежуток времени: от одного урока до нескольких месяцев.

**Защита проекта:** происходит в виде конференции обучающихся с показом презентаций и рассказом о проделанной работе, демонстрации результатов опытов.

Творческий проект «Пигменты листа» следует рассматривать как интегративное дидактическое средство развития, обучения и воспитания, которое позволяет вырабатывать и развивать специфические умения и навыки проектирования: проблематизация, целеполагание, планирование

деятельности, рефлексия и самоанализ, презентация и самопрезентация, а также поиск информации, практическое применение академических знаний, самообучение, исследовательская и творческая деятельность. Данный тип проекта по своей сути близок к проблемному обучению, которое предполагает последовательное и целенаправленное выдвижение перед обучающимися познавательных проблем, решая которые они под руководством педагога активно усваивают новые знания. Проблемное обучение обеспечивает прочность знаний и творческое их применение в *практической деятельности*. Кроме того, проектный метод имеет сходство с развивающим обучением. Развивающее обучение – активно-деятельностный способ обучения, при котором осуществляется целенаправленная учебная деятельность. При этом ученик, являясь полноценным субъектом этой деятельности, сознательно ставит цели и задачи самоизменения и творчески их достигает.



Рис. 28. Материальный стенд: Пигменты листа (фото)

#### ***2.4.12. Сопряжение статических и динамических моделей как метапредметная основа для понимания сущности фотофизического этапа фотосинтеза***

В работе показана эффективность метапредметного подхода, в основу которого положено сопряженное моделирование – совместное использование статических и динамических моделей для интерпретации фотофизического этапа фотосинтеза. Общая модель энергетических преобразований энергии квантов света на фотофизическом этапе представлена в учебнике по физиологии растений, автором которого является В.В. Полевой. Однако практика свидетельствует, что большинство обучающихся испытывают значительные трудности в интерпретации этой общей модели и установлении логических связей между ее элементами. Это послужило основанием для разработки еще 8 (дополнительных) статических моделей, содержание которых фиксирует отдельные энергетические преобразования, имеющие место на этом уникальном первоначальном этапе фотосинтеза. Кроме того, после интерпретации дополнительных моделей обучающиеся имели возможность наблюдать данный процесс, отраженный в динамической модели, которую сконструировал автор данной монографии.

Сопряжение статических и динамических моделей при изучении физиолого-биохимических процессов является весьма эффективным методом познания, так как позволяет достаточно быстро перейти от наглядно-образного типа мышления к обобщенно-образному, а от него к понятийному типу мышления. Моделирование как сопряженный метод познания может использоваться как в иллюстративном, так и в поисковом плане, это зависит от дидактических целей и методологического потенциала разработанных моделей.

Потребность в моделировании физиолого-биохимических процессов стала особенно 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.

На рис. 29 внимание обучающихся акцентировано на том, что кванты красного и сине-фиолетового цвета поглощаются электронами молекулы хлорофилла, находящимися в основном синглетном состоянии ( $S_0$ ) и обладающими минимальным запасом энергии. На рис. 30 зафиксировано, что электрон, поглотивший кванты красного света поднялся на более высокий энергетический уровень ( $S_1$ ). Для снятия вопроса студентов, почему возбужденный светом электрон поднялся только на первый уровень, в рисунок включена физическая формула, которая указывает, что длина волны и энергия квантов света находятся в обратной зависимости.

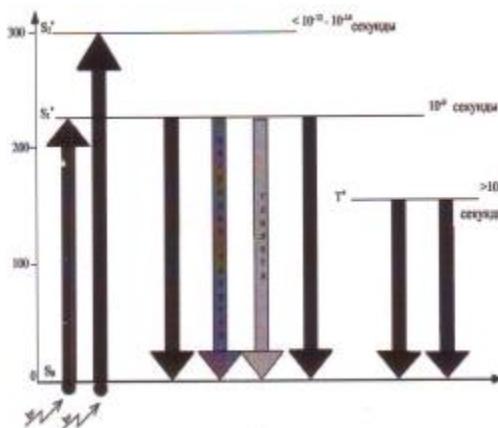


Рис. 29. Положение электронов в молекуле хлорофилла, находящейся в основном синглетном (\$S\_0\$) состоянии

$$E = h \frac{C}{\lambda}$$

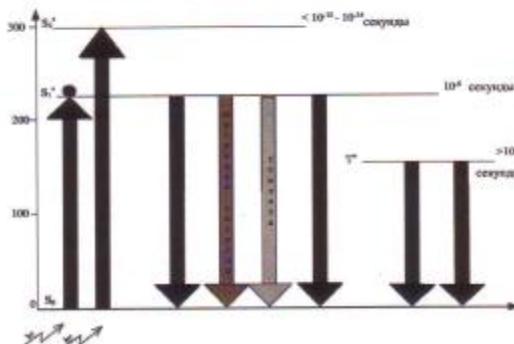


Рис. 30. Положение электрона в молекуле хлорофилла, после поглощения ею кванта красного света. (Молекула хлорофилла находится в первом синглетном возбужденном состоянии – \$S\_1^\*\$)

Обращаясь к рис. 31 (шкалы солнечного спектра), студенты убеждаются, что красные лучи являются длинноволновыми, и поэтому их кванты несут меньше энергии.

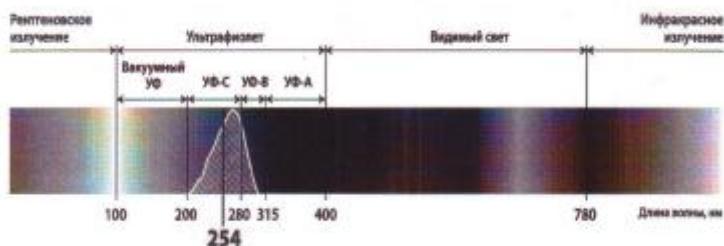


Рис. 31. Шкала электромагнитных излучений

На рис. 32 зафиксирован момент перехода электрона (находящего в основном синглетном состоянии), поглотившего кванты синего света, на более высокий энергетический уровень ( $S_2$ ). На этом же рисунке также имеется и формула, позволяющая объяснить данный эффект.

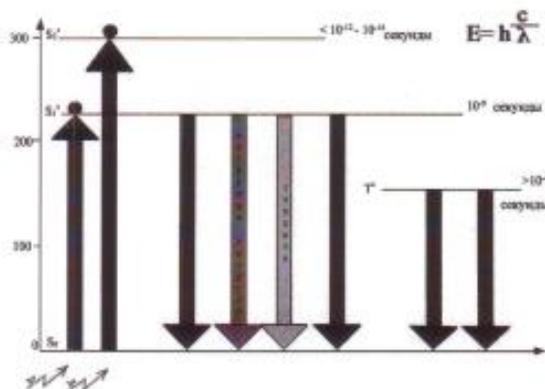


Рис. 32. Положение электрона в молекуле хлорофилла, после поглощения ею кванта синего света. (Электрон переходит на более высокую энергетическую орбиталь –  $S_2^*$ )

На последующих моделях отражены различные моменты (пути) преобразования и использования энергии возбужденных электронов молекулы хлорофилла. Судьба энергии электрона во многом зависит от его времени жизни на раз-

ных энергетических уровнях. При этом, чем выше энергетический уровень, на котором находится электрон, тем меньше временной период, в течение которого он может там находиться. Кроме того, имеется общая закономерность, согласно которой для преобразования или использования одной формы энергии, в другую необходим определенный промежуток времени.

Так, на рис. 33 зафиксировано, что время жизни электрона –  $S_2$  орбитали – самое наименьшее и составляет всего лишь  $10^{-12}$ – $10^{-14}$  секунды. Этого времени хватает только для того, чтобы электрон перешел на более низкий энергетический уровень ( $S_1$ ), а его энергия выделилась в виде тепла. По своей величине энергии данный электрон сравнялся с тем электроном, который поглотил кванты красного света. Дальнейшая судьба электронов, находящихся в первом синглетном состоянии, может быть различной. Они могут переходить либо в основное синглетное состояние ( $S_0$ ), либо спускаться на более низкий энергетический уровень – триплетный.

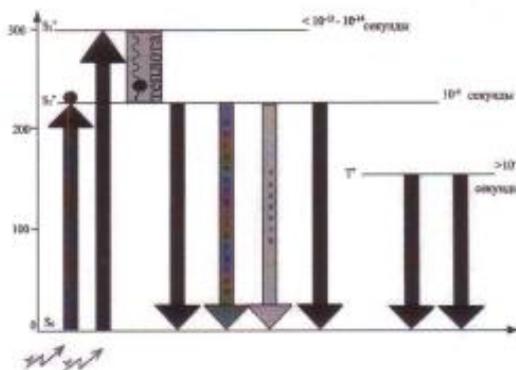


Рис. 33. Безизлучательный переход электрона с более высокой энергетической орбитали –  $S_2^*$ , на более низкую энергетическую орбиталь –  $S_1^*$ , сопровождающийся выделением энергии в виде теплоты

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. 34). При этом важно отметить, что в последнем преобразовании электрон не переходит в основное синглетное состояние, а покидает эту орбиталь и уходит в электронтранспортную цепь, где его энергия используется для синтеза таких энергетических эквивалентов, как АТФ и NADPH. Свободная же орбиталь ( $S_0$ ) будет заполнена электроном воды в процессе ее фотоокисления.

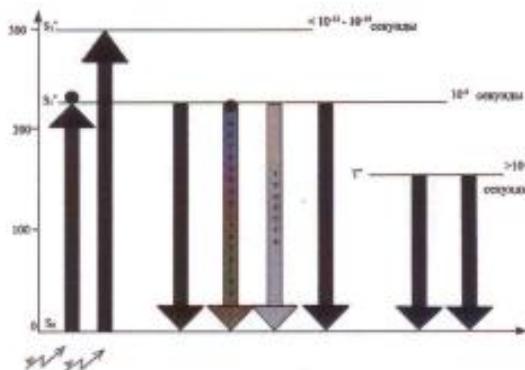


Рис. 34. Пути возвращения молекулы хлорофилла в основное состояние: с выделением теплоты, с испусканием света в виде флуоресценции, с миграцией энергии к невозбужденным молекулам хлорофилла, с использованием энергии на фотохимические реакции

Как уже было отмечено выше, с первого синглетного состояния электрон может переходить на более низкий энергетический уровень в молекуле хлорофилла – триплетный. При этом электрон теряет часть своей энергии, которая выделяется в виде теплоты (рис. 35). С триплетного уровня электрон может спускаться в основное синглетное состоя-

ние, а его энергия, в этом случае, будет испускаться в виде фосфорисценции (более длительного свечения) или потрачена на химическую работу (рис. 36). В последнем случае электрон покидает орбиталь триплетного уровня и поступает 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.

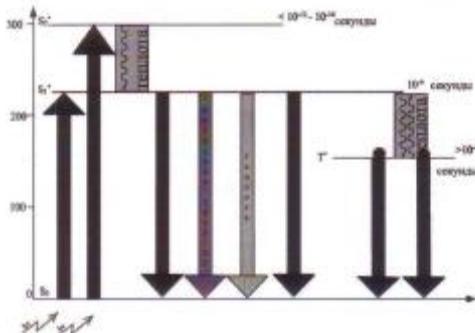


Рис. 35. Потеря энергии в виде теплоты при переходе молекулы хлорофилла из первого синглетного возбужденного состояния ( $S_1^*$ ) в триплетное состояние ( $T^*$ )

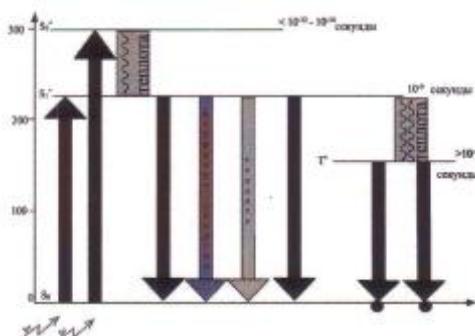


Рис. 35. Потеря энергии при переходе молекулы хлорофилла из триплетного возбужденного состояния ( $T^*$ ) в основное ( $S_0$ ) в виде фосфорисценции (слабого свечения) или использования энергии на фотохимические реакции

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» [65, с. 136].

Внедрение новых информационных технологий позволяет развить эту идею авторов и *сопрягать* в образовательном процессе для интерпретации фундаментальных теорий статические и динамические *flash*-модели. Такое моделирование, по-видимому, можно назвать сопряженным. Оно позволяет имитировать физиолого-биохимические процессы на молекулярном и даже электронном уровнях, проводить виртуальные наблюдения за этими процессами, останавливать их, детально рассматривать их строение и отдельные этапы. 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 обобщенно-образному, а от него к понятийному типу мышления. Сопряженное моделирование как метод познания может использоваться как в иллюстративном, так и в поисковом планах – это зависит от дидактических целей, методологического потенциала разработанных моделей. Использование блока дополнительных статических моделей, отражающих отдельные (конкретные) энергетические преобразования в сочетании с динамической моделью, демонстрирующей фотофизический

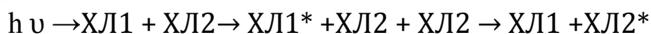
процесс в динамике, позволяет обучающимся убедиться в эффективности данного метапредметного подхода обучения, усвоить его и применить в их профессиональной деятельности.

#### **2.4.13. Механизм индуктивного резонанса**

Световая энергия, поглощенная большим числом молекул пигмента, используется одной химически активной системой, включающей молекулу (или группу молекул) пигмента и *сопряженные* с ней доноры и акцепторы электронов. Система подобного типа обеспечивает эффективное использование биохимических систем, осуществляющих с высокой скоростью преобразование всей поглощенной энергии. Молекулярная организация фотосинтетической единицы должна обеспечить эффективный перенос энергии к РЦ, поэтому решение данного вопроса тесно связано с вопросом о механизме миграции энергии в пигмент-белковом комплексе (ПБК) фотосинтетической единицы.

В хлоропластах находится около 1 млрд молекул хлорофилла. Все они поглощают кванты света, однако в дальнейшем преобразовании энергии участвует лишь часть молекул. Расчеты показали, что поглощенная энергия от 200–250 молекул хлорофилла мигрирует по физическому механизму *индуктивного резонанса* к длинноволновой молекуле пигмента (P680, P700), находящейся в составе реакционного центра, который структурно связан с энзиматической системой.

В основе этого механизма, предложенного Ферстером в 1948 г., лежит резонансное взаимодействие возбужденных молекул.



При возбуждении одной из молекул хлорофилла вокруг нее образуется переменное электромагнитное поле с определенной частотой колебаний. Если в непосредственной близости от нее (не более  $100 \text{ \AA}$ ) находится молекула пигмента с такой же частотой колебаний, то они образуют *резонансную систему*, в которой энергия электронного возбуждения одной молекулы может быть передана другой молекуле. В этом случае энергия возбуждения передается резонансным путем, без разделения зарядов и предварительного выброса в виде света флуоресценции (рис. 37).

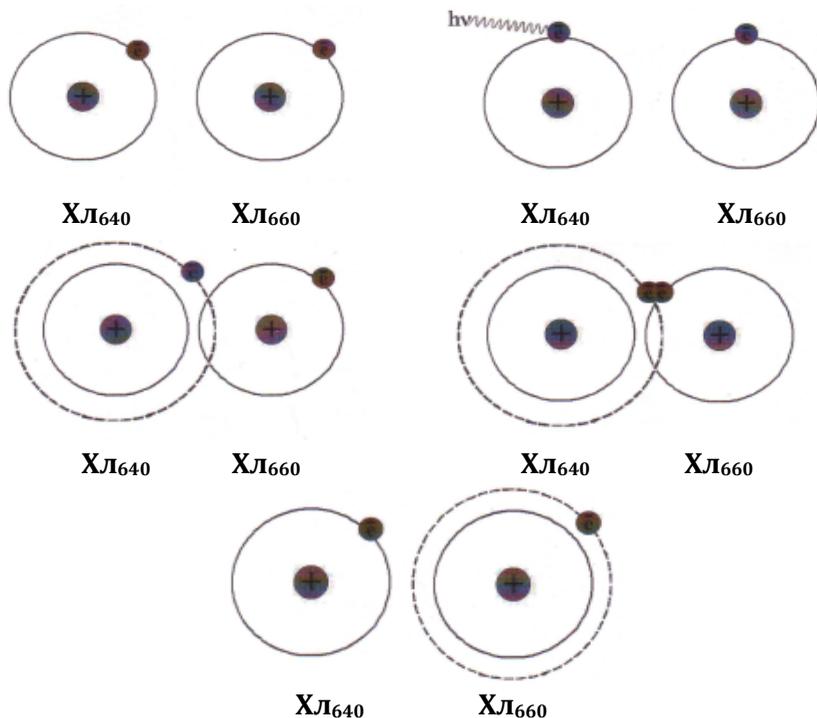


Рис. 37. Передача (миграция) энергии между молекулами хлорофилла по принципу индуктивного резонанса

Таким образом, для того, чтобы процесс индуктивного резонанса мог быть включен в процесс миграции энергии, необходимо довольно близкое расположение пигментов (не более 100 Å) и перекрывание их спектров поглощения. Известно, что в гранах расстояние между молекулами пигмента составляет 20–30 Å и они строго ориентированы (гидрофильный и гидрофобный полюса хлорофилла). Кроме того, пигменты образуют ассоциаты друг с другом.

Все это создает благоприятные условия для эффективного переноса энергии по типу индуктивного резонанса, КПД которого может достигнуть 90% и более (КПД переноса энергии от каротиноидов к хлорофиллу составляет 40%). Передача энергии возбуждения возможна только от пигментов, поглощающих свет с меньшей длиной волны, к пигментам, поглощающим свет с большей длиной волны. Обратный процесс невозможен. Поэтому основные формы хлорофилла (формы хлорофилла а), входящие в реакционные центры, к которым стекается энергия, имеют наибольшую длину волны и обозначаются P700, P680. Существуют и другие пути миграции энергии (полупроводниковый механизм и др.).

Поглощение 1 кванта света молекулами хлорофилла идет не чаще одного раза за 0,1 сек., а продолжительность синглетного состояния исчисляется  $10^{-10}$  сек. Если бы не существовало АБК, то большая часть молекул хлорофилла «простаивала» бы. Однако этого не происходит, так как на длинноволновые формы хлорофилла, входящие в РЦ (P680, P700), постоянно *резонансным путем* (за  $10^{-9}$  сек.) передается энергия от более коротковолновых форм пигментов, которые выполняют светособирающую функцию.

Выработка подобного механизма в процессе эволюции позволяет более полно использовать энергию света (КПД

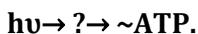
90%) и иметь компактный фотосинтетический аппарат. При увеличении концентрации пигментов (теневыносливые растения), в более плотной их упаковке и упорядоченности, приближающейся по характеру к кристаллической, скорость миграции энергии значительно возрастает, а КПД ее передачи достигает 100%.

Эволюционное появление ПБК необходимо рассматривать как важнейший **архимоз**, который позволяет более эффективно использовать солнечную энергию растительными клетками. Это положение подтверждается и экспериментальными данными.

#### ***2.4.14. Механизм образования АТФ и NADPH при фотофосфорилировании по П. Митчеллу***

Все биологические реакции сопровождаются изменениями энергии, так что термин «биоэнергетика» можно принять ко всей биологии. Центральной проблемой биоэнергетики на протяжении 30 лет было *выяснение механизма, с помощью которого энергия, освобождаемая при окислении субстратов или при поглощении света, может использоваться на синтез АТФ из ADP и P<sub>i</sub> или перенос ионов через мембрану против градиента их концентрации. Хотя синтез АТФ частично происходит и в растворимых ферментных системах (субстратное фосфорилирование), все же большая часть АТФ образуется в ферментных комплексах, расположенных в мембранах определенных классов. К таким «сопрягающим» мембранам относятся плазматическая мембрана прокариотических клеток (бактерий и сине-зеленых водорослей), внутренняя мембрана митохондрий и мембрана тилакоидов хлоропластов. Механизмы синтеза АТФ и транспорта ионов в этих мембранах весьма близки, несмотря на различную природу различных источников энергии.*

Это позволяет выделить изучение этих механизмов в отдельную область, названную *энергетическое сопряжение* или биоэнергетика. Сопрягающие мембраны имеют ряд отличительных черт. Каждая такая мембрана имеет белковые ансамбли двух типов. Один из них обычно называют АТР-азой, хотя более правильным было бы название АТР-синтетаза, т.к. он катализирует энергозависимый синтез АТР из ADP и P<sub>i</sub>. Этот комплекс присутствует во всех сопрягающих мембранах. Природа второго белкового ансамбля зависит от первичного источника энергии, используемого в данной мембране. В случае митохондрий и аэробных бактерий – это дыхательная цепь, катализирующая перенос электронов от субстратов к конечным акцепторам, таким как O<sub>2</sub>. В хлоропластах и фотосинтезирующих бактериях сходная система обеспечивает использование энергии поглощенных квантов света:



Поиск «энергетического интермедиата» (энергетического посредника, от лат. *intermedius* – находящийся по середине), связывающего эти две системы, оказался чрезвычайно сложной проблемой. Многолетние попытки найти высокоэнергетическое химическое соединение, *сопрягающее окисление с синтезом АТР*, не достигли успеха. Именно в этот момент на научной сцене появился Питер Митчелл со своей хемоосмотической гипотезой (ХОГ) (1961 г.), в которой утверждалось, что единственным «интермедиатом» служит *градиент протонов на мембране*. ХОГ была подвергнута самой тщательной проверке, пожалуй, более тщательной, чем любая другая биохимическая теория. В результате П. Митчеллу в 1978 г. была присуждена Нобелевская премия по химии.

Хемоосмотическая теория Митчелла в настоящее время является более распространенной, объясняющей **механизм образования АТФ**. При разработке этой теории автор использовал как собственные результаты опытов, так и экспериментальные данные других исследований.

Опытами Пэкера и Хинда было показано, что при освещении хлоропластов *in vitro* величина рН внешнего раствора возрастает, в то время как рН внутри тилакоидов понижается. На основании этих опытов Митчелл выдвинул предположение, согласно которому в результате работы ЭТЦ, локализованной в мембране тилакоидов, происходит активный перенос  $H^+$  через мембрану стромального пространства хлоропластов во внутритилакоидное пространство. В результате такого переноса происходит разделение зарядов и накопление протонов внутри тилакоидов. При этом на одной стороне мембраны возникает положительный, а на другой стороне отрицательный заряд. Образование такого градиента концентрации протонов на внутренней и внешней поверхностях тилакоидной мембраны и представляет собой богатое энергией состояние структур хлоропластов. Возникший **электрохимический мембранный потенциал является движущей силой для синтеза АТФ**.

Электрохимический потенциал ионов водорода ( $\Delta\mu_{H^+}$ ) включает две составляющие: концентрационную ( $\Delta pH$ ), возникающую в результате неравномерного распределения ионов  $H^+$  по обе стороны мембраны, и электрическую ( $\Delta\psi$ ), обусловленную возникновением противоположного заряда на поверхности мембран, т.е. образованием мембранного потенциала.

Основным доказательством определяющей роли рН в фосфорилировании являются опыты с кислотно-основными переходами, в результате которых было показано, что в

данных условиях синтез АТФ может осуществляться в темноте. Так, Ягендорф в своих опытах искусственно создавал градиент  $H^+$  в темноте в результате последовательного переноса хлоропластов из кислой среды в щелочную. При этом наблюдалось образование АТФ:



Подтверждают эту теорию и опыты с разобщителями. Так, при разобщении  $\Delta pH$  хлористым аммонием  $NH_4Cl$ , АТФ не образуется, хотя ток электронов происходит, о чем свидетельствует факт восстановления  $NADPH_2$  (или экзогенных акцепторов электронов).

Для восстановления хинона необходимы электроны, и он их получает от цитохрома, но кроме них для его восстановления необходимы и  $H^+$ , которые он забирает из наружной фазы (стромы хлоропласта). Далее  $P_x$  отдает цит, а  $H^+$  выделяется во внутритилакоидное пространство. Векторный перенос обусловлен анизотропией мембран.

Согласно последним представлениям, механизм преобразования электрохимической энергии в форму  $\sim \text{АТФ}$  сопряжен с функционированием АТФ-азного комплекса (косвенный механизм синтеза АТФ, см. в теме «Дыхание»).

Образование  $\Delta pH$  идет не только за счет работы **протонной помпы**, но и за счет **фотолиза воды**.

#### **2.4.15. Косвенный механизм синтеза АТФ при фотофосфорилировании**

Основным постулатом хемиосмотической теории Питера Митчелла является положение, согласно которому **энергетическое сопряжение** тока электронов с синтезом АТФ осуществляется через электрохимический градиент протонов. Один из возможных косвенных механизмов образования АТФ в комплексе  $F_1 - F_0$  можно представить динамиче-

ской моделью, в которой можно выделить несколько ключевых моментов в форме стоп-кадров (рис. 38).

Необходимость сопряжения динамических и статических моделей для иллюстрации физико-химических механизмов, лежащих в основе физиологических процессов, обусловлена психологическими особенностями восприятия подобного материала учащимися и студентами.

ADP и неорганический фосфат присоединяются к активному центру фермента, который называют АТФ-синтетазой, без притока свободной энергии (рис. 38, А). При создании определенного градиента протонов на мембране тилакоида открывается протонный канал (рис. 38, Б). Ионы  $H^+$ , перемещаясь по протонному каналу ( $F_0$ ) по градиенту своего электрохимического потенциала, связываются в определенных участках  $F_1$ , вызывая конформационные изменения фермента (рис. 38, В). Это приводит к сближению и взаимодействию ADP и  $P_i$ , в результате чего синтезируется АТФ (рис. 38, Г). Выход протонов в матрикс сопровождается возвратом АТФ-синтетазного комплекса в исходное конформационное состояние и освобождением АТФ (рис. 38, Д).

В энергизованном виде  $F_1$  функционирует как АТФ-синтетаза. При отсутствии сопряжения между электрохимическим потенциалом ионов  $H^+$  и синтезом АТФ энергия, освобождающаяся в результате обратного транспорта ионов  $H^+$  в матрикс, может превращаться в теплоту. Иногда это приносит пользу, так как повышение температуры в клетках активизирует работу ферментов.

При использовании данного метода надо учитывать, что учащиеся и студенты с интересом воспринимают зрительный ряд, объяснение, но в их памяти мало сохраняется знаний. Обычно они помнят наиболее яркие моменты, а не основной материал.

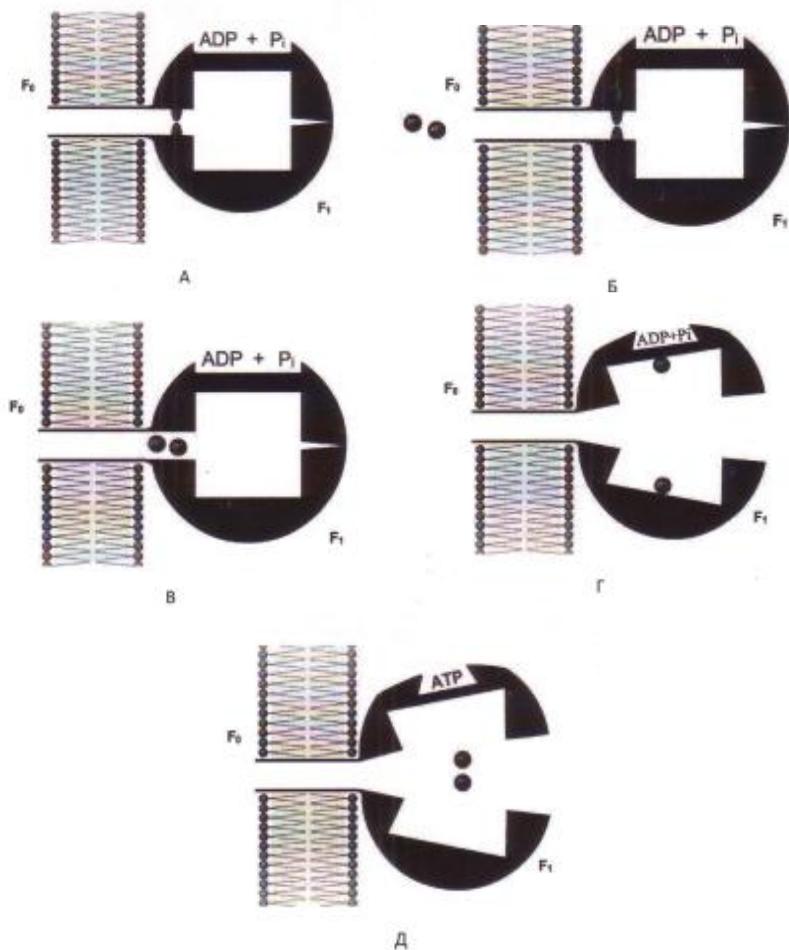


Рис. 38. Косвенный механизм синтеза АТФ при фотофосфорилировании

При работе с видеороликами в качестве источника знаний выступает сочетание слова учителя и изобразительной наглядности, статистических и динамических изображений. Они оказывают на учащихся эмоциональное воздействие, повышая познавательную активность и усвоение учебного

материала. В то же время в работе с экранными пособиями большая роль принадлежит учителю, который направляет внимание обучаемых на текст и зрительный ряд.

Для лучшего усвоения учащимися и студентами основного содержания видеоролика следует выделить основные положения, раскрывающие сущность изучаемого явления и которые необходимо конкретизировать при просмотре динамической модели. Такую работу следует первоначально выполнить при рассмотрении стоп-кадров. И только после этого продемонстрировать видеоролик в динамике.

Сопряжение статических и динамических моделей при изучении физиолого-биохимических процессов является весьма эффективным методом познания, так как позволяет достаточно быстро перейти от наглядно-образного типа мышления к обобщенно-образному, а от него к понятийному типу мышления. Моделирование как сопряженный метод познания может использоваться как в иллюстративном, так и в поисковом плане – это зависит от дидактических целей, методологического потенциала разработанных моделей. При изучении новых знаний преподаватель может ориентировать обучающихся на простой пересказ содержания или его *творческое* использование. Сложные по содержанию экранные пособия используются в иллюстративном плане. Применение экранных пособий для обобщения знаний основывается на выделении основных идей, на базе которых систематизируются фактические сведения.

#### ***2.4.16. Общая характеристика гликолитического пути дыхания***

Дыхание является важнейшим звеном углеводного обмена. Этот процесс соединяет фотосинтез с другими физиолого-биохимическими процессами. Глюкоза, образовавшаяся

ся в процессе фотосинтеза, является устойчивым соединением. Она может быть использована непосредственно как мономер для синтеза целлюлозы, которая, в свою очередь, служит строительным материалом для клеточной оболочки. Вместе с тем молекулы глюкозы являются резервом строительного материала и энергии для образования всех важнейших органических молекул растительных клеток: белков, липидов нуклеиновых кислот, фитогормонов и др. Реализация данных превращений вещества и энергии происходит во втором звене углеводного метаболизма – дыхании.

Аэробное дыхание – есть важнейший ароморфоз (арохимоз), который возник на основе анаэробного дыхания и существенно его преобразовал. На взаимосвязь анаэробного и аэробного дыхания указывает общность их первого этапа – гликолиза. В процессе дыхания происходит поэтапное окисление (распад) глюкозы до углекислого газа и воды. Промежуточные продукты окисления – менее сложные органические вещества: фосфодиоксиацетон (ФДА), фосфоглицериновая кислота (ФГК), пировиноградная кислота (ПВК) используются для синтеза липидов и белков. Устойчивая энергия химических связей глюкозы преобразуется в лабильную энергию макроэргических связей АТФ. КПД такого преобразования составляет около 40%, остальная энергия выделяется в виде тепла.

В растительных клетках окисление глюкозы может происходить по двум путям – гликолитическому и пентозофосфатному, которые связаны между собой. Основным путем дыхательного метаболизма является гликолитический путь окисления глюкозы, в котором выделяют две фазы: анаэробную и аэробную (рис. 39). Анаэробная фаза включает один этап – гликолиз. Аэробная фаза содержит три этапа: окислительное декарбоксилирование ПВК, цикл Кребса,

окисление в ЭТЦ. Кратко рассмотрим *сущность* и *значимость* отдельных этапов.



Рис. 39. Общая характеристика гликолитического пути дыхания

В гликолиз вступает молекула глюкозы, которая является достаточно инертным соединением. Ее активация происходит путем двойного фосфорилирования, на это тратится 2АТФ. После этого глюкозодифосфат окисляется до двух молекул пировиноградной кислоты (ПВК). Сущность окисления заключается в отнятии водородов и образовании двух молекул 2 *NADH*<sub>2</sub>. Водороды данного энергетического эквивалента «сбрасываются» в ЭТЦ и при их окислении образуется 6АТФ. На данном этапе имеет место двойное субстратное фосфорилирование, в результате которого образуется 4АТФ. Суммарно в процессе гликолиза образуется 10АТФ. Однако 2АТФ тратятся для активации глюкозы в первичных реакциях. В итоге, энергетический баланс гликолиза составляет **8АТФ**.

Конечный продукт гликолиза – ПВК окисляется в аэробной фазе. На первом этапе этой фазы – происходит окислительное декарбоксилирование ПВК: отнятие двух пар водородов при участии *NAD*, с образованием *NADH*<sub>2</sub> (окисление), отнятие двух молекул *CO*<sub>2</sub> (декарбоксилирова-

ние).  $NADH_2$  «сбрасывает» свои водороды в ЭТЦ и при их окислении образуется **6АТР**. Конечным продуктом данного этапа является ацетил коэнзим А. Это соединение является **ключевым промежуточным метаболитом, через который идет синтез и распад более 60 соединений**: углеводов, белков, липидов, нуклеиновых кислот, гормонов и др.

Дальнейшее окисление ацетилкоэнзима А происходит в цикле Кребса. В этом цикле за счет реакций окислительного декарбоксилирования и субстратного фосфорилирования образуется  $6NADH_2$ ,  $2FADH_2$  и **2АТР**.  $6NADH_2$  поступает в ЭТЦ, где при их окислении образуется **18АТР**. При окислении в ЭТЦ двух молекул  $2FADH_2$  образуется **4АТР**. В итоге, энергетический баланс цикла Кребса составляет **24АТР**. Суммарно, в аэробной фазе, образуется 30АТР.

**Примечание:** при окислении в ЭТЦ  $NADH_2$  синтезируется 3АТР, а  $FADH_2$  – 2АТР.

Цикл Кребса поставляет и разнообразие промежуточных метаболитов для синтеза белков, липидов, фитогормонов, металлопорфиринов (хлорофиллов, цитохромов) и др.

Энергетические эквиваленты  $6NADH_2$ ,  $2FADH_2$  поступают в ЭТЦ, где при окислении их водородов образуется 34 молекулы АТР. При субстратном фосфорилировании в гликолизе и цикле Кребса образуется еще 6АТФ. В итоге, в гликолитическом пути дыхания образуется 40АТР. Однако на этапе гликолиза 2АТР тратится для активации глюкозы путем фосфорилирования. В итоге, энергетический баланс гликолиза составляет 38АТР.

Значимость гликолитического пути дыхания заключается не только как основного поставщика энергии, но и как донора важнейших промежуточных метаболитов (менее сложных органических веществ) для синтеза: белков, липидов, фитогормонов, пигментов, цитохромов, веществ вторичной природы.

#### **2.4.17. Механизм образования АТФ при окислительном фосфорилировании по П. Митчеллу**

Центральной проблемой биоэнергетики на протяжении последних 30 лет было выяснение механизма, с помощью которого энергия, освобождаемая при окислении субстратов или при поглощении света, может использоваться для катализа энергозависимых процессов, таких как синтез АТФ из ADP и P<sub>i</sub>.

Хотя синтез АТФ частично происходит и в растворимых ферментных системах, все же большая часть АТФ образуется в ферментных комплексах, расположенных в мембранах определенных классов. К таким «сопрягающим» мембранам относится и внутренняя мембрана митохондрий.

Сопрягающие мембраны имеют целый ряд отличительных черт. Каждая такая мембрана содержит белковые ансамбли двух типов. Один из них обычно называют АТФазой, хотя более правильным было бы название АТФ-синтетаза, так как он катализирует энергозависимый синтез АТФ из ADP и P<sub>i</sub>. Этот комплекс присутствует во всех сопрягающих мембранах. Природа второго белкового ансамбля зависит от первичного источника энергии, используемого в данной мембране. В случае митохондрий и дышащих бактерий – это дыхательная цепь, катализирующая перенос электронов от субстратов к конечным акцепторам, таким как кислород.

Дыхательная или электроннотранспортная цепь (ЭТЦ) митохондрий имеет уникальное строение: в ней чередуются компоненты, для окисления-восстановления которых необходимы только электроны (цитохромы, железо-серные белки), с компонентами, для окисления-восстановления которых требуются и электроны и протоны (*NAD*, *FAD*, *Q*) (рис. 40). Подобное строение обуславливает работу трех протонных помп при транспорте электронов по ЭТЦ мито-



Энергетические эквиваленты – *NADH*, *FADH*, которые образовались в процессах гликолиза, окислительного декарбоксилирования и цикле Кребса, сбрасывают свои водороды (электроны и протоны) в ЭТЦ, локализованную во внутренней мембране митохондрий. Первым ее компонентом является *NAD*, которая находится в окисленном состоянии. Для ее восстановления требуются и электроны и протоны. После восстановления данный компонент отдает свои электроны и протоны *FAD*, которая после восстановления взаимодействует с последующим компонентом ЭТЦ – железосерным белком, для восстановления которого необходимы только электроны), протоны же выбрасываются в межмембранное пространство. Так работает первая протонная помпа.

Следующим компонентом дыхательной цепи является убихинон. Для его восстановления требуются и электроны, которые он получает от железосерного белка, и протоны, которые он захватывает из матрикса митохондрий. После убихинона располагается цитохром, которому для его восстановления требуются только электроны, протоны – поступают в межмембранное пространство. Это вторая протонная помпа. После цитохромов электроны направляются к железосерному белку, а затем ко второму убихинону, который, получив электрон, так же захватывает протон из стромы и восстанавливается. От убихинона электроны поступают к цитохрому *A<sub>3</sub>*-цитохромоксидазе, а протоны – в межмембранное пространство – третья протонная помпа.

От цитохромоксидазы электроны сбрасываются на конечный их акцептор – кислород, который заряжается отрицательно.

Таким образом, при транспорте электронов по ЭТЦ от субстрата к кислороду их энергия тратится на работу трех протонных помп, в результате которой создается электрохимический градиент протонов. Данный градиент необхо-

димо рассматривать как особую (более долгоживущую) форму энергии, которая играет роль фактора сопряжения между током электронов по ЭТЦ митохондрий и синтезом АТФ, катализируемым АТФ-синтетазой.

АТФ-синтетаза является энергозависимой. Ее работа начинается только после создания, определенного электрорхимического потенциала протонов. Энергия этого потенциала тратится на передвижение протонов из межмембранного пространства в матрикс митохондрий. Это передвижение осуществляется через транспортный канал АТФ-синтетазы ( $F_0$ ) и ее активный центр ( $F_1$ ). Ионы  $H^+$ , перемещаясь по протонному каналу ( $F_0$ ) по градиенту своего электрорхимического потенциала, связываются в определенных участках  $F_1$ , вызывая конформационные изменения фермента. Это приводит к сближению и взаимодействию ADP и  $P_i$ , в результате чего синтезируется АТФ. Динамическую модель работы АТФ-синтетазы рассмотрим отдельно.

Протоны, вышедшие в матрикс, взаимодействуют с отрицательно заряженным кислородом с образованием воды.

#### ***2.4.18. Фотосинтез и дыхание – сопряженные звенья углеводного метаболизма растительной клетки***

Для выявления сущности углеводного метаболизма растительной клетки как сопряженной системы нами сконструирована модель (рис. 41), в которой отражена сущность и взаимосвязь двух его звеньев: фотосинтеза как основы анаболизма и дыхания – основы катаболизма. В представленной модели можно выделить два вида сопряжения. *Первый вид сопряжения* имеет место между веществом и энергией в процессе их преобразования, как при фотосинтезе, так и при дыхании. В этих процессах происходит поэтапное преобразование вещества, которое тесно сопряжено с преобразованием энергии.



Рис. 41. Фотосинтез и дыхание – сопряженные звенья углеродного метаболизма

Механизмы этих преобразований схожи как в отношении превращения вещества, так и в отношении превращения энергии. Отличие заключается лишь в том, что они имеют противоположную направленность. В процессе фотосинтеза из неорганических веществ образуются органические вещества и выделяется кислород, в то время как в процессе дыхания органические вещества взаимодействуют с кислородом, в результате чего образуются неорганические вещества – углекислый газ и вода. Вместе с тем промежуточные метаболиты дыхания и энергия в форме АТФ используется во всех других метаболизмах клетки – белковом, липидном, нуклеиновом и т.д.

Второй вид сопряжения проявляется в том, что фотосинтез и дыхание могут в определенных условиях обмениваться как важнейшими энергетическими эквивалентами – АТФ, *NADPH* (*NADH*), так и промежуточными метаболитами.

В первом блоке (выделен розовым цветом) отражена взаимосвязь и иерархия важнейших общебиологических понятий, одни из которых следует использовать при изучении целостного растительного организма («обмен веществ», «ассимиляция», «диссимиляция»). Другую триаду понятий («метаболизм», «анаболизм», «катаболизм») следует применять при изучении физиолого-биохимических процессов на клеточном уровне.

Во втором, основном блоке модели, в общих чертах раскрывается сущность преобразования вещества и энергии в двух взаимосвязанных звеньях углеводного метаболизма растительной клетки. Основным звеном данного метаболизма является фотосинтез, который является не только основой анаболизма для растительной клетки, но и для всех организмов на нашей планете (кроме хемосинтетиков).

Глюкозу как один из важнейших продуктов фотосинтеза необходимо рассматривать как резерв энергетического и пластического материала. Химические связи глюкозы (особенно между углеродом и водородом) содержат много энергии, однако они достаточно устойчивы и их энергия не может быть непосредственно использована на процессы жизнедеятельности клетки. Кроме того, для роста и развития растительной клетки необходимы и такие важнейшие соединения, как белки, липиды, нуклеиновые кислоты и т.д. Данная проблема разрешается во втором звене углеводного метаболизма – дыхании. Конечные продукты фотосинтеза – глюкоза и кислород – используются в аэробном дыхании, которое может протекать по двум путям – гликолитическому и пентозофосфатному. Приоритет того или другого пути дыхания детерминируется «запросами» клетки на конкретные промежуточные метаболиты. Основным путем аэробного дыхания все же считается гликолитический, который поставляет большинство промежуточных метаболитов для синтеза белков, липидов, фитогормонов (гибберлинов, абсцизовой кислоты, этилена), порфиринов (хлорофиллов, цитохромов, фикобилинов), веществ вторичной природы.

Таким образом, представленная модель выполняет методологическую и методическую функцию при осмыслении субъектами обучения углеводного метаболизма растительной клетки как сопряженной системы. С точки зрения превращения вещества и энергии данный обмен создает материальную и энергетическую основу для других метаболизмов (белкового, липидного, нуклеинового и т.п.). Осмысление взаимосвязей между отдельными метаболизмами во многом обуславливает понимание сущности живого на клеточном уровне его организации.

#### **2.4.19. Электронная теория как важнейшая методология изучения фотосинтеза и дыхания**

Качественный скачок в изучении вещества, как вида материи, стал возможен после открытия элементарных частиц, образующих атом: электрона, протона и нейтрона. Первая элементарная частица (электрон) была открыта в 1897 г. английским физиком Дж.Дж. Томсоном. В 1932 г. после открытия нейтрона картина строения вещества казалась в общих чертах окончательно выясненной. Известных к тому времени частиц (протона, нейтрона и электрона) полностью хватало для того, чтобы объяснить строение и свойства всех веществ. Открытие элементарных частиц привело в итоге к созданию Х.А. Лоренцом *электронной теории* (микроскопической, классической электродинамики), в которой вещество рассматривается как совокупность взаимодействующих между собой микроскопических заряженных частиц (отрицательных и положительных), движущихся в вакууме. По мнению М.С. Свирского, «...особая роль электронов в современной теории вещества определяется тем, что из всех известных в настоящее время микрочастиц электрон имеет наименьшую, отличную от нуля, массу покоя и наименьший электрический заряд. Отклик электронов на внешние электрические и магнитные воздействия существенно определяет физико-химические свойства веществ. Поэтому фундаментальное объяснение макроскопических свойств вещества связано с определением влияния электронов на формирование этих свойств. Явления, изучаемые электронной теорией вещества, имеют первостепенное значение для научно-технического прогресса» [164, с. 3].

Взятие на вооружение постулатов и методов данной теории химией и биологией привело к созданию новой области науки – *квантовой биохимии*, основной задачей кото-

рой является теоретический расчет плотности электронов у отдельных атомов, образующих структуру молекулы. Квантомеханические расчеты позволяют количественно определить величины энергетических уровней электронов и предвидеть в каждом конкретном случае, какие молекулы будут играть роль доноров, а какие – акцепторов электронов, что, несомненно, открывает большие перспективы в управлении физиолого-биохимическими процессами клеток, лежащими в основе их жизнедеятельности, как в норме, так и при патологии. Анализируя вклад современной квантовой биохимии в изучение важнейших физиологических процессов, видные физиологи растений Б.А. Рубин и В.Ф. Гавриленко отмечают, что «... физической основой процессов фотосинтеза и дыхания является перестройка электронной структуры, участвующей в реакции компонентов. Электроны, образующие химическую связь между атомами углерода и водорода, в молекуле углеводов занимают иную орбиталь, чем электроны, образующие связи в молекулах воды и углекислоты. Электроны с атомом кислорода в молекуле воды обладают наименьшей энергией. При образовании связей в молекуле углеводов электроны занимают более высокий энергетический уровень, в результате чего энергетический потенциал их значительно увеличивается» [159, с. 12].

Понимание биохимических процессов на электронном уровне внесло неоценимый вклад в решение проблем биоэнергетики клетки. Опора на ее основные положения позволила расшифровать механизм преобразования энергии электрона в энергию макроэргических связей АТФ (механизмы окислительного и фотосинтетического фосфорилирования).

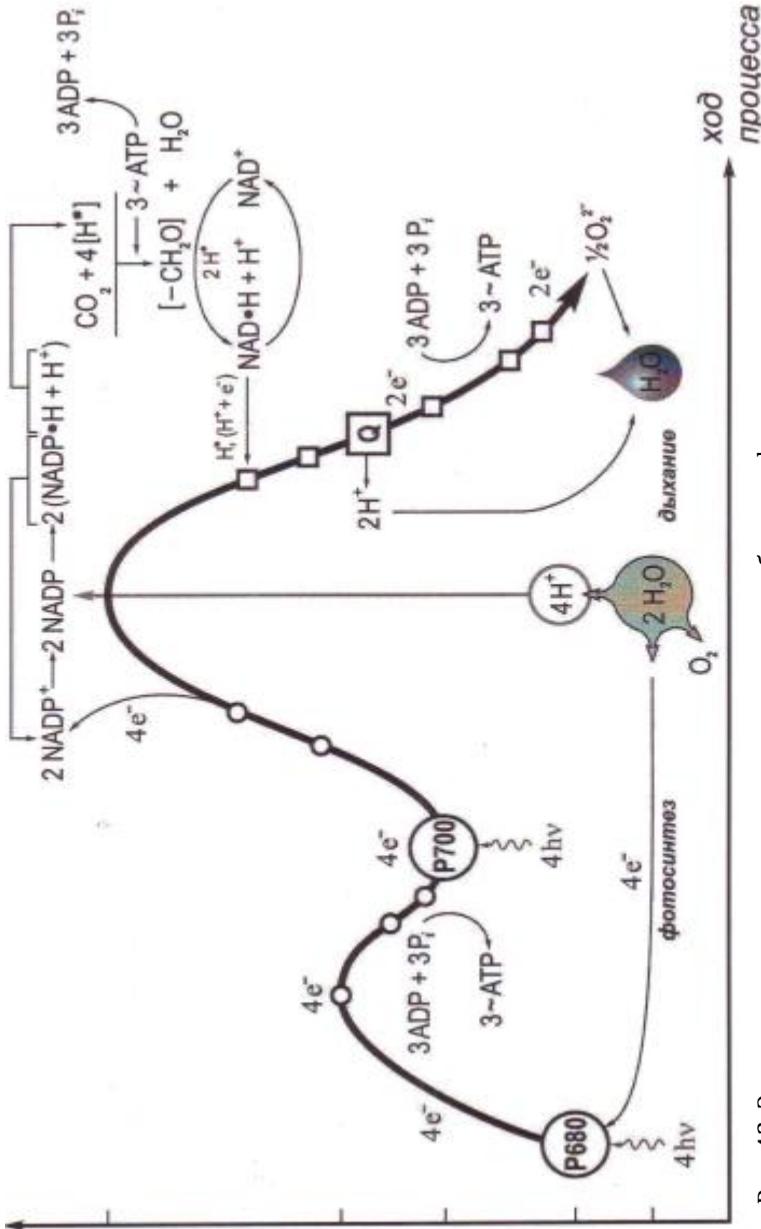


Рис. 42. Энергетическое состояние электрона в метаболитах фотосинтеза и дыхания  
 —○— — компоненты ЭТЦ хлоропластов  
 —□— — компоненты ЭТЦ митохондрий

Для понимания сущности процессов фотосинтеза, дыхания и других физиолого-биохимических процессов перво-степенное значение имеет *прослеживание энергетических уровней электрона* во всех компонентах, участвующих в этих процессах (рис. 42). Электронная теория вещества как фундаментальная методология позволяет выявить физико-химическую сущность физиологических процессов на элементарном уровне, понять взаимосвязь физических, химических и биологических явлений, а через них и *взаимосвязь (преемственность) форм движения материи*. Это вносит *весомый вклад в формирование научного мировоззрения учащихся и студентов*. Огромный мировоззренческий потенциал электронной теории позволяет определить общую стратегию формирования современной естественно-научной картины мира у учащихся и студентов при изучении естественных дисциплин.

#### ***2.4.20. Поглощение и преобразование энергии в живых системах***

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 по-

токов 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).

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» [126, с. 12]. 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 окру-

жающей 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.

Отличительная особенность процессов самоорганизации живых систем заключается в том, что они 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. Преобразование энергии в живых системах изображено на рис. 43.

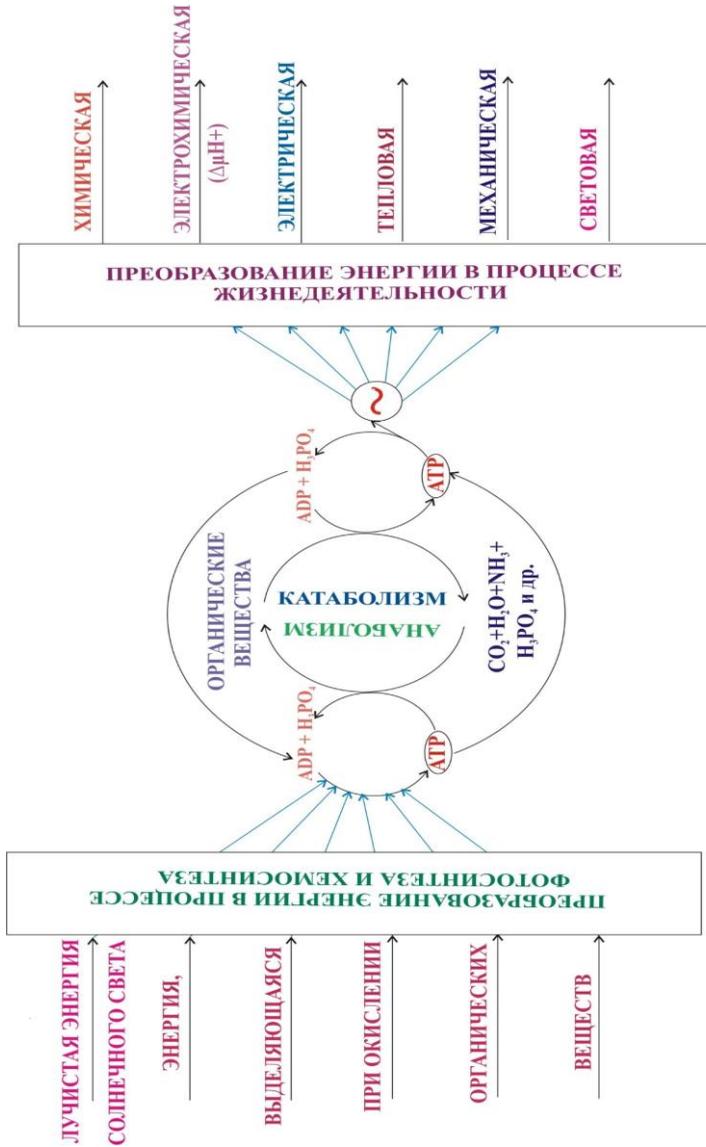


Рис. 43. Преобразование энергии в живых системах

#### **2.4.21. Мысленный эксперимент как сопряженный метод формирования теоретического мышления при изучении фотосинтеза**

Формирование методологической культуры у учащихся и студентов является одной из приоритетных задач современного образования. Об этом свидетельствуют результаты международного исследования качества математического и естественно-научного образования TIMSS. В тех странах, где уделяется усиленное внимание вопросам методологии научного познания, качество подготовки учащихся по математике и естествознанию значительно выше.

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*. 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.

Одной из форм теоретического моделирования процессов или систем, не осуществимых в данный момент по техническим или другим причинам, является *мысленный эксперимент*, 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.

Реальный эксперимент начинается в своей практической стадии с построения определенной экспериментальной установки и подготовки объекта, а модельный эксперимент – с построения вещественной, материальной модели. Нечто подобное имеется и в мысленном эксперименте, когда *создается идеализированная модель*, с той лишь разницей, что это процесс, как и весь «эксперимент» в целом, есть процесс мысленный. Включение мысленной операции построения идеализированной модели объекта, над которой затем производится воображаемое экспериментирование, не является просто данью поверхностной аналогии, а определяется тем обстоятельством, что такая модель должна замещать объект, отражая его особенности, существенные для экспериментирования.

Разновидностью мысленного эксперимента, по-видимому, можно считать «эксперимент в картинках». На рис 44 представлено пять образно-знаковых моделей, разработанных нами, которые мы используем с учащимися и студентами при изучении процесса фотосинтеза. Поэтапное конструирование этих моделей учащимися и студентами позволяет проводить им мысленный эксперимент с целью выявления основных условий протекания фотосинтеза и его продуктов. Ответственным этапом при планировании эксперимента в «картинках» является разработка однофакторной схемы эксперимента и методики его проведения. Для этого следует выполнить следующую работу: выбрать удобный объект исследования (комнатное растение), выделить основные условия протекания фотосинтеза (наличие  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $h\nu$ , хлорофилл (Хл.), обозначить главные продукты фотосинтеза ( $C_6H_{12}O_6$  и крахмал) подобрать индикатор на крахмал (йодная проба).

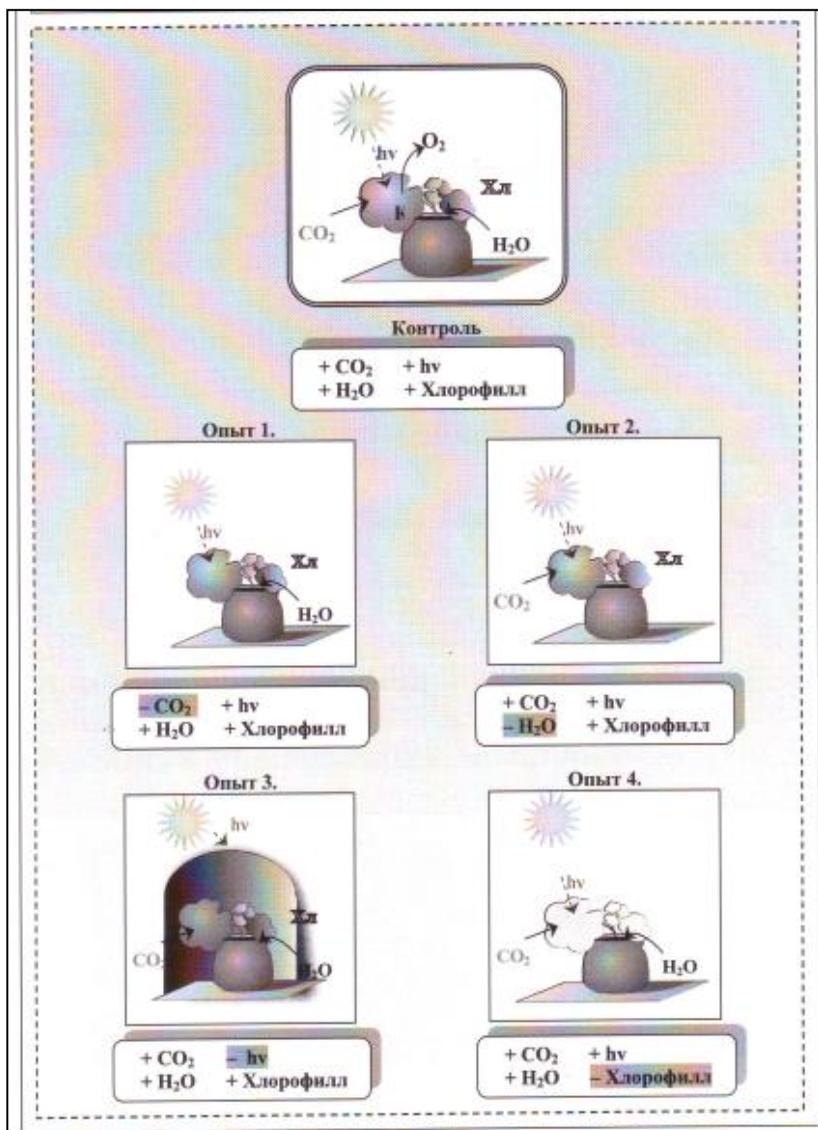


Рис. 44. Основные условия фотосинтеза и его продукты (эксперимент в картинках)

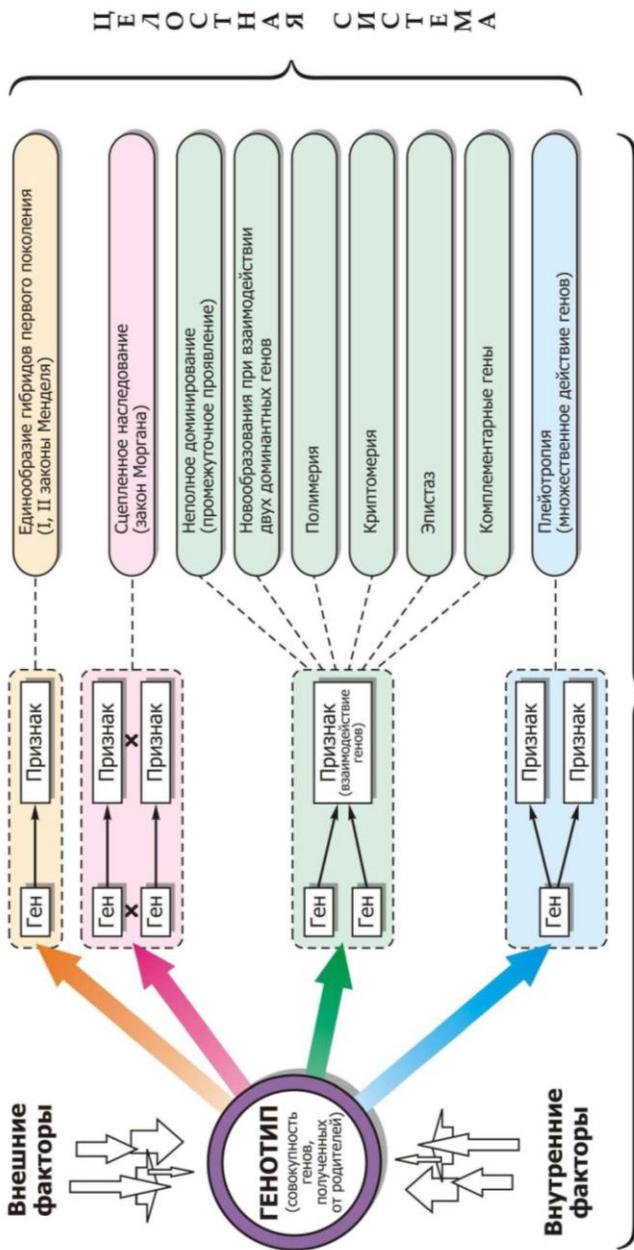
Несмотря на сходство между реальным и умственным экспериментом, между ними имеется и различие: реальный эксперимент представляет собой *форму объективной материальной связи сознания с внешним миром, тогда как умственный эксперимент является специфической формой теоретической деятельности субъекта.*

Таким образом, приведенные теоретические рассуждения, а также их экспериментальная проверка на практике, дают основание заключить, что при изучении физиологических процессов весьма эффективным методическим приемом может служить мысленный эксперимент (эксперимент в картинках), который позволяет формировать знания учащихся и студентов на теоретическом уровне.

#### ***2.4.22. Генотип как целостная сопряженная система***

Разработанная нами модель постоянно использовалась при изучении раздела генетики в курсе общей биологии (рис. 45). Изображенные на ней основные принципы реализации *наследственной информации* составляют сущность работы генотипа как сопряженной целостной системы, поэтому учитель и учащиеся постоянно держали данную модель в поле своего зрения и наполняли содержанием при изучении конкретных закономерностей передачи генетической информации. В конечном итоге это привело к глубокому пониманию функционирования генотипа как сопряженной целостной системы, что оказало положительное влияние на формирование системного мышления учащихся, усилив их методологическую подготовку, которая является приоритетной в современном обучении школьников и студентов.

ГЕН → ПОЛИПЕПТИД → БЕЛОК → ПРИЗНАКИ



Развитие признаков организма это РЕЗУЛЬТАТ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЕНОВ

Рис. 45. Генотип как целостная система

Наибольшие затруднения в развитии мышления учащихся возникают на этапе трансформации наглядно-образного мышления в понятийное. Связующим звеном между ними является обобщенно-образное мышление, формирование которого вызывает у них наибольшие трудности. Осмысление и использование предложенной нами модели как раз и снимает данную проблему. Данная модель направлена на формирование у школьников *обобщенно-образного мышления*, которое в действительности отсутствует как у большинства школьников, так и у студентов. Это подтверждает многолетний опыт работы автора со школьниками, студентами и учителями. Даже студенты пятого курса в большинстве своем не имеют должных теоретических знаний и практических навыков и умений по составлению *обобщенных моделей* (схем). Основная причина этого – отсутствие подобных знаний, умений и навыков у большинства обучающихся.

В школьной практике изучение принципов наследования начинается с подробного рассмотрения законов, открытых Г. Менделем, которые отражают наиболее простую генетическую закономерность реализации генетической информации: ген → признак. Достаточно подробно рассматривается и другой принцип наследования – явление сцепления генов (закон Моргана). В учебниках приводится информация и о других закономерностях наследования: взаимодействиях генов и плейотропии, которые рассматриваются в пункте «Генотип как целостная система». Практика свидетельствует, что логика такого построения учебного материала о явлении наследственности весьма сомнительна. Учащиеся (и даже студенты) чаще всего усваивают лишь одну, наиболее простую закономерность передачи наследственных признаков, при которой *один ген определяет один*

*признак, а их знания о работе генотипа как сопряженной целостной системы являются расплывчатыми и неопределенными.*

Вполне закономерно встает вопрос: почему авторы учебника делают попытку сформировать у школьников понятие о генотипе как целостной системе не в самом начале раздела генетики (или хотя бы после усвоения первого закона Менделя), а почти в самом его конце? Тогда как сам Г. Мендель в своих исследованиях вначале выдвигал *гипотетические модели*, а затем их доказывал. При проведении нашего эксперимента учитель и ученики создавали *гипотетическую модель* возможных принципов реализации наследственной информации в самом начале этого раздела, а затем наполняли ее конкретным содержанием при изучении частных закономерностей ее передачи от материнского организма к дочернему. В итоге сконструированная модель становилась важным *инструментом познания* отдельных законов наследования, а ее основные положения приобретали *методологическую значимость, становясь формой теоретического мышления школьников.*

Изучение генотипа как целостной системы обязывало обучающихся изучать не только структуру его генов, но и способы их связи. Такой подход позволял в целом понять механизмы реализации наследственной информации. В конечном итоге это приводило к глубокому пониманию функционирования генотипа как сопряженной целостной системы, что оказывало положительное влияние на формирование системного мышления учащихся, усилив их методологическую подготовку, которая является приоритетной в современном обучении школьников и студентов.

#### **2.4.23. Сопряженная коэволюция типов обмена веществ и среды обитания**

Проведенный ранее теоретический анализ показал, что природа широко использует *сопряжение* как принцип эволюции вещества. Действие этого принципа имеет место во всех природных формах движения материи: физической, химической и биологической. Особенно важен этот принцип при возникновении новой формы движения материи, у которой возникает абсолютно *новое качество*. Важнейшую роль данный принцип играет в понимании механизмов становления, развития такой высокоорганизованной формы движения материи, как биологическая и сущности тех теорий, которые отражают те или иные стороны ее бытия. В первую очередь это касается *эволюционной теории*, которая по праву возведена в ранг *метатеории* всей биологии.

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

Великая заслуга Ч. Дарвина перед наукой состоит в открытии ***принципа естественного отбора*** как важнейшего

фактора эволюционного процесса. Ч. Дарвин впервые пришел к мысли о том, что движущая сила всего эволюционного процесса есть результат **взаимодействия организмов между собой и с внешней средой**. По Дарвину, несоответствие между возможностью видов к беспредельному размножению и ограниченностью ресурсов – главная причина борьбы за существование. Следовательно, выживают и размножаются те организмы, которые имеют наибольшую приспособленность к условиям среды обитания.

Понимание сопряжения как важнейшей стороны взаимодействия, а, следовательно, и как общего принципа организации и эволюции материи позволяет вскрыть глубинные механизмы (на философском уровне) *коэволюции организмов нашей планеты и среды их обитания*. Появление и эволюция живых организмов связаны с изменениями физико-химических условий на поверхности Земли. В свою очередь, жизнедеятельность самих организмов оказывала и оказывает сильнейшее влияние на окружающую среду. Таким образом, система организмов – среда (т.е. биосфера) – развивалась как *единое целое*.

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

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

#### **2.4.24. Методологическая роль определений жизни в понимании сущности организации и функционировании живых систем**

В обучении, и в целом в познании, определения используются для установления точного смысла исходных терминов, после чего они приобретают статус научных понятий. По мнению академика РАО А.В. Усовой, понятие является очень сложной логической и гносеологической категорией. Оно есть итог некоторого этапа выявления сущности изучаемых объектов и явлений бытия [204]. Возникнув, понятие уже само становится объектом познания. Вместе с тем понятие – одна из форм мышления, и в этом смысле выступает как орудие (средство) познания. Особое внимание развитию понятий уделял в своих работах В.И. Ленин. Он подчеркивал, что анализ понятий, изучение их, «искусство оперировать с ними», требует всегда изучения движения понятий, их связи, их взаимопереходов» [93, с. 227].

Приведенные методологические положения являются обоснованием необходимости правильного понимания (трактовки) научных понятий и их развития в историческом процессе познания и в процессе обучения.

В биологической науке и биологическом обучении в качестве основной методологической основы выступает содержание определения понятия «Жизнь». Уникальность, многогранность и сложность этого явления биологической формы движения материи предопределили те сложности, которые возникли при формулировании определения жизни. Все многообразие определений жизни не позволяет их авторам прийти к единой формулировке этого понятия. И как констатирует Н. Грин с соавторами, мы вынуждены признать, что не можем дать строгого определения, что же такое жизнь, и не можем сказать, как и когда она возникла. Все, что мы можем, – это перечислить и описать те признаки живой материи, которые отличаются от неживой [52].

Создавшаяся ситуация, по своей сути, во многом схожа с попытками дать более конкретное определение понятию материи после открытия элементарных частиц. В.И. Ленин отмечал, что бессмысленно определять материю посредством перечисления уже известных ее форм и видов. В процессе развития науки и практики будут открыты новые виды и формы материи, которые могут не вписаться в существующее ее определение. Исходя из этой логики, В.И. Ленин полагал, что рациональным является только один способ определения материи: выделить такой предельно общий признак, который характеризует любые виды материи независимо от того, познаны они уже или еще только будут познаны в будущем. Опираясь на обозначенные выше теоретические постулаты, предпринята попытка использовать их для конструирования авторского определения жизни.

В основу сформулированного нами определения жизни на клеточном уровне положены одновременно философские, естественно-научные и общебиологические принципы и закономерности. С этих позиций определение жизни выглядит таким образом: *«Живыми называются системы, в которых происходит постоянное усиление сопряженности между веществом, энергией и информацией, обеспечивающей возникновение качественно новых форм и их эволюцию»*. В данном определении жизни отражены все обозначенные выше принципы: 1. Биологические объекты обозначены как системы. Это указывает, что в основе их организации лежит системный принцип, который присущ *материи* в целом. 2. Отражена естественно-научная основа организации и функционирования живых систем. Эту основу составляют вещество, энергия и информация, которые тесно *сопряжены* между собой. Принцип сопряжения обеспечивает не только структурную связь между элементами клетки, но и функциональную, в основе которой лежит система различных видов сопряжений, обеспечивающих взаимосвязь превращений вещества, энергии, информации, что в конечном итоге определяет целостность клеточного метаболизма как фундамента живого. 3. Сопряжение обеспечивает не только возникновение природных форм (систем) с новым качеством, но и их эволюцию. Усвоение данного определения жизни обучаемыми внесет определенный вклад не только в их более глубокое понимание сущности жизни на клеточном уровне, но и в формирование научной картины мира, в целом.

### **Выводы по 2 главе**

1. Насущная необходимость обучения учащихся и студентов методу моделирования как общенаучного метода

исследования, эффективного средства формирования научного мировоззрения и *творческих способностей* зафиксирована в Федеральных государственных образовательных стандартах.

2. Актуальность приложения методологического потенциала моделирования в образовательной области «Биология» очевидна в силу сложности и комплексности этой предметной области. Поэтому нам представляется целесообразным обучение учащихся и студентов моделированию и использованию *системы моделей при формировании, как фундаментальных естественно-научных понятий, так и важнейших биологических понятий*, а также их применению при объяснении и интерпретации сущности законов и теорий, общих для курсов физики, химии, биологии.

3. Наибольшие затруднения в развитии теоретического мышления у обучающихся возникают на этапе трансформации обобщенно-образного мышления в понятийное. В свою очередь 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 психологической науки*. Эта функция облегчает понимание формальных теорий и является особенно важной в процессе обучения.

4. 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.

5. При изучении биологии обучающиеся прослеживали эволюцию природных форм, начиная с элементарных частей, которые по своей организации являются относительно простыми объектами природы, и заканчивая биосферой, являющейся наиболее сложной формой проявления живого. В процессе выяснения обучающимися сущности преобразования одних природных форм в другие преподаватель имел возможность отслеживать механизмы формирования идеализированных форм в их мышлении, так как закономерности развития природы и мышления едины.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная нами система моделей *позволяет* конкретизировать и воплотить на практике идею о приоритетности методологических основ содержания обучения; помочь обучающимся овладеть рациональными методами самоорганизации своей деятельности по осуществлению принятых целей учебного и общественного характера; привить им склонность к самообразованию, самосовершенствованию, к *творческой деятельности*; развить индивидуальные *творческие потенции* каждого субъекта; ознакомить с модельным характером науки и образования; овладеть методом моделирования как важнейшим методом познания и как учебным средством для многих дидактических целей (наглядности, запоминания и т.д.); самостоятельно интегрировать знания и выражать это в виде образно-знаковых моделей разного уровня обобщения; повысить *мотивацию* к учебным предметам и к учению, сделать их учебную деятельность более осмысленной и продуктивной.

Система моделей, разработанная нами и осмысленная обучающимися, позволила решить в комплексе три основополагающие задачи современной дидактики: *создать условия для формирования творческой личности; включить учащихся в деятельность по развитию теоретического мышления; сформировать системные знания.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексашина, И.Ю. Программа по курсу «Естествознание» для 10–11 классов общеобразовательных учреждений / И.Ю. Алексашина, К.В. Галактионов, И.С. Дмитриев, А.В. Ляпцев, И.И. Соколова. – URL: [http://www.prosv.ru/ebooks/Aleksashina\\_Estestvozn\\_5-10-11\\_Progr/2.html](http://www.prosv.ru/ebooks/Aleksashina_Estestvozn_5-10-11_Progr/2.html).
2. 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.
3. Арсеньев, А.С. Анализ развивающегося понятия / А.С. Арсеньев, В.С. Библер, Б.М. Кедров. – Москва: Наука, 1967. – 439 с.
4. Астауров, Б.Л. Проблемы общей биологии и генетики / Б.Л. Астауров. – Москва: Наука, 1979. – 294 с.
5. Балл, Г.А. Теория учебных задач / Г.А. Балл. – Москва: Педагогика, 1990. – 184 с.
6. Барашенков, В.С. Вселенная в электроне / В.С. Барашенков. – Москва: Изд-во «Детская литература». – 1988. – 287 с. – ISBN 978-5-08-001051-4.
7. Безрукова, В.С. Педагогическая интеграция: сущность, состав, реализация / В.С. Безрукова. – Свердловск: Сверд. инж.-пед. ин-т, 1987. – 52 с.
8. 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.
9. Бернштейн, Н.А. От рефлекса к модели будущего / Н.А. Бернштейн // Вопр. психологии. – 2002. – № 2. – С. 94–98.
10. Борулава, М.Н. Интеграция содержания образования / М.Н. Борулава. – Москва: Педагогика, 1998. – 272 с.
11. Беспалько, В.П. Теоретические основы педагогических систем / В.П. Беспалько. – Москва: Педагогика, 1980. – 190 с.
12. Блинова, Т.Л. Метапредметность в подготовке учителя / Т.Л. Блинова // Педагогика. – 2018. – № 3. – С. 92–96.
13. Богданова, А.А. Установление межпредметных связей с биологией при изучении природных комплексов / А.А. Богданова // География в школе. – 1980. – № 1. – С. 30–32.

14. 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.
15. Бойко, В.В. Социально-психологический климат коллектива и личность / В.В. Бойко, А.Г. Ковалев, В.Н. Парфенов. – Москва: Мысль, 1983. – 208 с.
16. Бор, Н. Атомная физика и человеческое познание / Н. Бор. – Москва, 1961.
17. 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.
18. Введение в философию: учеб. для вузов: в 2 ч. / И.Т. Фролов, Э.А. Араб-Оглы, Г.С. Арефьева и др. – Москва: Политиздат, 1989. – Ч. 2. – 639 с. – ISBN 5-250-00315-X (ч. 2).
19. Верзилин, Н.М. Проблема развития понятий в процессе обучения / Н.М. Верзилин // Советская педагогика. – 1966. – № 12.
20. 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.
21. Вернадский, В.И. Биосфера и ноосфера / В.И. Вернадский. – Москва: Аирис-Пресс: Рольф, 2002. – 576 с.
22. Вернадский, В.И. Философские мысли натуралиста / В.И. Вернадский. – Москва, 1988. – С. 270–271.
23. Взаимодействие наук. Теоретические и практические аспекты / под ред. Б.М. Кедрова и П.В. Смирнова. – Москва: Наука, 1984. – 320 с.
24. Вилюнас, В.К. Психологические механизмы развития мотивации: дис. ... д-ра психол. наук: 19.00.01 / В.К. Вилюнас. – Москва, 1990. – 409 с.
25. Винер, Н. Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине / Н. Винер. – 2-е изд. – Москва: Наука, 1983. – 343 с.
26. Виноградова, А.Д. Понимание и усвоение школьниками IV–V классов функциональной математической зависимости / А.Д. Виноградова // Ученые записки ЛГПИ им. Герцена. – Т. 96. – 1954.

27. 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.
28. Волькенштейн, В.М. Физика и биология / В.М. Волькенштейн. – Москва: Наука, 1980. – 152 с.
29. Выготский, Л.С. Игра и ее роль в психическом развитии ребенка / Л.С. Выготский // Вопр. психол. – 1966. – № 6. – С. 62–76.
30. Выготский, Л.С. Педагогическая психология / Л.С. Выготский; под ред. В.В. Давыдова. – Москва: Педагогика, 1991. – 480 с. – ISBN 5-7155-0358-2.
31. Выготский, Л.С. Проблема культурного развития ребенка / Л.С. Выготский // Педология. – 1928. – № 1. – С. 58–77.
32. Выготский, Л.С. Собр. соч.: в 6 т. / Л.С. Выготский. – Москва: Педагогика, 1984. – Т. 4. Детская психология. – 432 с.
33. Выготский, Л.С. Собр. соч.: в 6 т. / Л.С. Выготский. – Москва: Педагогика, 1983. – Т. 3. Проблемы развития психики. – 367 с.
34. Выготский, Л.С. Собр. соч.: в 6 т. / Л.С. Выготский. – Москва: Педагогика, 1982. – Т. 2. Проблемы общей психологии. – С. 252.
35. 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.
36. 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.
37. Гальперин, П.Я. К вопросу об инстинктах у человека / П.Я. Гальперин // Вопр. психол. – 1976. – № 1. – С. 28–37.
38. Гальперин, П.Я. К учению об интериоризации / П.Я. Гальперин // Вопр. психол. – 1966. – № 6. – С. 25–32.
39. Гальперин, П.Я. Методы обучения и умственное развитие ребенка / П.Я. Гальперин. – Москва: МГУ, 1985.
40. Гальперин, П.Я. Основные результаты исследований по проблеме «Формирование умственных действий и понятий» / П.Я. Гальперин. – Москва: Изд-во МГУ, 1965.

41. Гальперин, П.Я. Психология как объективная наука / П.Я. Гальперин. – Москва: МОДЭК, 1998. – 480 с. – ISBN 5-89395-052-6.
42. Гейзенберг, В. Физика и философия. Часть и целое / В. Гейзенберг. – Москва: Наука, 1989. – С. 3–132.
43. Генкова, Л. Моделирование процесса усовершенствования учителей / Л. Генкова. – Челябинск: Российский центр педагогического изобретательства, 1991. – 97 с.
44. Глушков, В.Н. Гносеологическая природа информационного моделирования / В.Н. Глушков // Вопросы философии. – 1963. – № 10.
45. 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.
46. 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.
47. 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.
48. 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.
49. Готт, В.С. Материальное единство мира и единство научного знания / В.С. Готт // Вопросы философии. – № 12. – 1997.
50. Готт, В.С. Философские проблемы современного естествознания: учеб. пособие / В.С. Готт, В.С. Тютин, Э.М. Чудинов. – Москва: Высшая школа, 1974. – 264 с.
51. 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).
52. 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.).

53. 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.
54. Груздева, Н.В. Интеграция как методологический и дидактический принцип (на примере школьного естественно-научного образования / Н.В. Груздева // Гуманистический потенциал естественно-научного образования: сб. науч. тр. кафедры теории и методики Санкт-Петербург ПбГУПМ / под ред. И.Ю. Алексашиной. – Санкт-Петербург, 1996. – С. 70–80.
55. 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.
56. 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\\_7dav\\_zin\\_4.ht](http://www.informika.ru/indows-/magaz/newpaper-/messedu/n4_98/co_7dav_zin_4.ht) .
57. Давыдов, В.В. Теория развивающего обучения / В.В. Давыдов. – Москва: Интор, 1996. – 542 с. – ISBN 5-89404-001-9.
58. 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.
59. Даммер, М.Д. Методические основы построения опережающего курса физики основной школы / М.Д. Даммер. – Челябинск: ЧГПУ, 1996. – 241 с.
60. Дик, Ю.И. Интеграция учебных предметов / Ю.И. Дик, А.А. Пинский // Сов. педагогика. – 1987. – № 9. – С. 42–47.
61. Дубинин, Н.П. Биология – ключевой предмет сегодняшней школы / Н.П. Дубинин, Н.А. Мягков // Биология в школе. – № 1. – 1990. – С. 16–18.
62. Дьюсбери, Д. Поведение животных: сравнит. аспекты / Д. Дьюсбери; пер. с англ. И.И. Полетаевой. – Москва: Мир, 1981. – 479 с.

63. Занков Л.В. Обучение и развитие (экспериментально-педагогическое исследование): избр. пед. тр. / Л.В. Занков. – Москва: Педагогика, 1990. – С. 83–318.
64. Захлебный, А.Н. Научно-методическая концепция курса естествознания «Природа и Человек» / А.Н. Захлебный, М.В. Рыжаков // Биология в школе. – 1990. – № 4. – С. 26–31.
65. Зверев, И.Д. Интеграция и «интегративный предмет» / И.Д. Зверев // Биология в школе. – 1991. – № 5. – С. 46–49.
66. Зигель, Ф.Ю. Неисчерпаемость бесконечного: для старшего возраста / Ф.Ю. Зигель. – Москва: Дет. лит. 1984. – 254 с.
67. Зиновьев, А.А. Логическая модель как средство научного исследования / А.А. Зиновьев, И.И. Ревзин // Вопросы философии. – 1960. – № 31. – С. 81.
68. Зыкова, В.И. Психология усвоения геометрических понятий учащимися VI классов / В.И. Зыкова // Известия АПН РСФСР. – Вып. 61. – 1954.
69. Иванников, В.А. Анализ мотивации с позиций теории деятельности / В.А. Иванников // Национальный психологический журнал. – 2014. – № 1 – С. 49–56.
70. Ильин, Е.П. Мотивация и мотивы / Е.П. Ильин. – Санкт-Петербург: Питер, 2002. – 512 с. – ISBN 5-272-00028-5.
71. Ильченко, В.Р. Формирование естественно-научного миропонимания школьников: книга для учителя / В.Р. Ильченко. – Москва: Просвещение, 1993. – 192 с. – ISBN 5-09-004036-2.
72. 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.
73. Качество знаний учащихся и пути его совершенствования / под ред. М.Н. Скаткина, В.В. Краевского. – Москва, 1978.
74. Кедров, Б. О произведении Ф. Энгельса «Диалектика природы» / Б. Кедров. – Москва: Госполитиздат, 1954. – 144 с.
75. Кедров, Б.М. Предмет и взаимосвязь естественных наук / Б.М. Кедров. – Москва: Изд-во Академии наук СССР, 1962. – 412 с.
76. Кичатинов, Л.П. Формирование мотивов деятельности школьников: учеб. пособие / Л.П. Кичатинов; Иркут. гос. пед. ин-т, 1989. – 191 с.

77. Климентьев, В.Е. Образование как предмет познания / В.Е. Климентьев // URL: <http://nature.web.ru/db/msg.html?mid=18492&uri=page7.html07/12/2005>.
78. Ковалев, В.И. Мотивы поведения и деятельности / В.И. Ковалев. – Москва: Наука, 1988. – 192 с.
79. Козлова, Т.А. Учебник для профильных классов / Т.А. Козлова // Биология в школе. – 2005. – № 3 – С. 58–60.
80. Комиссаров, Б.Д. Методологические проблемы школьного биологического образования / Б.Д. Комиссаров. – Москва: Просвещение, 1991. – 160 с.
81. Комиссаров, Б.Д. Разноуровневая программа по биологии VI–IX классы: Программы для образовательных учреждений / Б.Д. Комиссаров, И.Д. Зверев, Д.Д. Утешинский, Л.П. Анастасова. – Москва: Просвещение, 1994. – 144 с.
82. Кондаков, Н.И. Логический словарь-справочник / Н.И. Кондаков. – Москва: Наука, 1975. – 720 с.
83. Копнин, П.В. Диалектика, логика, наука / П.В. Копнин. – Москва: Наука, 1973. – 464 с.
84. Королев, М.Ю. Методическая система обучения методу моделирования студентов естественно-научных и математических направлений подготовки в педвузах: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / М.Ю. Королев. – Москва, 2012. – 501 с.
85. 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.
86. Коршунова, О.В. Метапредметность в современном обучении: сущность, признаки, проблемы и варианты реализации / О.В. Коршунова // Образование личности. – № 4. – 2016. – С. 171–180.
87. Кочергин, А.Н. Роль моделирования в процессе познания / А.Н. Кочергин // Некоторые закономерности научного познания: сб. – Новосибирск, 1964.
88. Краткий философский словарь / А.П. Алексеев, Г.Г. Васильев и др.; под ред. А.П. Алексеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Велби: Проспект, 2004. – 496 с. – ISBN 5-98032-320-1.
89. Кузнецова, О.М. Дидактические условия педагогического проектирования интегративных курсов при подготовке инженеров-педагогов: дис. ... канд. пед. наук / О.М. Кузнецова. – Екатеринбург, 1991. – 177 с.

90. Курсанов, Г.А. Диалектический материализм о понятии / Г.А. Курсанов. – Москва: ВПШ АОН при ЦК КПСС, 1963. – С. 250.
91. Кэмп, П. Введение в биологию: пер. с англ. / П.Кэмп, К. Армс. – Москва: Мир, 1988. – 671 с. – ISBN 5-03-001 286-9 (русс.); ISBN 5-03-06-3372-9 (англ).
92. Ленин В.И. Материализм и эмпириокритицизм // Полн. собр. соч. – 5-е изд. – Москва: Гос. изд-во полит. лит., 1961. – Т. 18. – 525 с.
93. Ленин, В.И. Философские тетради / В.И. Ленин // Полн. собр. соч. – 5-е изд. – Москва: Политиздат, 1963. – Т. 29. – 782 с.
94. Леонтьев, А.Н. Деятельность. Сознание. Личность / А.Н. Леонтьев. – Москва: Изд-во полит. лит., 1975. – 304 с.
95. Леонтьев, А.Н. Избранные психологические произведения: в 2 т. / А.Н. Леонтьев. – Москва: 1983. – Т. 2. – 320 с.
96. Леонтьев, А.Н. К теории развития психики ребенка / А.Н. Леонтьев // Проблемы развития психики. – Москва, 1981. – С. 509–537.
97. Леонтьев, А.Н. Психологические вопросы сознательности учащихся / А.Н. Леонтьев. – Москва: Известия АПН РСФСР, 1947. – Вып. 7. – С. 301.
98. Лингарт, Й. Процесс и структура человеческого учения / Й. Лингарт; пер. с чешского Р.Е. Мельцера. – Москва: Прогресс, 1970. – 685 с.
99. 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.
100. Максимова, В.Н. Межпредметные связи и совершенствование процесса обучения: кн. для учителя / В.Н. Максимова. – Москва: Просвещение, 1984. – 143 с.
101. Марков, А.А. Теория алгорифмов / А.А. Марков // Тр. инст. им. В.А. Стеклова. – Москва–Ленинград: Изд. АН СССР, 1954. – Т. XIII. – С. 15.
102. Маркова, А.К. Психология профессионализма / А.К. Маркова. – Москва: Издательство: Международный гуманитарный фонд «Знание», 1996. – 257 с. – ISBN 5-87633-016-7.

103. Маркс К. Сочинения: в 30 т. / К.Маркс, Ф.Энгельс. – 2-е изд. – Москва: Госполитиздат, 1961. – Т. 20. – 827 с.
104. Маркс, К. Сочинения: в 30 т. / К.Маркс, Ф.Энгельс. – 2-е изд. – Москва: Госполитиздат, 1958. – Т. 12. – 787 с.
105. Маслоу, А. Мотивация и личность / А. Маслоу. – Санкт-Петербург: Питер, 2003. – 352 с.
106. Материалистическая диалектика как общая теория развития / под руководством и общей редакцией Л.Ф. Ильичева. – Москва: Наука, 1982. – 464 с.
107. Матюхина, М.В. Мотивация учения младших школьников / М.В. Матюхина. – Москва: Педагогика, 1984. – 144 с.
108. Матюшкин, А.М. Теоретические вопросы проблемного обучения / А.М. Матюшкин // Хрестоматия педагогической и возрастной психологии. – Москва, 1981. – Ч. II. – С. 274.
109. Менчинская, Н.А. Мышление в процессе обучения / Н.А. Менчинская // Исследование мышления в советской психологии. – Москва: Наука, 1966. – С. 354.
110. Менчинская, Н.А. Проблема обучения и развития на XVIII Международном психологическом конгрессе / Н.А. Менчинская, Г.Г. Сабуров // Советская педагогика. – 1967. – № 1. – С. 20.
111. Менчинская, Н.А. Психология усвоения понятий (основные проблемы и методы исследования) / Н.А. Менчинская // Известия АПН РСФСР. – Вып. 28. – 1950. – С. 6.
112. Мильман, В.Э. Внутренняя и внешняя мотивация учебной деятельности / В.Э. Мильман // Вопросы психологии: издается с 1955 года / ред. А.М. Матюшкин, А.В. Брушлинский. – 1987. – № 5. – С. 129–139.
113. 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.
114. 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.
115. Немов, Р.С. Психология образования / Р.С. Немов. – Москва: Просвещение: Владос, 1994. – 496 с. – ISBN 5-09-005094-5.

116. Новик, И.Б. Наглядность и модели в теории элементарных частиц / И.Б. Новик // Философские проблемы физики элементарных частиц. – Москва: Изд-во АН СССР, 1963.
117. Новик, И.Б. Философские идеи Ленина и кибернетика / И.Б. Новик. – Москва, 1969. – С. 22.
118. Новиков, И. Черные дыры и вселенная / И. Новиков. – Москва: Мол. гвардия, 1985.
119. Новицкая, И.Л. Школьному курсу биологии – единую теоретическую основу / И.Л. Новицкая // Биология в школе. – 1991. – № 1. – С. 27–30.
120. Общая биология: учеб. для 10–11 кл. общеобр. учеб. заведений / В.Б. Захаров, С.Г. Мамонов, Н.И. Сонин. – 3-е изд., стереотип. – Москва: Дрофа, 2000. – 624 с. – ISBN 5-7107-3664-3.
121. 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.
122. 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.
123. Ожегов, С.И. Словарь русского языка / С.И. Ожегов; под ред. Н.Ю. Шведовой. – 18-е изд. – Москва: Рус. яз., 1986. – 797 с.
124. Омеляновский, М.Э. Аксиоматика и поиск основополагающих принципов и понятий в физике. Синтез современного научного знания / М.Э. Омеляновский. – Москва, 1973. – С. 323–354.
125. 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.
126. Основы общей биологии / Э. Гюнтер, Л. Кемпфе, Э. Либберт, Х. Мюллер / под ред. Э. Либберта; пер с нем. – Москва: Мир, 1982. – 440 с.
127. Пак, М. Теоретические основы интегративного подхода в процессе химической подготовки учащихся профтехучилищ: дис. ... д-ра пед. наук / М. Пак. – Санкт-Петербург, 1991. – 342 с.

128. 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.
129. Петров, А.В. Дидактические основы реализации принципов преемственности и развивающего обучения при формировании фундаментальных понятий в преподавании физики в педвузе: дис. ... д-ра пед. наук / А.В. Петров. – Горно-Алтайск, 1966. – 203 с.
130. Пиаже, Ж. Избранные психологические труды / Ж. Пиаже. – Москва: Международ. пед. акад., 1994. – 678 с. – ISBN 5-87977-019-2.
131. Пилюян, Р.А. Мотивация спортивной деятельности / Р.А. Пилюян. – Москва: Физкультура и спорт, 1984. – 104 с.
132. 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.
133. 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.
134. Платонов, К.К. Система психологии и теория отражения / К.К. Платонов. – Москва: Наука. – 1982. – 309 с.
135. 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.
136. Полевой, В.В. Физиология растений: учеб. для биол. спец. вузов / В.В. Полевой. – Москва: Высш. шк., 1989. – 464 с.
137. Полянский, Ю.И. Не могу молчать / Ю.И. Полянский // Биология в школе. – № 6. – 1989. – С. 48–49.
138. Похлебаев, С.М. «Эмблема жизни» выражение целостной системы живого / С.М. Похлебаев // Биология в школе. – 2004. – № 4. – С. 16–20.
139. 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.

140. 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.
141. 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.
142. 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.
143. 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).
144. 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.
145. Похлебаев, С.М. Сопряжение и разобшение 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.
146. Похлебаев, С.М. Сопряжение как механизм реализации межпредметных связей физики, химии и биологии / С.М. Похлебаев, И.А. Третьякова, М.Д. Даммер, А.А. Кохан // Перспективы развития науки и образования: сборник материалов Международной научно-практической конференции, Тамбов, 28 февраля 2015 сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 28 февраля 2015 г. в 13 частях. Часть 13. Тамбов: ООО «Консалтинговая компания Юком», 2015. – С. 102–106. – ISBN 978-5-906766-99-1.

147. 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.
148. Похлебаев, С.М. «Эмблема жизни» выражение целостной системы живого / С.М. Похлебаев // Биология в школе. – 2004. – № 4. – С. 16–20.
149. Похлебаев, С.М. Методологические основы развития естественно-научных понятий в курсе биологии при опережающем изучении физики: монография / С.М. Похлебаев. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2005. – 203 с. – ISBN 5-85716-557-1.
150. 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).
151. Похлебаев, С.М. О методологических основах построения образовательной области «Биология» в учебных стандартах школ России / С.М. Похлебаев // Вестн. Челяб. гос. пед. ун-та – 2004. – № 8. – С. 218 – 229. – Серия 2. Педагогика. Психология. Методика преподавания.
152. Похлебаев, С.М. Сопряжение как фундаментальный принцип организации и развития материи / С.М. Похлебаев, О.С. Похлебаева // Наука и школа. – 2009. – № 6. – С. 30–32. – ISBN 978-5-906766-99-1.
153. Похлебаев, С.М. Теоретико-методологический анализ содержания образовательной области «Биология» в учебных стандартах школ России / С.М. Похлебаев, В.С. Похлебаев // Вестн. Челяб. гос. пед. ун-та. – 2003. – № 4. – С. 167–180. – Сер. 10. Экология. Валеология. Педагогическая психология.
154. 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.
155. Пюльман, Б. Квантовая биохимия / Б. Пюльман, А. Пюльман. – Москва: Мир, 1965. – 654 с
156. Реброва, Л.В. Время ставит проблемы. Решать их нам / Л.В. Реброва // Биология в школе. – 1991. – № 6. – С. 25–28.

157. Ровкин, Д.В. Дидактические основы конструирования интегративного содержания учебного предмета: дис. ... канд. пед. наук / Д.В. Ровкин. – Омск, 1997. – 206 с.
158. Рокицкий, П.Ф. Специфика современного этапа развития биологии / П.Ф. Рокицкий // Биология и современное научное познание. – Москва: Наука, 1980. – С. 7–21.
159. Рубин, Б.А. Биохимия и физиология фотосинтеза: учеб. пособие / Б.А. Рубин, В.Ф. Гавриленко. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1977. – 328 с.
160. Рубинштейн, С.Л. Основы общей психологии (Серия «Мастера психологии») / С.Л. Рубинштейн. – Санкт-Петербург: Питер Ком, 1999. – 720 с. – ISBN 5-314-00016-4.
161. Рубинштейн, С.Л. Принципы и пути развития психологии / С.Л. Рубинштейн. – Москва, 1959. – С. 61.
162. Рудик, П.А. Психология. Краткий курс / П.А. Рудик. – Москва: Физкультура и спорт. – 1967. – 320 с.
163. Самарин, Ю.А. Очерки психологии ума: Особенности умственной деятельности школьников / Ю.А. Самарин. – Москва: Изд-во АПН СССР, 1962. – 504 с.
164. Свирский, М.С. Электронная теория вещества: учеб. пособие для студ. физ-мат фак. пед. ин-тов / М.С. Свирский. – Москва: Просвещение, 1980. – 288 с.
165. 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.
166. 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).
167. 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>.
168. Слостенин, В.А. Формирование личности учителя советской школы в процессе профессиональной подготовки / В.А. Слостенин. – Москва: Просвещение, 1976. – 64 с.

169. Советский энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. – 3-е изд. – Москва: Сов. энцикл., 1985. – 1600 с.
170. Соколов, А.Н. Процессы мышления при решении физических задач учащихся / А.Н. Соколов // Известия АПН РСФСР. – Вып. 54. – 1954.
171. Соколовский, Ю.И. Понятие работа и закон сохранения и превращения энергии (научно-методический анализ) / Ю.И. Соколовский // Институт методов обучения АПН РСФСР, 1950.
172. Солопов, В.П. Концепции современного естествознания: учеб. пособие для вузов / В.П. Солопов. – Москва: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1998. – 232 с.
173. Степанова, М.А. Предпосылки теории планомерно-поэтапного формирования умственных действий и понятий: Л.С. Выготский и П.Я. Гальперин / М.А. Степанова // Вопросы психологии. – № 6. – 2000. – С. 91.
174. Стоунс, Э. Психопедагогика: Психологическая теория и практика обучения / Э. Стоунс; под ред. Н.Ф. Талызиной. – Москва: Педагогика, 1984. – 472 с.
175. Страут, Е.К. Государственный общеобразовательный стандарт и возможности развития учащихся / Е.К. Страут // TheStandardsinEdukatation: Problemsand Perspektives (SE – 95): 1995. – Moskow, Russia / Edited by Vadim Lednev. – Moskow Published by ICSTI, 1995. – P. 242–243.
176. Суматохин, С.В. Естественно-научная грамотность как цель развития школьного биологического образования / С.В. Суматохин // Биология в школе. – 2019. – № 1. – С. 15–22.
177. Сухоборская, Г.С. Моделирование педагогических ситуаций / Г.С. Сухоборская, Ю.Н. Кулюткин. – Москва: Педагогика, 1981. – 207 с.
178. Талызина, Н.Ф. Развитие П.Я. Гальпериным деятельностного подхода в психологии / Н.Ф. Талызина // Вопросы психологии. – 2002. – № 4. – С. 47–49.
179. Талызина, Н.Ф. Теория поэтапного формирования умственных действий и проблема развития мышления / Н.Ф. Талызина // Советская педагогика. – 1967. – № 2. – С. 28.
180. Талызина, Н.Ф. Теоретические основы разработки модели специалиста / Н.Ф. Талызина. – Москва: Знание, 1986. – 108 с.

181. Талызина, Н.Ф. Управление процессом усвоения знаний / Н.Ф. Талызина. – Москва: Изд-во МГУ, 1975. – 343 с.
182. Тарасов, Л.В. Новая модель общего образования «Экология и диалектика» / Л.В. Тарасов. – Москва: Авангард, 1993. – 51 с.
183. 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.
184. Теоретическая биология: размышления о предмете / В.Г. Борзенков, А.С. Северцев. – Москва: Знание, 1980. – 64 с. – Серия 9. Биология. – С. 61.
185. Тимирязев, К.А. Жизнь растения. Десять общедоступных лекций / К.А. Тимирязев. – Москва: Гос. изд-во с/х лит., 1949. – 334 с.
186. Тимирязев, К.А. Избранные сочинения: в 4 т. / К.А. Тимирязев. – Москва: Огиз-сельхозгиз, 1948. – Т. 1. – 695 с.
187. Тимирязев, К.А. Исторический метод в биологии: избр. соч.: в 4 т. / К.А. Тимирязев. – Москва: Сельхозгиз, 1948. – Т. 3. – 644 с.
188. Третьякова, И.А. Методологическая роль понятия «Сопряжение» в понимании коэволюции типов обмена веществ и среды обитания организмов / И.А. Третьякова, С.М. Похлабаев // Наука и школа. – 2011. – № 6. – С. 85–88.
189. 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.
190. 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.
191. Третьякова, И.А. Обобщение и развитие как сопряженная диалектическая пара рационального познания / И.А. Третьякова // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6 (2). – С. 458–463.
192. 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.

193. Третьякова, И.А. Сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия и методология познания / И.А. Третьякова // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 11 (9). – С. 1929–1933.
194. Третьякова, И.А. Сопряжение методологий как общая стратегия изучения биологических систем / И.А. Третьякова // *Наука и школа*. – 2012. – № 5. – С. 83–86.
195. Третьякова, И.А. Теория и практика формирования и развития сопряженных физиологических понятий «фотосинтез» и «дыхание» в курсе биологии: монограф. / И.А. Третьякова, С.М. Похлебаев. – Челябинск: Изд-во Южно-Урал. гос. гуман.-пед. ун-та, 2018. – 245 с.
196. 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.
197. Третьякова, И.А. Теоретико-методологические основы 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.
198. Тюхтин, В.С. О природе образа / В.С. Тюхтин. – Москва: Высш. шк., 1963.
199. Уемов, А.И. Аналогия и модель / А.И. Уемов // *Вопросы философии*. – 1962. – № 3.
200. Уемов, А.И. Логические основы метода моделирования / А.И. Уемов. – Москва: Мысль, 1971. – 272 с.
201. Урсул, А.Д. Отражение и информация / А.Д. Урсул. – Москва: Мысль, 1973. – 231 с.
202. 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.
203. Усова, А.В. Проблемы теории и практики обучения в современной школе / А.В. Усова. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2002. – 221 с. – ISBN 5-85716-346-6.
204. Усова, А.В. Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения / А.В. Усова. – Москва: Педагогика, 1986. – 176 с.

205. 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.
206. 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.
207. Усова, А.В. Новая концепция естественно-научного образования и педагогические условия ее реализации / А.В. Усова. – 3-е изд., доп. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000. – 48 с. – ISBN 5-85-716-032-4.
208. Усова, А.В. Новая концепция естественно-научного образования / А.В. Усова. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2005. – 45 с. – ISBN 5-85716-032-4.
209. 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.
210. Усова, А.В. Проблемы теории и практики обучения в современной школе: избранное / А.В. Усова. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2002. – 221 с.
211. Усова, А.В. Теоретико-методологические основы построения новой системы естественно-научного 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.
212. Усова, А.В. Типичные ошибки в усвоении понятий учащимися / А.В. Усова // Вопросы методики и психологии формирования физических понятий. – Челябинск: ЧГПИ, 1970. – Вып. 1.
213. Усова, А.В. Формирование у школьников научных понятий в процессе обучения. – 2-е изд., испр. / А.В. Усова. – Москва: Изд-во Ун-та РАО, 2007. – 310 с. – ISBN 5-204-00491-2.
214. Учебные стандарты школ России. Государственные стандарты начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования / под ред. В.С. Леднева, Н.Д. Никандрова, М.Н. Лазутовой. – Москва: «ТЦ Сфера»; «Прометей», 1998. – Кн. 2. – 336 с.

215. Фейман, Р. Феймановские лекции по физике / Р. Фейман, Р. Лейтон, М. Свидс. – Москва: Мир, 1965. – Вып. 1. – С. 32–34.
216. Философия в современной культуре: новые перспективы (материалы «круглого стола») // Вопросы философии. – № 4. – 2004. – 192 с.
217. Философские основания естествознания / под ред. С.Т. Мелюхина, Г.Л. Фурмонова, Ю.А. Петрова и др. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1977. – 343 с.
218. Философский словарь / под ред. И.Т. Фролова. – Москва: Политиздат, 1986. – 590 с. – ISBN 5-250-02742-3.
219. Формирование естественно-научного мышления учащихся при изучении школьного курса биологии: учебно-метод. комплекс / сост. С.М. Похлебаев. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 1999. – 143 с.
220. 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.
221. 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.
222. Фролов, И.Т. Гносеологические проблемы моделирования биологических систем / И.Т. Фролов // Вопросы философии. – 1961. – № 2. – С. 41.
223. Фролов, И.Т. Очерки методологии биологического исследования / И.Т. Фролов. – Москва: Мысль, 1965. – С. 159.
224. Хайнд, Р. Поведение животных / Р. Хайнд. – Москва: Мир, 1975. – 856 с.
225. 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).
226. Хекхаузен, Х. Мотивация и деятельность / Х. Хекхаузен. – 2-е изд. – Санкт-Петербург: Питер; Москва: Смысл, 2003. – 860 с. – ISBN 5-94723-389-4.

227. Хинчин, А.Л. Основные понятия математики и математические определения в средней школе / А.Л. Хинчин. – Москва: Учпедгиз, 1940.
228. Хрипкина, А.Г. О создании интегрированного курса «Естествознание» / А.Г. Хрипкина, А.Н. Мягкова, Г.С. Калинова // Биология в школе. – 1988. – № 5. – С. 20–26.
229. Хрипкина, А.Г. Создание интегративного курса – объективная необходимость / А.Г. Хрипкина, А.Н. Мягкова, Г.С. Калинова // Биология в школе. – 1990. – № 1. – С. 48–50.
230. Хуторской, А.В. Методика проектирования и организации метапредметной образовательной деятельности учащихся / А.В. Хуторской // Муниципальное образование: инновации и эксперимент. – 2014. – № 2. – С. 7–23.
231. Чавчанидзе, В.В. Модели науки и кибернетика / В.В. Чавчанидзе // Кибернетика, мышление, жизнь: сб. – Москва: Мысль, 1964.
232. Чепиков, М.Г. Интеграция науки: (Философский очерк) / М.Г. Чепиков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Мысль, 1981. – 276 с.
233. Чирков, Ю.Г. Охота за кварками / Ю.Г. Чирков. – Москва: Мол. гвардия, 1985. – 223 с.
234. Шардаков, М.Н. Мышление школьника / М.Н. Шардаков. – Москва: Учпедгиз, 1963. – С. 214.
235. 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).
236. 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.
237. Шевцова, З.И. Психология формирования абстрактных понятий у учащихся средней школы: автореф. дис. ... канд. пед. наук / З.И. Шевцова. – Москва, 1962.
238. Штофф, В.А. Моделирование и философия / В.А. Штофф. – Москва–Ленинград: Наука, 1966. – 302 с.

239. Энгельс, Ф. Диалектика природы / Ф. Энгельс // К. Маркс и Ф. Энгельс: соч. – Москва: Гос. изд-во полит. лит., 1961. – Т. 20. – С. 343–626.
240. Энгельс, Ф. Диалектика природы / Ф. Энгельс. – Москва: Политиздат, 1987. – 349 с.
241. Эшби, У.Р. Что такое разумная машина? / У.Р. Эшби // За-рубеж. электроника. – 1962. – № 3. – С. 79–83.
242. Яворук, О.А. Дидактические основы построения интегра-тивных курсов в школьном естественнонаучном образова-нии / О.А. Яворук. – Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000. – 247 с. – ISBN 5-85716-323-4.
243. Якобсон, П.М. Психология чувств и мотивации / П.М. Якоб-сон. – Москва: МПСИ, 1998. – 304 с. – ISBN 5-89395-062-3.
244. Benjamin, A.C. The logical structure of sciences. London / A.C. Benjamin. – 1936. – P. 256.
245. Haber, H. Ubereinige philosophi schwichtige Aspekte der Quantentheorie. In: Naturwissenschaft und Philosophie / H. Haber. – Berlin, 1960. – S. 30.
246. Plank, M. Wegezu rphysikali schen Erkenntnis / M. Plank. – Leipzig, 1944. – S. 267.
247. Rosenbluth, A. The role of models in science / A. Rosenbluth, N. Winer // Phil. Sci., 1945. – Vol. 4. – P. 316.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

*Научить мыслить биологически – самое трудное.*  
Тимофеев-Ресовский

### Приложение 1

#### **Теоретико-методологические основы формирования понятий «вещество» и «энергия» в разделе «Растения»**

Целенаправленная закладка биологического фундамента в школе начинается с изучения раздела «Растения». Этот этап начала формирования биологического мышления является исключительно важным и вместе с тем сложным в том, что учитель, раскрывая учащимся «тайну» жизни зеленых растений, должен не только познакомить их с внешними признаками живого, но и в самом общем виде раскрыть внутренние механизмы, обуславливающие эти внешние проявления. Поставленная задача очень непростая. Трудность ее решения заключается в том, что для осмысления физиологических процессов учащимся необходимы элементарные знания по физике и химии. Однако с основами этих наук они знакомятся гораздо позднее. Как быть?

Большинство учителей, придерживаясь программы и учебника, идут по наиболее легкому пути, отдавая предпочтение изучению строения живых объектов и внешним проявлениям признаков жизни, то есть ставят на первое место изучение формы. Что касается сущности биологических процессов, то сведения о них остаются отрывочными, несвязанными, а порой и неверными. При таком подходе к изучению раздела «Растения» вряд ли можно говорить о том, что мы учим ребят мыслить биологически и закладываем био-

логический фундамент. Здесь уместно вспомнить слова В.И. Ленина, который писал по такому поводу, что необходимо учить с азов, но учить не «полунауке», а всей науке [92].

Выход из создавшегося положения на первый взгляд кажется простым. Необходимо изучать физику и химию раньше, чем биологию, что позволит получать учащимся элементарные знания по данным предметам, необходимые для понимания основ биологии. Следует отметить, что идея ведения курсов физики и химии впереди биологии не нова. В ряде школ г. Челябинска в 60-х годах такой эксперимент под руководством А.В. Усовой проводился и дал положительные результаты. Однако этот положительный опыт по неизвестным причинам не был внедрен в практику школ, что негативно отражается в целом на подготовке выпускников по естественным дисциплинам.

Реализация данной идеи становится особенно актуальной в настоящее время, так как решение многих насущных проблем в области естествознания требует интеграции знаний физики, химии, биологии. Подобная тенденция в науке неизбежно приведет к необходимости перестройки содержания и структуры всех естественных курсов. Прогнозируя такую ситуацию, ряд исследователей (А.В. Усова, М.Д. Даммер, С.М. Похлебаев, М.Ж. Симонова) ведут работу по внедрению новой концепции естественно-научного образования, разработанной А.В. Усовой и апробированной в школах Челябинска, Аши, Омска и Ханты-Мансийска [212].

Проведенный педагогический эксперимент дал положительные результаты, и работа исследователей в этом направлении продолжается.

Среди естественных дисциплин особенно остро стоит вопрос о пересмотре стратегии биологического образования. По мнению А.В. Усовой, «Наличие существенного раз-

рыва между содержанием предметов естественного 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 ... 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» [там же, с. 3]. В настоящее время учителя биологии находятся в сложной ситуации. Реформы, проводимые в системе народного образования, в том числе и биологического, требуют кардинальных изменений в его содержании. Однако внести эти коррективы в существующие учебные планы по естественным дисциплинам не представляется возможным, так как они до сих пор содержат в себе противоречия, обусловленные историческим ходом развития наук о природе.

Биология как наука о 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) в исследовании преобладало морфологическое направление. Простое описание или перечисление окружающих нас растений и животных не вызвало общего интереса ни с теоретической, ни с практической точек зрения. Это послужило одной из причин, что общество в целом к данным исследованиям относилось сдержанно. Для описания и систематизации органических форм исследователям не нужно было обладать в известной степени никакими предварительными сведениями, поэтому морфология

развивалась сама по себе и практически не использовала знания других смежных наук о природе. Пока морфологи (и в первую очередь ботаники и зоологи) занимались исключительно формами, химики и физики проникли в область растительной и животной клетки и заложили основу физиологического направления в биологии. Вполне очевидно, что физиологическое направление смогло возникнуть позже, то есть только после развития физики и химии. Однако отсталость физиологического направления в значительной степени обусловлена односторонностью самих исследователей [187, с. 31–37].

Таким образом, своими устоями физиологическое направление обязано не морфологам (биологам), а физикам и химикам. И это в известной мере закономерно, так как для объяснения явлений жизни, в основе которых лежат физические и химические явления, необходимо быть знакомым с последними. 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 [4].

Анализируя историческое развитие морфологии и физиологии, К.А. Тимирязев (1949) писал: «Для того, чтобы быть морфологом, нужно быть морфологом и только. Для того, чтобы быть физиологом, нужно быть в известной степени и физиком, и химиком, и морфологом» [185, с. 23–24].

Эти 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 дисципли-

ну считают относительно несложной. Содержание ее сводят к систематизации и описанию наблюдаемых структур. При ее первоначальном изучении не делается опоры на знания других естественных дисциплин, в первую очередь физики и химии. Все это служит основанием для изучения биологии в младших классах среднего звена (5–6 класс), и она предшествует изучению физики и химии. Следует отметить, что вышеуказанное противоречие неоднократно пытались и пытаются решить за счет введения в начальной школе интегрированных курсов естествознания. Однако результаты экспериментов неутешительны.

Таким образом, приведенные рассуждения позволяют констатировать, что современные научные биологические знания невозможно формировать без опоры на физические и химические понятия и законы. Из этого следует, что необходимо кардинально переработать учебные планы и программы по естественно-научным дисциплинам в средней школе и курсу биологии отвести в них соответствующее место.

Негативные моменты, имевшие место в становлении и развитии биологической науки, уже давно получили должную оценку, и в ее развитие внесены необходимые коррективы. Казалось бы, соответствующая работа должна быть проведена и в сфере образования. Однако консерватизм в ней более устойчив, чем в науке, поэтому даже на сегодняшний день только незначительная часть учителей и преподавателей признает актуальность этих перемен. Существенным тормозом в этом преобразовании становится и общественное мнение в отношении биологии, которое мало чем отличается от существовавшего во время ее зарождения. Подтверждением этому является «стратегия», прописанная как в общих положениях учебных стандартов школ России,

так и в разделе «Общая характеристика образовательной области «Биология»». Так, определяя компетенцию федерального компонента стандартов в рамках базисного учебного плана, авторы отмечают, что он «обеспечивает единство школьного образования в стране и включает в себя ту часть содержания образования, в которой выделяются учебные курсы общекультурного и общегосударственного значения. В полном объеме их представляют русский язык (как государственный), математика, информатика, физика, астрономия, химия» [214, с. 11]. Приведенная цитата дает основание полагать, что биология как учебная дисциплина не имеет ни общекультурного, ни общегосударственного значения. Данный факт еще раз подтверждает, что догматизм в области биологического образования настолько силен, что до сих пор отражает противоречия, сложившиеся в ходе исторического развития биологии как науки.

Подтверждением вышесказанного является и структура действующего базисного учебного плана основной школы (5–9 классы), по которому изучение биологии начинается в 5 классе, а физики и химии, знания которых необходимы для понимания биологических явлений, только в 7-х и 8-х классах соответственно. Следует отметить, что относительно курсов физики и химии в данном плане соблюдена необходимая иерархия, и курс физики изучается впереди курса химии, что позволяет изучать химические явления не только на эмпирическом уровне, но и на теоретическом. Естественно, что данная логика должна быть соблюдена и в отношении курса биологии. Однако авторы учебного плана по непонятным причинам в отношении курса биологии по-прежнему руководствовались идеями прошлого, а точнее позапрошлого века.

Нарушение единой логики построения «пирамиды» естественных дисциплин, по-видимому, привело и к неопределенности формулировки, касающейся определения уровня биологических знаний, которые должны иметь учащиеся после окончания основной школы. Определяя содержание трех компонентов школьного биологического образования, авторы отмечают: «Второй компонент представлен в основной общеобразовательной школе, где изучается систематический курс биологии, который призван обеспечить овладение всеми учащимися необходимым *минимумом биологических знаний*» [214, с. 197]. Данная формулировка является весьма неопределенной и не соответствует ни одному из критериев, используемых для определения уровня научного знания (здесь уместно напомнить, что в школе закладываются элементы научного знания). Приведенные факты наглядно свидетельствуют о том, что реформы, проводимые в образовательной области «Биология», так и не решили ее фундаментальной проблемы – не поставили преподавание биологии на научные рельсы.

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

По мнению Л.М. Фридмана, разрешение этого противоречия возможно, но «для этого в высшем образовании должны получить приоритет методологические основы содержания обучения, овладение студентами основными по-

знавательными средствами, методами и приемами изучаемых наук с тем, чтобы создать необходимую базу для непрерывного самообразования и самосовершенствования. И лишь на базе методологических основ в учебных предметах вуза должно изучаться все остальное содержание обучения как конкретизация и реализация этих основ» [221, с. 121].

Методология как особая отрасль научного исследования призвана направлять научный поиск. Поэтому не случайно Ф. Энгельс в своем труде «Диалектика природы» подчеркивал, что каждый ученый, а особенно естествоиспытатель, должен владеть диалектической методологией [240]. Наличие специфических для науки форм и целей познавательной деятельности требует специфических средств и методов, обеспечивающих постижение все новых объектов и более быстрыми темпами. Эта потребность должна привести к появлению новых методов и приемов (методологий), которые наряду с имеющимися станут эффективным инструментом познания окружающего мира и формой мышления не только ученых, но и учащихся. Знакомство с научными методологиями при изучении тех или иных предметов следует начинать еще в школе. На этом особо акцентируют внимание авторы экспериментальных программ по биологии, усматривая в этом научный инструмент познания объективной реальности [81; 219].

Вполне очевидно, что изменение стратегии естественно-научного образования потребует большой организационной, научно-методической и учебно-методической работы. Это, по-видимому, по силам не каждой школе. Частичное решение этой проблемы возможно за счет тактических нововведений. Важнейшим из них может быть введение в программы и курс биологии (раздел «Растения») новой темы: «Генетическая связь живой и неживой природы», в которой

учитель биологии может заложить основные физические и химические понятия.

Перестройка биологического образования потребует также и создания единого теоретического курса школьной биологии, отвечающего уровню и логике современной науки [119]. Такие попытки были предприняты и завершились тем, что все предметы биологического цикла, изучаемые в школе, объединили под общим названием «Биология».

Что касается содержания, то такой единой теоретической основы для всех разделов биологии создано не было. Основная причина этому – отсутствие в содержании биологического образования прочного фундамента теоретической биологии, который можно создать лишь на межпредметной основе.

Если ориентироваться на структуру, системное содержание и функции современного научного знания, признать необходимость логического соответствия научных и школьных, вузовских знаний (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, следственно интегрированы, и задача состоит лишь в том, чтобы это достойным образом отразить в программах. Эмпирический же уровень интеграции знаний имеет низкофункциональное содержание.

Ядром естественно-научного мышления являются естественно-научные понятия и законы, общие для естественных наук. Таковыми являются понятия вещества, поля,

структурных форм вещества, молекулы, атома, иона, взаимодействия, движения, работы, силы, энергии, электрического заряда и законы: сохранения и превращения энергии, сохранения импульса; сохранения электрического заряда; всемирного тяготения и др. [211; 213].

Поэтому первым важнейшим условием формирования естественно-научного мышления является полноценное усвоение учащимися естественно-научных понятий и законов, общих для цикла естественных дисциплин (физики, биологии, химии, географии). На основе усвоения учащимися и студентами общих для естественных наук понятий и законов формируется естественно-научная картина мира.

Центральным в естественных науках является понятие «вещество». Оно как вид материи является структурной основой всех объектов живой и неживой 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) и формы его движения изучаются соответствующими дисциплинами: ФФДМ – физикой, ХФДМ – химией, БФДМ – биологией. 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 – системный подход. Взятие его на вооружение 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. Они обуславливают существование любой природной системы, ее дальнейшее развитие и преобразование в системы более высокого уровня. При этом каждый уровень отличается целостностью, своеобразием свойств и явлений, особой структурой этой целостности. Эти общие принципы системного подхода, отражающие естественную эволюцию материи, должны быть положены и в основу формирования понятия «вещество» в школьных курсах физики, химии, биологии, географии. Прослеживание генетических связей между системами различного уровня организации вещества на основе данных современной науки позволит создать целостную картину их развития во Вселенной.

Как известно, количественной мерой всех форм движения материи (вещества) является энергия. Вещество и энергия неотделимы (по крайней мере на микроуровне), а потому и формирование этих понятий, раскрытие их сущности должно идти параллельно и во взаимосвязи. Вследствие существования закона сохранения энергии понятие «энергия» связывает воедино все явления природы.

В природе ничего не исчезает и не останавливается, только переходит из одного состояния в другое, образуя восходящие и нисходящие спирали в развитии вещества, энергии и организации (информации).

Для вещества – это движение по агрегатному состоянию: твердое, жидкое, газообразное, плазменное, корпускулярное, полевое.

Для энергии – это движение по видам: механическое, тепловое, электромагнитное, гравитационное.

Для организации – это движение по взаимодействию: моносистема, бисистема, полисистема.

Все три основания – вещество, энергия и организация, – взаимодействуя между собой и имея различный уровень развития, порождают миллионы модификаций саморазвития по восходящей и нисходящей спиралью. Побуждающей силой самоорганизации прерывных элементов в какой-либо одной системе является выравнивание внутри нее противоречия. Возникновение противоречий в ходе движения материи является необходимой предпосылкой для ее перехода на новый уровень организации. Одним из таких итогов развития противоречий в химической форме движения материи является возникновение на ее основе более высокоорганизованной биологической формы движения материи, которая именуется жизнью.

С момента зарождения жизни на нашей планете она стала важнейшим фактором поддержания на Земле условий, необходимых для ее адаптации и развития. Это проявление одной из частных закономерностей диалектического развития, когда законы, свойственные более высокой форме движения материи, становятся господствующими и подчиняют себе последующий процесс развития, определив ход не только биологической, но и химической эволюции.

Жизнь, однажды возникнув и распространившись на поверхности нашей планеты, становится силой, которая организует новую целостность – биосферу – и определяет протекающие в ней процессы. Представление о биосфере позволяет увидеть жизнь как сплошной, непрерывный во времени и пространстве поток, в котором беспрестанно преобразуются вещество, энергия и информация [22]. Однако и здесь мы в первый раз сталкиваемся с диалектическим противоречием: формой существования и эволюции этого непрерывного потока являются дискретные, ограниченные в пространстве и времени, выделенные из окружающей

среды образования – отдельные организмы. Каждый организм – это сгусток, в котором концентрируется вещество, энергия и информация. Их запасы организм пополняет из окружающей среды, в которой они находятся в более рассеянном или в менее упорядоченном виде. Организм перерабатывает эти ресурсы, переводя их в качественно новое, более организованное состояние.

Взаимодействие организма с окружающей средой, прежде всего с другими организмами, есть реакция, конструкция того потока жизни, которым освоена поверхность нашей планеты. Потребляя в процессе своего формирования и развития из окружающей среды вещество, энергию и информацию, живой организм упорядочивает материю, переводит ее из менее организованного в более организованное состояние. Такая же работа самоорганизации осуществляется и на всех других уровнях живого – от молекулы и клетки до биосферы в целом [21].

Биологическая организованность проявляется и в повсеместном пространственном упорядочивании структур и конфигураций, и во временной согласованности химических реакций, обменных процессов, схем поведения организмов и, наконец, взаимодействий между видами и популяциями в мире живого. Конечно, в живой природе беспрестанно происходят процессы, ведущие не только к повышению, но и к понижению уровня организованности – процессы отмирания, распада и т.д. Они являются необходимым и закономерным звеном в общем круговороте биосферы, в которой в целом преобладает тенденция к поддержанию и повышению уровня организованности.

В основе формирования и эволюции любой биологической системы лежат три явления: открытость, саморегуляция и самовоспроизведение [28]. Благодаря явлению от-

крытости, через живые системы постоянно проходят потоки вещества, энергии и информации, которые они перерабатывают и используют для поддержания и повышения уровня своей организации. Для того чтобы существовать и развиваться, живым организмам постоянно приходится разрешать те же противоречия, которые имели место при переходе химической формы движения материи в биологическую. А именно: создавать из неорганических веществ окружающей среды органические, превращая их в последующем в более сложные органические соединения – биополимеры – белки и нуклеиновые кислоты, которые на молекулярном уровне составляют фундамент живого; поглощать энергию внешней среды, стабилизировать ее и использовать на синтез этих соединений, а также на другие процессы жизнедеятельности. Последующая эволюция пробионтов стала возможной благодаря тому, что часть из них приобрела ряд мутаций, которые обусловили появление автотрофных организмов и в первую очередь фотосинтетиков. Именно они в дальнейшем предопределили эволюционную стратегию всего живого на Земле. Появление фотосинтеза на нашей планете по своей значимости можно сравнить лишь с самим зарождением жизни. Поэтому не случайно основоположник учения о фотосинтезе К.А. Тимирязев говорил о его глобальной (космической) роли для всего живого [186]. Эту идею поддержал и развил В.И. Вернадский в своем учении о биосфере [21]. Космическая роль фотосинтеза объясняется тем, что это единственный процесс на Земле, идущий в грандиозных масштабах и связанный с превращением энергии солнечного света в энергию химических связей органических веществ. Эта космическая энергия запасается зелеными растениями и составляет основу для жизнедеятельности всех форм гетеротрофных организмов на Земле – от

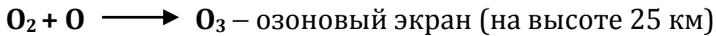
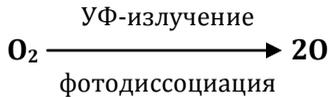
бактерий до человека. Выделяют несколько аспектов космической роли фотосинтеза:

1. *Накопление органической массы.* В процессе фотосинтеза наземные растения образуют 100–172 млрд тонн, а растения морей – 60–70 млрд тонн биомассы в год. Эти органические вещества – резерв энергетического и пластического материала для всех организмов. За длительный период органические остатки растений и животных накапливались и модифицировались в гумус, торф, каменный уголь, нефть, газ, которые человечество уже много лет использует в качестве источников сырья и энергии в своей производственной деятельности. Следовательно, фотосинтез predetermined не только биологическую эволюцию всех организмов на нашей планете, но и социальную эволюцию человечества.

2. *Накопление  $O_2$  в атмосфере.* В ходе фотосинтеза в атмосферу ежегодно поступает 70–120 млрд тонн  $O_2$  (по некоторым данным – до 200 млрд). Один гектар леса весной и летом выделяет за один час  $O_2$  в количестве, достаточном для дыхания 200 человек. Кислород необходим для дыхания всех гетеротрофов – бактерий, грибов, животных, человека (аэробов). При аэробном дыхании органические вещества используются более эффективно (выделяется больше энергии и образуется большее разнообразие промежуточных метаболитов), чем в отсутствие  $O_2$  – при брожении. Аэробное дыхание (важнейший аромизоз) во многом predetermined появление организмов с высоким уровнем организации, вплоть до человека. Кислород необходим для дыхания и растениям (особенно в ночное время).

3. *Образование озонового слоя.* Благодаря процессу фотосинтеза, в результате которого выделяется кислород на нашей планете, образовался озоновый экран, который защищает от жестокого ультрафиолетового излучения все живое.

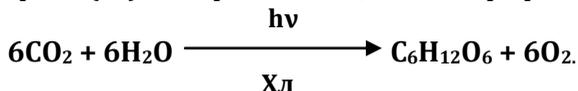
Молекула озона  $O_3$  поглощает ультрафиолетовые лучи с длиной волны 240–290 нм. Образование озона:



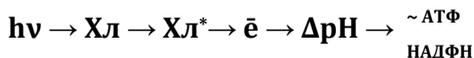
Озоновый экран находится в стратосфере и поглощает значительную часть ультрафиолетовых лучей, которые в большом количестве губительны для всего живого. Появление озонового слоя позволило водным организмам освоить наземную среду (новые экологические ниши), что в конечном итоге привело к разнообразию видов на планете, пищевых сетей и повышению устойчивости биосферы.

4. *Регуляция температуры планеты Земля.* Поддержание концентрации  $CO_2$  в атмосфере за счет фотосинтеза на определенном уровне (наряду с мировым океаном) позволяет избежать парникового эффекта и поддерживать определенную температуру планеты. Молекулы  $CO_2$  поглощают инфракрасные лучи. При накоплении органического вещества на планете в виде торфа, каменного угля, нефти и т.д. содержание  $CO_2$  в атмосфере снижалось и к настоящему времени составляет 0,03% (по объему) или 711 млрд тонн в пересчете на углерод [136]. Связывание углекислого газа происходило не только за счет фотосинтеза, но и за счет образования карбонатов в мировом океане. Атмосфера с повышенным содержанием  $CO_2$  непригодна для жизни, так как этот газ при высокой концентрации обладает наркотическим действием. Изменение его концентрации в биосфере выступает как элемент обратной связи и приводит к усилению процесса фотосинтеза растений, что устраняет избыток  $CO_2$ . Однако без ответа остается вопрос: справятся ли леса, площадь которых катастрофически сокращается, с предстоящей угрозой всему живому?

Процесс фотосинтеза уникален не только в аспекте своей глобальной значимости для всего живого, но и в аспекте сложности. Это касается как механизмов преобразования энергии, так и механизмов преобразования вещества (разделение этих механизмов условное). В общепринятом уравнении фотосинтеза отражены лишь исходные вещества ( $CO_2$  и  $H_2O$ ), конечные продукты ( $C_6H_{12}O_6$  и  $O_2$ ), а также изначальная форма энергии ( $h\nu$ ), которая поглощается хлорофиллом (Хл).



При детальном изучении механизмов фотосинтеза было выяснено, что внешняя неустойчивая энергия квантов света не может быть непосредственно использована для синтеза углеводов из углекислого газа и воды. Эта солнечная энергия должна быть поглощена, частично стабилизирована (переведена в лабильные формы энергии), а затем использована для синтеза углеводов. Данные преобразования происходят в световую фазу фотосинтеза и их можно представить в виде следующей схемы:

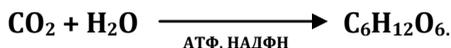


Таким образом, в световой фазе фотосинтеза происходит поэтапная стабилизация внешней неустойчивой энергии квантов света во внутреннюю лабильную энергию макроэргических связей АТФ и НАДФН через промежуточные формы энергии электронного возбуждения и дельту  $pH$  – при участии хлорофилла. Подобное преобразование энергии во многом обусловлено свойствами металлопорфиринов, а именно: Mg-порферинов – хлорофиллов и Fe-порферинов, которые входят в состав цитохромов. Хлорофилл играет в энергетическом преобразовании главную роль, так как обладает уникальными свойствами оптического и химическо-

го сенсбилизаторов. Поэтому не случайно К.А. Тимирязев назвал хлорофилл самым уникальным веществом на Земле.

Судьба молекул АТФ и НАДФН, образовавшихся в световой фазе фотосинтеза, может быть двойкой. Они могут быть использованы на процессы жизнедеятельности растительных клеток или потрачены на синтез углеводов в темновой фазе фотосинтеза.

Фотосинтез по сравнению с дыханием имеет ряд особенностей. Одна из них заключается в том, что этот процесс является прерывным. Он не идет ночью и зимой. Следовательно, преобразовывать энергию солнца в лабильную энергию ~АТФ и НАДФН в течение года растительный организм может не всегда. Вместе с тем для поддержания процессов жизнедеятельности любого организма постоянный приток энергии является обязательным условием его существования. Запас энергии в форме ~АТФ на длительное время невозможен, так как время жизни этих молекул составляет 2–3 мин. Частично данное противоречие разрешается в темновой фазе фотосинтеза, где лабильная энергия ~ АТФ и НАДФН трансформируется в устойчивую энергию химических связей углеводов. Если изобразить темновую фазу фотосинтеза схематично в самом общем виде, то она будет выглядеть следующим образом:



Энергия, запасенная в химических связях органических веществ, очень устойчива, а потому может долго храниться и постепенно использоваться. Для того чтобы использовать эту форму энергии, ее необходимо перевести в лабильную форму энергии ~АТФ, которая является универсальной для всех живущих на нашей планете организмов. Подобные преобразования происходят в процессе дыхания, который будет рассмотрен ниже.

Механизмы преобразования вещества в процессе фотосинтеза столь же уникальны, как и механизмы образования энергии. Согласно теории биопоза зарождению жизни на Земле предшествовала длительная химическая эволюция, в ходе которой из неорганических веществ образовались органические. Появление нового принципа организации вещества на базе углеродного скелета необходимо рассматривать как качественную ступень в химической форме движения материи. Образование органических веществ из неорганических стало возможным благодаря оптимальному сочетанию ряда внешних условий: мощное ультрафиолетовое и ионизирующее излучение, искровые разряды молний, высокая температура и влажность, восстановленная атмосфера и т.д. Основопологающим фактором этих внешних условий явилось мощное энергетическое воздействие на неорганические молекулы.

По мере эволюции планеты Земля она остывала, и внешние факторы становились более щадящими, что дало возможность для дальнейшей эволюции органических соединений, вплоть до образования первичных живых существ – пробионтов. Однако в изменившихся условиях абиогенное образование органических веществ из неорганических стало невозможным.

В ходе дальнейшей эволюции только некоторые из простейших форм жизни смогли взять на вооружение уникальные принципы по созданию органических веществ из неорганических, которые имели место при развитии химической формы движения материи. Из всего разнообразия организмов этому «научились» в глобальных масштабах фотосинтезики и хемосинтезики (роль последних не столь существенна). Таким образом, синтезировать в огромных объемах новый класс веществ – органических из неорганических – могут лишь организмы, которым присущ процесс фотосинтеза.

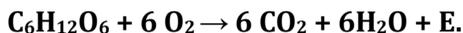
Образование органических веществ (углеводов) из неорганических ( $CO_2$  и  $H_2O$ ) происходит в темновой фазе фотосинтеза, которая представлена биохимическим этапом (циклом Кальвина). Прямой синтез органических веществ из неорганических невозможен, так как молекулы  $CO_2$  и  $H_2O$  крайне устойчивы (их электроны находятся на низких энергетических уровнях) и они не могут взаимодействовать между собой даже при участии ферментов.

Живая природа «предложила» новый принцип образования органических веществ из неорганических, который, по-видимому, можно назвать полуконсервативным (по аналогии с механизмом репликации ДНК). Когда неорганическое соединение встраивается в готовую органическую молекулу, увеличивая тем самым молекулярную массу исходной органической молекулы (рибулозодифосфата), образовавшееся нестойкое шестиуглеродное соединение распадается на триозы. Часть триоз идет на регенерацию первичного акцептора (рибулозодифосфата), другая – на образование углеводов.

Таким образом, биохимические реакции фотосинтеза, лежащие в основе превращения неорганических веществ в органические, являются исключительно уникальными и имеют огромное значение для всего живого.

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

как и фотосинтеза, лежат процессы превращения вещества и энергии. В общепринятом уравнении дыхания они представлены следующим образом:



Если комментировать суть энергетических преобразований данного уравнения, то она состоит в следующем. Устойчивая энергия химических связей освобождается, но в какую форму она преобразуется – непонятно. Для понимания энергетических преобразований хотя бы в общем виде уместно дать следующую схему:



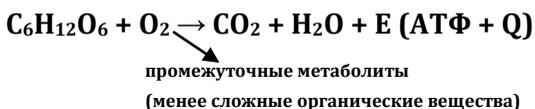
Данная схема позволяет охарактеризовать дыхание с энергетической точки зрения как *процесс преобразования устойчивой энергии химических связей органических веществ в лабильную энергию макроэргических связей АТФ через промежуточные формы энергии:  $\bar{e}$  и  $\Delta p\text{H}$* . Следует также помнить, что значительная часть энергии выделяется в виде тепла.

Таким образом, энергетические преобразования в процессе дыхания имеют исключительно важное значение для всех организмов, как автотрофов, так и гетеротрофов. Именно в этом процессе происходит трансформация устойчивой энергии химических связей углеводов и других органических веществ в универсальную лабильную энергию  $\sim\text{АТФ}$ , которая используется для всех жизненно важных процессов любого организма.

Для роста и развития клеток и целого организма необходима не только энергия, но и пластический материал: белки, жиры, углеводы и т.д. Выше уже отмечалось, что углеводы, образовавшиеся в процессе фотосинтеза, могут использоваться для построения клеточных оболочек в растительном организме. Однако основными строительными

материалами органелл растительной клетки являются белки, липиды и др. соединения. Для их синтеза необходимы исходные вещества: для белков – аминокислоты, для липидов – глицерин и жирные кислоты, для нуклеиновых кислот – нуклеотиды.

Если вернуться к общему уравнению дыхания и рассмотреть его с точки зрения превращения вещества, то мы можем констатировать, что в процессе дыхания все молекулы глюкозы распались до  $CO_2$  и  $H_2O$ , то есть органические вещества преобразовались в неорганические. С химической точки зрения данное уравнение имеет смысл, однако с биологической – оно в определенной степени сбивает с толку учащихся. У них закономерно возникает вопрос: если в процессе дыхания все органические вещества распались до неорганических, откуда же клетка получает строительный материал? Для снятия данного противоречия необходимо наряду с общим уравнением дыхания привести учащимся общую схему дыхания (опустив при этом коэффициенты):



Исходя из данной схемы, учащиеся делают вывод о том, что дыхание не только поставщик энергии (в форме АТФ и тепла), но и поставщик промежуточных метаболитов для синтеза всех соединений клетки: белков, липидов, нуклеиновых кислот, гормонов, пигментов и т.д., которые используются для роста и развития клетки и всего растительного организма.

Таким образом, фотосинтез и дыхание являются звеньями общего углеводного обмена, который обеспечивает энергией и промежуточными метаболитами все другие обменные процессы в растительной клетке. В растительном

организме фотосинтез играет ключевую роль в ассимиляции, а дыхание – в диссимиляции. Соотношение ассимиляции и диссимиляции лежит в основе прохождения всех этапов индивидуального развития растительного организма, то есть его онтогенеза.

Единство механизмов преобразования вещества и энергии в процессах фотосинтеза и дыхания и их противоположная направленность являются конкретным подтверждением проявления действия основного закона диалектического материализма – закона единства и борьбы противоположностей, который лежит в основе вечного движения материи.

Приведенные выше рассуждения дают основание заключить, что изучение процессов фотосинтеза и дыхания на молекулярном уровне в разделе «Растения» позволит заложить фундамент для таких базовых понятий, как «вещество» и «энергия, которые станут основополагающими не только для всего курса биологии, но и естествознания в целом.

Выявление общих закономерностей, лежащих в основе превращения вещества и энергии, и их использование при изучении фотосинтеза и дыхания приведет к тому, что они станут и общими законами мышления учащихся, то есть научной методологией познания окружающего мира. С позиции предлагаемого подхода автором предпринята попытка разработать в помощь учителю содержание двух тем из раздела «Растения»: «Общее знакомство со строением и основными жизненными процессами цветкового растения и «Общее знакомство со строением и основными жизненными процессами растительной клетки». В данном пособии представлена первая тема. Приводимый далее конспект первой темы не претендует на полноту рассматриваемого материала, а лишь направлен на реализацию основной цели.

### **Теория и практика формирования понятий «фотосинтез» и «дыхание» в разделе «Растения»**

Хорошо известно, что биология как наука имеет два основных направления развития: анатомо-морфологическое и физиологическое. Исторически физиологическое направление в биологической науке зародилось гораздо позже морфологического и, во многом, обязано не морфологам, а физикам и химикам. Анализируя историческое развитие морфологии и физиологии, К.А. Тимирязев писал: «Для того, чтобы быть морфологом, нужно быть морфологом и только. Для того, чтобы быть физиологом, нужно быть в известной степени и физиком, и химиком, и морфологом» [185, с. 23–24]. Пока морфологи (и в первую очередь, ботаники и зоологи) занимались исключительно формами, физики и химики проникли в область растительной и животной жизни и заложили основу физиологического направления. Этот факт является вполне естественным, так как для открытия физиологических процессов и понимания их сущности требуются теоретические знания и экспериментальные методы физики и химии.

Изучать физиологические функции тех или иных живых объектов природы гораздо сложнее, чем их структуру. Понятия, отражающие физиологические процессы, являются во многом абстрактными и требуют теоретического уровня мышления. Поэтому не только для учащихся, но и для студентов их формирование вызывает значительную трудность. Подтверждением является мнение корифеев методики биологии Н.М. Верзилина и В.М. Корсунской, которые, анализируя принципы теории развития понятий, отмечают, что значительную сложность представляет систематиче-

ское развитие понятий и умений физиологического характера [20].

Целенаправленно физиологические понятия закладываются в разделе «Растения». К ним относятся такие понятия, как: «обмен веществ», «метаболизм», «ассимиляция», «диссимиляция», «анаболизм», «катаболизм», «фотосинтез», «дыхание» и др. Ключевое понятие «обмен веществ» является фундаментальным для всего курса биологии, и от степени его сформированности зависит понимание сущности биологической формы движения материи в целом. На этом делают акцент названные выше методисты: «Важнейшее понятие об обмене веществ, связанном с жизненными функциями и условиями жизни, требует особого внимания. Обычно физиологические процессы, в особенности у растений, изучаются отдельно по органам: дыхание, питание минеральное, питание воздушное, испарение, превращение веществ, рост. Задача же развития понятий заключается в том, чтобы учащиеся понимали, какие процессы происходят в целом растении и связи с какими условиями.

В результате учащиеся должны уметь устанавливать связи между процессами и условиями жизни» [20, с. 90].

Научному формированию и планомерному развитию понятия об обмене веществ мешает отсутствие должного внимания обмену внутриклеточному, внутритканевому и превращениям энергии. Энергетическая сторона обмена веществ при изучении разделов «Растения» и «Животные», совсем не отмечается; очень поверхностно она дается и в разделе «Человек и его здоровье». Понятие о превращении энергии включается иногда в формулировку об обмене веществ, но в развитии его не участвует.

Основной причиной непрочного усвоения понятия об обмене веществ в курсе биологии, и особенно при изучении

раздела «Растения», является отсутствие опоры на такие фундаментальные естественнонаучные понятия, как «вещество» и «энергия». Без получения элементарных знаний о превращении вещества и энергии нельзя понять сущность физиологических процессов, прежде всего таких, как фотосинтез и дыхание, составляющих основу внутриклеточного обмена у растений. Фотосинтез составляет основу анаболизма не только на уровне растения, но и на планетарном, а дыхание – катаболизма. Поэтому, без понимания сущности этих процессов (хотя бы в общем виде) невозможно сформировать и такие основополагающие понятия курса биологии, как «метаболизм» и «обмен веществ».

В разделе «Растения» школьного курса биологии, фотосинтез и дыхание рассматриваются лишь со стороны их внешних проявлений. Так, например, в основу изучения фотосинтеза положены 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 суммирования, упорядочения ощущений и восприятий. Такой подход, по мнению И.Л. Новицкой, «характерен для эмпирической схемы обобщения и образования понятий, на основании которой у школьников формируется эмпирический тип мышления» [119, с. 28]. Практика показывает, что этот тип мышления остается у большинства школьников старших классов

и даже у большинства студентов вузов. Так, подавляющая часть студентов 3–4 курсов биологических факультетов сущность фотосинтеза и дыхания сводят к газообмену, т.е. к внешним их проявлениям, которые они изучали в разделе «Растения». В своей работе И.Л. Новицкая отмечает, что «...добиться качественного улучшения преподавания биологии можно, только если в основу построения будет заложена цель формирования у школьников научно-теоретического мышления. А для этого необходимо создание единого теоретического курса школьной биологии» [там же].

Большие надежды учителя возлагали на ныне действующие учебники, которые имеют общее название «Биология». Однако изменения, которые они претерпели, коснулись не столько содержания, сколько формы, и по существу принципиальные вопросы не были решены, в том числе и этот. Учебник «Биология», подготовленный В.А. Корчагиной и переработанный В.В. Пасечником, а также изданные на его основе другие учебники имеют ряд недостатков, как в логике построения материала, так и в его содержании. Логика построения первой части учебника «Растения» такова: от общего к частному и опять к общему, но уже на более высоком уровне. Это хорошо прослеживается в отношении изучения анатомо-морфологических признаков растения. После «Введения» стоит раздел «Общее знакомство с цветковыми растениями», в котором учащиеся знакомятся с внешним строением растения. Далее, вполне логично, стоит раздел «Клетка», затем изучаются отдельные органы (строение и функции) и последний обобщающий раздел 6 класса – «Растение – целостный организм»

Однако в отношении процессов, протекающих в растениях, такая логика, к сожалению, не соблюдена. Впервые с одним из важнейших процессов – дыханием – учащиеся зна-

комятся в разделе «Корень», где рассматривается вопрос о дыхании корней. Содержание этого понятия не раскрывается, а термин вводится формально. Попытка раскрыть содержание понятия «дыхание» предпринимается в разделе «Побег». В этом же разделе рассматривается и другой важнейший физиологический процесс – фотосинтез [85].

Было бы рационально сохранить принцип от общего к частному и вновь к общему и при изучении физиологических процессов. Для этого необходимо в начале курса дать самые общие представления (на уровне целого растения) об обмене веществ, познакомить учащихся с понятиями «фотосинтез», «дыхание», можно ввести понятия «ассимиляция» и «диссимиляция». При такой постановке дела сохранился бы и второй принцип – взаимосвязь структуры и функции во всех разделах курса биологии, изучаемых в 6 классе.

Анализируя содержание отдельных разделов, нетрудно заметить, что более четко взаимосвязь между структурой и функцией просматривается в разделе «Корень». В меньшей степени это прослеживается в разделе «Клетка» и совсем не отражено в разделе «Общее знакомство с цветковыми растениями». Следует отметить, что в этом случае учитель не только не опирается на категории материалистической диалектики, а применяет их «наоборот». Выдвигая на первый план форму, отрывая ее от содержания, он изначально неверно закладывает основы биологического фундамента. При этом необходимо учесть и психологию ребенка, для которого на первом месте стоит форма, а не содержание. Ни для кого не секрет, что содержание доводить сложнее, чем форму. Форма дает готовые образы, которыми человек мыслит. При объяснении содержания эти образы необходимо вначале создать, а затем научить ими мыслить. Практика показывает, что даже при раскрытии содержания физиоло-

гических процессов учителя зачастую объясняют их поверхностно (если можно так сказать, на уровне формы). Например, сущность фотосинтеза и дыхания сводят к газообмену. С таким «пониманием» физиологических процессов абитуриенты приходят в вузы.

Таким образом, даже самый общий анализ свидетельствует о слабом уровне преподавания физиологических тем в школьном курсе ботаники. Это уже предрешено программой и содержанием материала учебников и не позволяет на должном уровне заложить элементы теоретической биологии при изучении этой дисциплины, что в дальнейшем, несомненно, скажется отрицательно на формировании биологического мышления в целом.

Смена парадигмы в области биологического образования в настоящее время обусловлена прежде всего социально-экономическими запросами общества. Это очень точно подмечено Л.В. Ребровой: «Главная цель и задачи биологического образования в нынешних радикально изменившихся условиях – развитие у учащихся биологического мышления, навыков самостоятельного освоения и критического анализа новых сведений, умения строить научные гипотезы (пусть и несколько наивные) и планировать поиск доказательств для их проверки» [156, с. 26]. Данный автор считает, что сегодня биология среди учебных предметов приобретает особое значение, так как биологические знания, умения и навыки, которые призвана дать школа, являются фундаментом культуры личности.

Вполне очевидно, что для реализации вышеуказанной цели необходимо разработать и претворить в жизнь новые концепции и подходы. И эту проблему также ставит Л.В. Реброва: «К сожалению, существующие методики явно устарели. За последние годы появились новые учебники по биоло-

гии, а методики преподаваний остались без изменений, хотя время, новая программа настоятельно диктуют потребность в таких переменах. Слово за учеными.» [там же].

Перестройка курса биологии, по мнению одного из ведущих специалистов 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 [207].

В настоящее время необходимо создать, если можно так сказать, естественную образовательную систему, которая отражала бы естественный ход развития материи вообще, в результате которого физическая форма движения материи породила химическую форму движения материи, а она, в свою очередь, – биологическую форму движения материи, в то время как существующие образовательные системы (концепции), в области биологии, в той или иной мере являются искусственными.

Реализация данной идеи становится особенно актуальной в современный период развития общества, так как решение многих насущных проблем в области естествознания требует интеграции знаний физики, химии и биологии. Подобная тенденция в науке неизбежно приведет к необходимости перестройки содержания и структуры всех естественных курсов, изучаемых в школе. Прогнозируя это, ряд исследователей ведут многолетнюю работу по внедрению «новой концепции естественно-научного образования», основанной на опережающем изучении курса физики с пятого класса, разработанной А.В. Усовой. Она включена в план исследования РАО и поддержана грантами Министерства образования РФ [208].

Концепция апробирована в школах г. Челябинска и области, а также за ее пределами. Проведенный педагогиче-

ский эксперимент дал положительный результат, и работа в этом направлении продолжается. Реализация данной концепции в школьной практике убедительно свидетельствует, что усвоение учащимися фундаментальных естественно-научных понятий, законов, теорий в 5–6 классах создает научный фундамент для изучения биологических систем разного уровня организации не только на эмпирическом уровне, но и теоретическом. При этом усваивается не только понятийный аппарат курсов физики и химии, 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.

Как уже было отмечено выше, кардинальное решение проблемы, связанной с переводом биологического образования на теоретический уровень, требует коренного пересмотра школьных учебных планов и опережающего изучения курсов физики и химии. Однако от учителя, работающего в обычной школе, не зависит стратегическое решение этого вопроса, а единственным путем в достижении этой цели *в настоящее время* является изменение тактики. Это значит, что при изучении ботаники (раздела «Растения») учителю необходимо параллельно формировать физические и химические понятия, без которых невозможно заложить прочные биологические знания. Такой подход был также апробирован на экспериментальных площадках и дал положительные результаты.

Для его реализации в авторскую программу для 6 класса была введена пропедевтическая тема: «Генетическая связь

неживой и живой природы» (приложение I), которая предусматривает закладку таких физических и химических понятий, как атом, молекула, химическая реакция, простое и сложное вещество, органическое и неорганическое вещество, процесс, энергия, воздух и т.д., без которых невозможно понять сущность физиологических процессов даже в самом общем виде.

Для решения поставленных задач необходимо пересмотреть содержание и логику изложения практически всех глав первой части раздела «Растения», изучаемых в 6 классе. Вполне очевидно, что эта задача непростая. В данной статье предлагается серия опорных схем, которые позволят учителю целенаправленно формировать и углублять понятия «*фотосинтез*» и «*дыхание*» на уровне целого растения. Доведение сущности этих процессов до понимания учащихся на основе физических и химических понятий во многом предопределяет успех при формировании естественно-научного мышления.

Если принять логическую схему, которая прослеживается в отношении изучения структуры растения (а она имеет научную основу), и приложить её к изучению физиологических процессов, то название и содержание первого раздела не выдерживает никакой критики. Он называется «Общее знакомство с цветковыми растениями». Название раздела отражает её содержание. В данном разделе учащиеся знакомятся с общим строением растений, их многообразием, распространением, охраной и т.д. Но давайте подумаем, какие задачи мы решаем, давая такой материал? Очевидно, что немногие и не самые важные. При таком содержании материала, в лучшем случае, систематизируются знания, полученные учащимися в обыденной жизни, в курсе природоведения, поэтому учитель вряд ли сможет доказать ученикам,

что они приступили к изучению такого чрезвычайно важного организма, как растение. Человек настолько привыкает к растениям, что даже взрослым порой трудно доказать уникальность этих организмов. Иначе как можно объяснить варварское отношение взрослых людей к зеленому царству? Возможно, что именно на этих первых уроках мы не закладываем серьезного отношения не только к ботанике, но и к биологии в целом, которое сохраняется и при изучении других разделов биологии.

Решить эту задачу можно в том случае, если с первых уроков заложить хорошие основы теоретической биологии, а для этого необходимо при изучении растительных объектов на разных уровнях организации неразрывно изучать структуру и функцию, отдавая предпочтение последней.

Опираясь на методологию системного подхода и учитывая требования содержательных линий Госстандарта по биологии, раздел лучше назвать «Общая характеристика растительного организма как биологической (природной) системы». Такое название обязывает изучать структуру и функцию в тесной связи друг с другом. С общим строением растения учащиеся знакомы из курса природоведения. Следовательно, основной упор необходимо делать на изучение основных жизненных процессов растения – фотосинтеза и дыхания. Почему именно на эти процессы?

К.А. Тимирязев называл фотосинтез самым уникальным процессом на Земле. Поэтому и уникальность растительных организмов, их значение в природе и жизни человека можно донести, только познакомив учащихся с этим процессом. Это поможет ученикам и лучше осмыслить материал об охране растительного мира. При таком подходе значение растений вытекает не из общих фраз, а из уникальности процесса фотосинтеза, который присущ только данным организмам и определяет их глобальную роль в биосфере.

Второй процесс, который следует рассмотреть в данной теме – это дыхание. Хотя этот процесс и не является специфичным только для растений, тем не менее, его роль трудно переоценить. Крылатая фраза – «без дыхания нет жизни» – говорит о многом. Являясь ключевым звеном процесса диссимиляции (катаболизма), дыхание обеспечивает любой организм энергетическим и пластическим материалом на протяжении всей его жизни. Следовательно, без ознакомления с этим процессом учащиеся не смогут понять, откуда черпает растение пластический (строительный) материал и энергию для построения своего тела.

При изучении процессов фотосинтеза и дыхания и установлении связи между ними на уровне целого растения, а затем на уровне клетки мы закладываем методологические основы для изучения всего курса биологии.

1. Формируем основополагающие понятия и законы теоретической биологии:

- даем общее представление об обмене веществ и энергии на организменном, клеточном и молекулярном уровнях;
- закладываем основы понятий «*ассимиляция*» (анаболизм) и «*диссимиляция*» (катаболизм) на примере фотосинтеза и дыхания;
- показываем проявление закона сохранения и превращения вещества и энергии.

2. Знакомим с проявлением законов и категорий материалистической диалектики:

- единства и борьбы противоположностей (на примере сходства и различия фотосинтеза и дыхания);
- перехода количества в качество (при рассмотрении вопроса об образовании органических веществ из неорганических).

3. Показываем взаимосвязь неживой и живой материи.

Поставив преподавание этих тем на научный уровень, мы вправе ожидать и серьезного отношения учащихся к изучению курса ботаники. Следует предостеречь, что реализовать высказанные идеи не просто. Однако это вполне возможно при продуманном подходе к делу.

Для оказания методической помощи учителю автором монографии разработана, с позиций системного подхода, **серия логически связанных опорных моделей**, которые будут способствовать закладке и развитию таких важнейших физиологических понятий, как «*фотосинтез*» и «*дыхание*» в разделе «Растения».

Представленная серия моделей является дидактическим материалом к теме «Общая характеристика растительного организма как биологической (природной) системы». Однако эти модели могут использоваться и в последующих темах изучаемого курса. Следует подчеркнуть, что наибольший эффект можно ожидать в том случае, если они будут «создаваться» поэтапно учителем совместно с учениками, а не использоваться в готовом виде. Все предлагаемые модели являются авторскими и, по-видимому, нуждаются в комментарии.

На рис. 1 приложений представлена модель «Значение растений в природе и жизни человека». При составлении этой модели учитель опирается на знания учащихся, систематизирует их, при необходимости расширяет и в то же время формулирует проблему, какая особенность строения и жизнедеятельности растений позволяет им играть столь огромную роль в природе и жизни человека.

С помощью следующей модели (рис. 2, прилож.) учитель ставит перед учащимися еще одну проблему, какие вещества являются основным строительным материалом растительного организма. Вторая проблема конкретизирует пер-

вую. Учащиеся обычно называют в качестве основного строительного материала растений воду и минеральные соли. Для корректировки их логического пути можно сделать опору на знания учеников из обыденной жизни и спросить, находит ли человек для своих практических нужд в природе «в готовом виде» строительный материал, например, такой как кирпич. Далее следует выделить исходные компоненты для производства кирпича (песок, глина) и подчеркнуть необходимость затраты энергии для его изготовления.

Используя принцип аналогии, можно применить наработанную логическую модель для поиска ответа и на вышепоставленную проблему. Решение её следует начать с рассмотрения растительного организма как целостной системы (рис. 3, прилож.). Необходимо выделить основные элементы (органы), определить в целом их функции, показать взаимосвязь между ними и подчеркнуть особенности взаимодействия органов растений с внешней средой.

При решении поставленной проблемы учащиеся способны сами выявить исходные неорганические вещества ( $CO_2$  и  $H_2O$ ) и энергию (солнечная), которые необходимы для образования в зеленом листе «строительного» материала (органических веществ). Это во многом обусловлено тем, что они в предыдущей теме («Генетическая связь неживой и живой природы») получили элементарные знания по физике и химии, опора на которые позволяет более глубоко разобраться (под руководством учителя) в сущности физиологических процессов, в том числе и фотосинтеза.

После рассмотрения фотосинтеза на уровне целого растения и написания его общего уравнения реакции следует «отработать» этот процесс на уровне отдельного органа – листа, а затем на модели (рис. 4, прилож.). Такой подход по-

зволяет реализовать принцип от конкретно-образного к абстрактному мышлению, и направлен на формирование научно-теоретического мышления учащихся. Следует обратить особое внимание на модель, изображенную на рис. 4, отображающую процесс фотосинтеза. В ней показано, что в основе данного процесса лежат два важнейших превращения – это *превращение вещества* и *превращение энергии*. Дугообразная стрелка показывает суть и уникальность превращения вещества:

– из *неорганических веществ*  $CO_2$  и  $H_2O$  создается новый класс веществ – *органических* ( $C_6H_{12}O_6$ ), которые, наряду с другими, являются строительным материалом для растения. Прямая стрелка отображает превращение внешней *неустойчивой энергии* квантов света во внутреннюю *устойчивую энергию* химических связей органических веществ, которая может долго «храниться» и постепенно использоваться.

При рассмотрении фотосинтеза следует заострить внимание учащихся на том, что данный процесс является прерывистым во времени. Он не протекает ночью, в зимний период и т.д., а энергия и пластический материал растению необходимы всегда. Это послужит основой для создания новой проблемной ситуации и позволит логично перейти к изучению другого важнейшего физиологического процесса, который тесно связан с фотосинтезом, – дыханию.

Опираясь на содержание модели рис.5 приложений, можно поставить вопрос, что является источником энергетического и пластического материала для растения в том случае, когда фотосинтез не протекает. Если она вызовет затруднение, то можно, используя принцип аналогии, задать вопрос, решение которого позволит учащимся найти подход к выполнению предыдущего задания. Например, для

какой цели человек делает запасы строительного материала, и в частности кирпича? Решение предыдущей проблемы позволит учителю логично сформулировать очередной вопрос, могут ли запасенные в процессе фотосинтеза органические вещества, которые находятся в устойчивой форме, непосредственно (сразу же) использоваться как пластичский и энергетический материал для роста и развития растения. При обсуждении этой проблемы учеников необходимо подвести к мысли о том, что для преобразования сложных органических веществ в более «простые» органические вещества и для перевода устойчивой энергии химических связей органических веществ в лабильную энергию макроэргических связей АТФ необходим определенный физиологический процесс. Таким процессом является дыхание.

В основе дыхания, как и фотосинтеза, лежат явления преобразования вещества и энергии. Суть этих превращений отображена на рис. 6 приложений. Используя общее уравнение дыхания при объяснении сути данного процесса, учителя очень часто допускают грубую ошибку, считая, что весь исходный дыхательный субстрат (органические вещества) полностью распадается до неорганических – углекислого газа и воды. На самом же деле промежуточные продукты процесса дыхания (в первую очередь органические кислоты) могут использоваться на синтез белков, липидов, углеводов и других важнейших органических соединений. Следовательно, дыхание является не только источником энергии, но и пластического материала (промежуточных метаболитов) для других обменных процессов. В целях избегания вышеупомянутой ошибки на первых уроках при объяснении дыхания лучше использовать модель, изображенную на рис. 6, а не общее уравнение реакции, отражающее данный процесс.

Очень часто фотосинтез и дыхание противопоставляют друг другу. Основанием для этого является обратная направленность некоторых реакций этих процессов. Однако в действительности между ними гораздо больше сходства, чем различий. Следует особо отметить, что оба эти процесса тесно связаны и являются важнейшими звеньями углеводного обмена, который постоянно обеспечивает растительный организм энергетическим и пластическим материалом на протяжении всей его жизни. Взаимосвязь фотосинтеза и дыхания отображена на рис. 7 приложений.

Выявление сущности фотосинтеза и дыхания позволяет вернуться к исходной проблеме: почему растительные организмы играют столь огромную роль в природе и жизни человека и заполнить три прямоугольника на рис. 1 приложений (правильность ответа можно проверить, используя рис. 8, прилож.).

После выявления роли фотосинтеза для самого растения необходимо показать его значимость в глобальном масштабе для всего живого. Являясь продуцентами, растения занимают центральное место в биогеоценозах, обеспечивая пищей все другие организмы и их многообразие (рис. 9, прилож.).

Таким образом, приведенные теоретические рассуждения, а также их экспериментальная проверка на практике дают основание заключить, что изучение физиологических процессов фотосинтеза и дыхания на молекулярном уровне в разделе «Растения» школьного курса биологии, *с опорой на серию образно-знаковых моделей*, позволит выявить не только явленческую сторону этих уникальных процессов, но и понять, в самом общем виде, их сущность. При этом развить такие фундаментальные понятия, как «вещество» и «энергия», которые являются основополагающими не толь-

ко для курсов физики, химии и биологии, но и всего естествознания в целом. Фотосинтез и дыхание являются звеньями единого углеводного обмена растительной клетки, который, в свою очередь, с точки зрения превращения вещества и энергии, играет ключевую роль в *общем обмене веществ растительного организма*.

Выявление общих закономерностей, которые лежат в основе превращения вещества и энергии и их использование при изучении фотосинтеза и дыхания приведет к тому, что они станут и общими законами мышления учащихся, то есть научной методологией познания окружающего мира.

### Экспериментальная авторская программа для учащихся 6 класса, раздел «Растения» (часть 1)

#### 1. ВВЕДЕНИЕ

Биология – наука о живой природе (растениях, грибах, бактериях и животных, их взаимосвязи друг с другом и окружающей средой). Царство растений как составная часть живой природы. Многообразие растений, их основные жизненные формы (деревья, кустарники, травы). Приспособления (адаптации) к условиям окружающей среды. Значение в природе и жизни человека. Рациональное использование растительного мира, его охрана.

#### 2. ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ НЕЖИВОЙ И ЖИВОЙ ПРИРОДЫ

Материя и ее виды: вещество, поле. Свойства материи: способность занимать место в пространстве, постоянное движение, неуничтожимость и несотворимость. Системное строение материи (принципы целостности и иерархичности). Основные формы движения материи (физическая, химическая, биологическая). Генетическая связь неживой и живой природы. Жизнь как форма существования материи. Иерархия живых (природных) систем (уровни организации: клеточный, организменный, надорганизменный). Основные явления живых систем: открытость, саморегуляция, самовоспроизведение, их взаимосвязь. Экологические факторы: абиотические (свет, влажность, температура, кислород, углекислый газ), биотические (влияние организмов друг на друга), антропогенные (совокупность воздействий человека на природу).

Воздух как смесь веществ азота, кислорода, углекислого газа. Виды атомов ( $C$ ,  $H$ ,  $O$ ,  $N$ ). Молекулы ( $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $N_2$ ) как результат взаимодействия атомов. Неорганические вещества ( $CO_2$ ,  $H_2O$ ,  $N_2$ ) и органические вещества (углеводы: глюкоза ( $C_6H_{12}O_6$ ), крахмал; белки; липиды). Диффузия, осмос, энергия, виды энергии. АТФ – основной источник энергии в живых организмах. Методы изучения живой природы.

### 3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСТИТЕЛЬНОГО ОРГАНИЗМА КАК БИОЛОГИЧЕСКОЙ (ПРИРОДНОЙ) СИСТЕМЫ

Растительный организм как живая система. Особенности анатомического строения высших растений: сильное расчленение, большая поверхность и дифференцировка тела. Общая характеристика основных органов растительного организма. Вегетативные и генеративные органы. Корень и побег – основные вегетативные органы. Их функции и взаимосвязь в системе целого растения. Явления (общие закономерности), характерные для всех органов высшего растения: симметрия, полярность, метаморфоз.

Обмен веществом подземного органа с окружающей средой: поступление воды и других неорганических веществ (минеральных солей) из почвы, выделение корнем слизистых веществ.

Основные звенья углеводного обмена (фотосинтез и дыхание). Создание «строительного» (пластического) материала растительным организмом. Фотосинтез – главная функция побега. Улавливание света – важнейшее свойство хлорофилла. Превращение вещества и энергии при фотосинтезе. Его роль как основного источника органических веществ на Земле. Фотосинтез и урожай. Роль растений в образовании современной атмосферы и поддержании постоянства ее газового состава. Влияние экологических фак-

торов на фотосинтез. Особенности протекания фотосинтеза во времени. Запасание органических веществ растением.

Дыхание – важнейшее звено углеводного обмена. Превращение вещества и энергии при дыхании. Временные особенности его протекания, взаимосвязь с фотосинтезом. Зависимость дыхания от абиотических факторов среды. Фотосинтез и дыхание – основа обмена веществ в растительных организмах.

#### 4. РАСТИТЕЛЬНАЯ КЛЕТКА КАК ЭЛЕМЕНТАРНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Знакомство с увеличительными приборами (препаровальная лупа, микроскоп).

Клетка – элементарная (наименьшая) биологическая система растительного организма. Общие принципы ее организации (целостность, иерархичность). Химический состав биологической мембраны (белки, липиды). Ее свойства (полупроницаемость, эластичность). Мембранный принцип организации основных органоидов клетки (ядро, хлоропласт, митохондрия, вакуоль) и их роль. Оболочка растительной клетки и ее свойства. Цитоплазма, ее свойства (движение, вязкость). Плазмодесмы.

Растительная клетка – открытая система. Фотосинтез и дыхание – важнейшие процессы растительной клетки. Поступление воды и солей в клетку. Саморегуляция – важнейшее явление растительной клетки. Роль мембранной регуляции в поддержании внутренних параметров клетки.

Самовоспроизведение клеток – основа сохранения и эволюции живой материи. Внешнее строение и функции хромосом. Гаплоидный и диплоидный наборы хромосом. Удвоение хромосом – основа для самовоспроизведения клеток. Основные фазы деления клетки (деление ядра, деление

цитоплазмы). Влияние физических и химических факторов на распределение хромосом между дочерними клетками.

Хлоропласты и митохондрии как полуавтономные органоиды. Растительная клетка как симбиотическая система.

Влияние экологических факторов на рост и размножение клеток. Взаимосвязь клеток различных органов в системе целого растения. Использование знаний о растительной клетке в решении практических задач.

## 5. ВЕГЕТАТИВНЫЕ ОРГАНЫ РАСТЕНИЯ

### *Корень и почва*

Роль корня в системе целого растения. Морфологические и анатомические особенности строения корня: сильное расчленение, большая поверхность, дифференцировка. Общие закономерности (явления) растительного организма, присущие корню: симметрия, полярность, метаморфоз.

Морфологическое расчленение корня (главный, боковые и придаточные корни). Внешние отличия корня от побега (отсутствие листьев и междоузлий, наличие корневого чехлика).

Анатомическая дифференцировка корня. Дифференциация клеток. Образовательные, или меристемы, и постоянные, или основные, (покровная, механическая, проводящая, запасающая) ткани корня и их роль. Первичное строение корня (эпиблема с корневыми волосками, эктодерма, эндодерма); осевой цилиндр (перицикл, древесина, луб). Зоны корня, их функции. Поглощение воды и минеральных солей корнем. Корневое давление. Органические вещества (углеводы, белки, липиды), используемые в процессе дыхания. Превращение вещества и энергии при дыхании корней. Особенности их роста. Влияние внешних факторов на рост корней. Пикировка.

Метаморфозы (видоизменения) корня, их биологическое и хозяйственное значение.

Почва, ее состав, свойства. Органические и минеральные удобрения. Естественное и искусственное плодородие почвы. Действие антропогенного фактора на почвенный покров (эрозия почвы). Водная и ветровая эрозии почв. Охрана и восстановление почв в Челябинской области. Роль почвы в эрозии растительного мира.

#### *Побег и воздушная среда*

Особенности строения побега в связи со средой обитания: сильное расчленение, большая поверхность, дифференцировка. Метамер (междоузлие, узел с листом и почкой) как основной структурный элемент побега. Расчленение и дифференцировка вегетативного побега на стебель, листья и почки. Почка – зачаточный побег. Строение вегетативной и генеративной почек, их расположение на стебле. Развитие побега из почки. Побег как единый орган.

Лист как видоизмененный побег. Двусторонняя симметрия листа. Морфология листа. Жилкование, листорасположение. Анатомическая дифференцировка клеток листа. Ткани листа (ассимиляционная, проводящая, покровная, механическая). Поступление воды и минеральных веществ в клетки мезофилла. Месторасположение и роль устьиц. Транспирация.

Основные условия фотосинтеза и его продукты (практическая работа). Взаимосвязь листьев с другими органами. Отток органических веществ из листьев. Поворот листьев к свету как проявление полярности. Выращивание растений в искусственных условиях (парниках, теплицах, фитотронах).

Основные условия дыхания листа и его продукты (практическая работа). Чистота воздуха и качество сельскохозяйственной продукции.

Метаморфозы листа, их биологическое и хозяйственное значение. Длина дня как биологические часы листопада, его биологическая значимость. Особенности листопада у лиственных и хвойных пород деревьев.

Стебель – осевой вегетативный орган. Его роль. Формы стеблей и их размеры. Ветвление стеблей (дихотомическое, моноподиальное, симподиальное) как основа их расчленения. Радиальная симметрия стебля. Дифференцировка стебля. Первичное строение стебля двудольных древесных растений (на примере стебля липы). Постоянные, или основные, ткани стебля (проводящие, механические, покровные, запасные). Передвижение воды, минеральных солей и органических веществ по стеблю. Отложение запасных веществ в стебле. Проявление полярности при выращивании стеблевых черенков. Влияние освещенности на рост стебля в длину. Рост стебля в толщину. Образование годичных колец.

## 6. САМОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ – ВАЖНЕЙШЕЕ ЯВЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОГО ОРГАНИЗМА

Самовоспроизведение – основа сохранения и эволюции живой материи. Размножение – основа для самовоспроизведения. Типы размножения (бесполое, половое). Виды бесполого размножения растений (корневыми отпрысками, корневищами, клубнями, луковицами, отводками и др.). Регенерация. Влияние экологических факторов на скорость вегетативного размножения в природе и практике сельского хозяйства.

Половое размножение. Органы полового размножения (цветок, семя, плод). Строение и биологическая роль цветков и соцветий. Симметрия цветка. Элементы цветка, являющиеся метаморфозами стебля и листа. Развитие половых клеток у покрытосеменных растений (спорогенез, гаме-

тогенез). Виды опыления. Двойное оплодотворение у цветковых растений. Образование зиготы, каллюса (массы недифференцированных клеток), зародыша. Эволюционная связь бесполого и полового размножения у растений. Чередование поколений у цветковых растений. Спорофит (бесполое поколение). Гаметофит (половое поколение). Преимущество полового размножения растений перед бесполом.

Образование плодов и семян. Типы плодов и их роль в природе и жизни человека. Роль семян в эволюции растений. Распространение семян. Семя как микрорастение. Строение семян однодольных и двудольных растений. Морфологические признаки однодольных и двудольных растений. Набухание семян. Превращение вещества и энергии при дыхании семян.

Условия прорастания семян. Прорастание семян в природе. Влияние агроприемов на прорастание семян.

Роль явления полярности при росте и ориентации в пространстве зародышевого корешка и зародышевого стебелька. Взаимообусловленность (координация) роста корня и побега. Критерии роста и развития растений. Влияние внешних условий на развитие растений.

## 7. РАСТИТЕЛЬНЫЙ ОРГАНИЗМ КАК ЦЕЛОСТНАЯ СИСТЕМА. РАСТЕНИЯ В ПРИРОДЕ

Растение – открытая, саморегулирующаяся и самовоспроизводящаяся система. Полярность – основа дифференциации клеток, тканей и органов. Роль данного явления в обеспечении положения осей, обуславливающих форму клеток, органов и целого растения. Метаморфоз – основа для изменения органов растения. Взаимосвязь клеток, тканей, органов и процессов, протекающих в системе целого растения. Действие экологических факторов на рост и развитие

растений. Управление ростом и развитием растений с помощью агроприемов.

Растительные сообщества (фитоценозы), их уникальность, роль в круговороте химических элементов и сохранении биосферы. Взаимовлияние фитоценозов и среды обитания. Естественная смена фитоценозов. Смена растительных сообществ под действием антропогенного фактора. Роль цветковых растений в создании многоярусных фитоценозов. Биологический мониторинг за состоянием растительных сообществ. Фитоценозы как продуценты биоценозов, их роль в образовании почвы. Агроценозы. Рациональное использование растительных сообществ человеком и их охрана. Основные законопроекты об охране растений и растительных сообществ в Российской Федерации и Челябинской области.

**Конспект уроков на тему «Общее знакомство со строением и основными жизненными процессами (фотосинтез, дыхание) цветкового растения»**

**Цель:** дать общее представление о строении и основных жизненных процессах цветкового растения – фотосинтезе, дыхании – и раскрыть их сущность, опираясь на основополагающие естественно-научные понятия, – «вещество» и «энергия».

Задачи:

*I. Образовательные*

1. Дать общее представление об основных жизненных процессах (фотосинтезе и дыхании) цветковых растений, опираясь на естественно-научные понятия «вещество» и «энергия».

2. Познакомить учащихся с органами цветковых растений и их основными функциями.

3. Углубить знания школьников о многообразии растений, их распространении, адаптации к условиям окружающей среды, значении в природе и жизни человека.

4. Начать формирование экологических понятий при рассмотрении сложных цепей взаимоотношения растений, животных и человека с неживой природой.

*II. Воспитательные*

1. Помочь увидеть уникальность растительного мира и воспитать бережное отношение к нему.

2. Постоянно подчеркивать всю прелесть красок и форм растительных организмов (эстетическое воспитание).

*III. Развивающие*

1. Развивать у учащихся умение наблюдать, сравнивать и делать обобщающие выводы.

2. Развивать их логическое мышление при работе с опорными схемами.

3. Учить ребят видеть в частных явлениях общие закономерности живой и неживой природы.

**Тип урока:** Комбинированный

**Методы:**

1. Словесный (беседа, объяснение).

2. Словесно-наглядный (демонстрация живых растений, гербарного материала, слайдов, схем).

**Логическая схема урока:** распространение растений → → адаптация → значение растений → уникальность фотосинтеза → дыхание → строение → значение → охрана.

**Изучение нового материала** (*Примечание:* У: – учитель; Д: – дети).

У: Перед вами на столе лежит новый учебник, прочитайте его название.

Д: Биология.

У: Один из разделов биологии, изучающих растения, называется ботаника. Подумайте, что изучает данный предмет?

Д: Этот предмет изучает зеленые растения.

У: Правильно. Слово «ботанэ» в переводе с греческого означает зелень, растение. Отсюда и название предмета, изучающего растения, – ботаника.

Ребята, на какие группы можно разделить все растения суши?

Д: На деревья, кустарники и травы.

У: Кто может назвать деревья, растущие около нашей школы?

Д: Тополь, яблоня, рябина....

У: А какие вы знаете кустарники?

Д: Шиповник, малина, сирень.

У: Теперь назовите травянистые растения.

Д: Подорожник, одуванчик, ромашка.

У: Хорошо, а чем отличаются деревья от трав и кустарников?

Д: У деревьев большой ствол, много ветвей, листьев.

У: Что общего в их строении?

Д: У всех этих растений есть корень, стебель, лист, цветок и плод.

У: Верно, эти органы есть у всех цветковых растений. Скажите, а где в природе мы встречаем растения?

Д: На лугу, в степи, пустыне, горах, болотах, морях и океанах.

У: Как видите, растения растут не только на суше, но и в воде и практически во всех климатических зонах. Но почему это стало возможным? Ведь там разные условия.

Д: Растения приспособились к этим условиям.

У: Да, именно благодаря тому, что растения приспособились к внешним условиям (адаптировались), они расселились почти по всему земному шару.

Давайте задумаемся над таким вопросом: во всех ли климатических зонах растут одинаковые растения?

Д: Во всех зонах растут разные растения.

У: Это не совсем так. Некоторые растения приспособились жить в разных климатических зонах, другие – только в строго определенных.

Скажите, сколько, по-вашему мнению, видов растений живет на Земле?

Д: ...

У: Цветковые растения самые распространенные на Земле. Их около 240000 видов. Как называется группа растений, которые растут у нас в кабинете и у вас дома?

Д: Комнатными.

У: Поднимите руки те, у кого дома есть комнатные растения и как они называются?

Д: У нас дома растёт герань, фиалка, алоэ...

У: А кто бы хотел ухаживать за комнатными растениями в кабинете, поливать их, размножать и т.д.?

Итак, мы выяснили, что нашу планету населяет большое количество растений. Они произрастают в различных условиях и отличаются друг от друга по форме, размерам, окраске цветков, вкусу плодов и другим свойствам. Среди растений есть настоящие великаны. А вы знаете, какие деревья самые высокие?

Д: Сосна, дуб...

У: Действительно, это высокие деревья, но в южных странах растут деревья-исполины, такие как эвкалипты. Это самые высокие деревья, достигающие высоты 150 метров. Ребята, а как называется самое маленькое цветковое растение?

Д: Ряска.

У: Верно. Данное растение свободно помещается на ногте, так как его высота составляет всего несколько миллиметров. Отличаются растения и по продолжительности жизни. Каких вы знаете долгожителей?

Д: Дуб ...

У: Дольше всех живут африканский баобаб и драконово дерево. Их возраст может достигать 6000 лет. А кипарисы, которые растут в Крыму, живут до 3000 лет (в ходе беседы демонстрируются плакаты, слайды, отражающие многообразие растительного мира на Земле). А кто может назвать растения, живущие всего один год?

Д: Один год живут огурцы, помидоры...

У: Таким образом, мы с вами установили, что растительный мир нашей планеты разнообразен и богат. С расте-

ниями человек встречается повсюду: на суше и в воде, в горах и пустынях, в Антарктиде и жарких тропиках. Но какую роль играют растения в жизни человека?

Д: Они дают ему все необходимое для его существования.

У: Для того чтобы более полно представить, что дают растения человеку, давайте нарисуем с вами следующую схему и назовем ее «Значение растений в природе и жизни человека» (рис. 1, прилож.). Можем ли мы теперь сказать, что растения нас кормят, поят и одевают?

Д: Да, растения дают очень много человеку и без них он бы не смог прожить.

У: Давайте задумаемся над таким, казалось бы, очень простым вопросом: почему в качестве подарка в торжественные дни люди стараются подарить цветы?

Д: Цветы очень красивые.

У: Да, действительно, человек научился делать много красивых вещей, однако красота цветка остается не превзойденной. С помощью растений человек всегда старался украсить места его проживания. Цветы он выращивает в комнатах и садах, в парках и городских площадях, берет их с собой в глубины морские и космическое пространство. О цветах много сложено стихов и песен. Их неповторимая красота будила воображение художников, поэтов, писателей и народных умельцев.

Приступая к изучению зеленых растений, нельзя не подчеркнуть исключительно большое значение такого растения, как пшеница. Это самое первое хлебное растение, которое вырастил человек. Еще древние египтяне выращивали пшеницу и высоко ценили ее. Когда умирал фараон, в гробницу наряду с украшениями ставили чашу с зерном. По сей день пшеницу называют хлебом, про который в народе говорят, что он «всею голова».

На основании всего сказанного мы с вами можем сделать вывод: растения играют огромную роль в природе и жизни человека. Но какие растения человек в основном использует для своих нужд – молодые или взрослые?

Д: Человек чаще всего использует взрослые растения.

У: Действительно, для того чтобы получить продукцию от растения, человек должен сначала его вырастить. А вы задумывались, ребята, как из маленького семени вырастает большое дерево? (см. рис. 2, прилож.). Откуда берет все необходимое маленький росток для своего роста и развития? На первый взгляд, вопрос этот не сложный, однако, уверяю вас, что решить его не так-то просто. Давайте с вами отвлечемся от растения и решим более простую задачу: что необходимо иметь для того, чтобы построить, например, школу?

Д: Кирпичи, цемент, доски...

У: Все это называют как?

Д: Строительным материалом.

У: Что еще, кроме строительного материала, необходимо, ведь сами кирпичи укладываться не будут?

Д: Кран, машины, строители.

У: Действительно, для того чтобы строилось здание, кирпичи подносят строителям с помощью крана, затем они используя силу своих рук, укладывают их в определенном порядке и скрепляют раствором, в итоге получаются стены. Что же при этом тратят машины и люди?

Д: Энергию.

У: Итак, давайте дадим ответ на поставленный ранее вопрос: что необходимо для того, чтобы построить школу?

Д: Надо иметь строительный материал и энергию.

У: Теперь вернемся вновь к растениям и ответим вначале на вопрос в общем: что же необходимо для построения растений?

Д: Для построения растений необходимы также строительный материал (вещество) и энергия.

У: Совершенно верно, для того чтобы растение росло и развивалось, оно должно иметь строительный материал и энергию. А теперь вам необходимо решить самую главную проблему: откуда растение получает строительный материал и энергию? Давайте сначала решим вопрос со строительным материалом. Из чего же растение строит свое тело?

Д: Из воды.

У: Действительно, вода играет большую роль в жизни растения. Оно поглощает воду из почвы на протяжении всей своей жизни. Вода входит в состав растения. Но она не является его основным строительным материалом. Это легко можно доказать. Все вы знаете, что сухие бревна или доски практически не содержат воду, однако имеют большую массу какого-то вещества. Так из чего же растения строят свое тело?

Д: Растение строит свое тело из солей, которые оно поглощает из почвы.

У: Все вы знаете, что садоводы вносят в почву различные соли, то же делают и работники сельского хозяйства, удобряя поля. На таких почвах растения лучше растут и дают больше урожая. Но давайте подумаем, являются ли соли основным строительным материалом для растения. Если бы это было так, то все овощи и фрукты были бы соленые на вкус. Следовательно, хотя соли и поглощаются растением, но не являются его основным строительным материалом. Как видите, этот вопрос очень не простой. Давайте оставим его и вновь вернемся к строительству школы. Мы выяснили с вами, что основным строительным материалом для здания школы являются кирпичи. А теперь ответьте на такой во-

прос: находит ли человек в природе в готовом виде этот строительный материал?

Д: Нет, он изготавливает их сам.

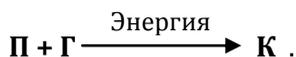
У: Из чего он их изготавливает?

Д: Из песка и глины.

У: Вы правы, но что еще необходимо иметь, чтобы изготовить их? Или песок и глина сами по себе смешиваются и образуют кирпич?

Д: Для того чтобы из песка и глины сделать кирпич, необходимо затратить энергию.

У: Молодцы! А сейчас давайте обобщим сказанное и выразим простой схемой (см. рис. 3, прилож.):



Теперь вновь вернемся к растению. Мы выяснили, что растение не получает в готовом виде из внешней среды строительный материал. Какое же предположение мы можем сделать?

Д: Растение само создает этот строительный материал.

У: Вы сделали очень важное открытие. Люди тысячи лет не могли этого понять и высказывали различные неверные предположения.

Но из каких веществ растения создают этот строительный материал? Давайте вспомним, что растения поглощают из окружающей среды?

Д: Воду.

У: Правильно, из почвы растения поглощают воду. А каким органом растение ее поглощает?

Д: Корнем.

У: Итак, мы выяснили попутно, что растение имеет такой важный орган, как корень, которым оно поглощает воду из почвы. Можно добавить, что в воде растворено неболь-

шое количество солей, которые вместе с водой поступают в растение. Скажите, а куда дальше поступает вода?

Д: Из корня вода поступает в стебель.

У: А куда далее?

Д: Из стебля вода поступает в листья.

У: Какова же роль стебля?

Д: Он проводит воду с растворенными в ней солями в листья.

У: Таким образом, одна из важных функций стебля заключается в проведении воды и растворенных в ней солей из корня в листья. Задумывались ли вы, ребята, над тем, почему на деревьях очень много листьев? Какова их роль?

Д: Листья поглощают свет.

У: Вы правы, большое количество листьев может поглощать много света. Но могут ли листья поглощать какие-либо вещества из воздуха?

Д: Листья поглощают из воздуха кислород.

У: Действительно, из воздуха листья днем и ночью поглощают кислород. О его важном значении мы сегодня с вами еще поговорим. А еще, какие вещества листья поглощают из воздуха?

Д: .....

У: Углекислый газ, без которого они не могут расти. В химии его обозначают знаком  $CO_2$ . В воздухе этого газа содержится очень малое количество (0,03%). Для того чтобы растениям поглотить нужное количество этого газа, им необходимо иметь большое количество листьев, это позволяет растению поглощать и больше света.

Таким образом, мы с вами выяснили, что листья растений являются очень важным органом. Они поглощают из воздуха углекислый газ, а из почвы с помощью корневой системы и стебля они поглощают воду. Кроме того, листья

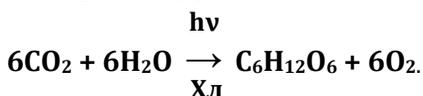
могут улавливать солнечный свет или иначе энергию солнца. А теперь подумайте, имеются ли в листьях все условия для создания строительного материала?

Д: Да, в них есть два вещества (углекислый газ и вода), из которых может быть создан строительный материал. Имеется также и энергия, которая необходима для создания строительного материала (рис. 4, прилож.).

У: Итак, ребята мы узнали, что растение не получает в готовом виде из внешней среды строительный материал для своего тела, а получает лишь отдельные неорганические вещества, из которых при использовании солнечной энергии оно создает строительный материал – органическое вещество. Местом создания этого строительного материала служат листья. Этот процесс ученые назвали фотосинтезом. Давайте задумаемся в суть этого слова. Фото – свет, синтез – соединяю, т.е. под действием света соединяются два неорганических вещества  $CO_2$  и  $H_2O$  с образованием органического вещества. Ученые заметили, что кроме органического вещества при этом образуется еще и кислород, который используют для своего дыхания все живые организмы, в том числе и мы с вами. Таким образом, вы познакомились с одним из основных жизненных процессов растения – **фотосинтезом**. Что же это такое? Кто попытается дать определение?

Д: **Фотосинтез** – это процесс образования органических веществ из неорганических, углекислого газа и воды, который протекает под действием энергии Солнца в зеленом листе и сопровождается выделением кислорода.

У: Это можно выразить уравнением:



Следует отметить, что фотосинтез протекает не во всех клетках растения, а только в тех, которые содержат вещество зеленого цвета, – **хлорофилл**. Он поглощает солнечную энергию и она используется на образование органических веществ из неорганических. Давайте более подробно разберем это определение и схему, которая его отражает. Для начала выясним, что такое органическое и неорганическое вещество. Вдумайтесь в слово органическое. Какой корень оно имеет?

Д: Орган.

Следовательно, эти вещества образуются где?

Д: Только в живых организмах.

У: Вы правы, эти вещества назвали органическими потому, что они образуются в живых организмах (примеры: сахар – сахарный тростник; свекла; масло; жир, мясо – животные). Давайте запишем это в тетрадах. А какие же вещества называются неорганическими?

Д: ...

У: **Неорганическими** называют все остальные вещества на Земле. В нашем случае вода и углекислый газ являются неорганическими веществами. В химии они обозначаются формулами  $CO_2$  и  $H_2O$ . Из этих двух веществ в процессе фотосинтеза, как мы уже выяснили, образуется органическое вещество, которое называется *глюкозой* и относится к классу *углеводных соединений*. В химии оно обозначается  $C_6H_{12}O_6$ . Для того чтобы неорганические вещества  $CO_2$  и  $H_2O$  соединились между собой, необходима энергия. Вы уже сказали, что для этого используется солнечная энергия. В физике она обозначается как  $h\nu$  (квант энергии света). Кроме органического вещества в процессе фотосинтеза образуется и другое вещество – *кислород*. В химии оно обозначается знаком  $O_2$ . Итак, ребята, сегодня вы познакомились с одним из важ-

нейших жизненных процессов зеленого растения – *фотосинтезом*. Наш великий русский ученый К.А. Тимирязев назвал этот процесс самым уникальным на Земле. Как вы думаете, почему?

Д: ...

У: Этот процесс является самым главным на Земле, потому что только в зеленых растениях может создаваться органическое вещество, которое является строительным материалом для самих растений и для всех остальных организмов, которые живут на нашей планете. Организмы человека и животных неспособны создавать органические вещества из неорганических. Они для построения своего тела используют готовые органические вещества, которые создаются в растениях в процессе фотосинтеза. Поэтому человек и животные являются как бы «нахлебниками» растений и не могут без них жить.

Если мы губим растения, то мы уничтожаем единственную фабрику по созданию органических веществ, из которых строят тело все живые организмы на Земле. Поэтому, если погубим растения, мы уничтожим и саму жизнь. В любое ли время года и в любое ли время суток протекает фотосинтез?

Д: Фотосинтез не протекает зимой, когда холодно, осенью, когда на деревьях нет листьев, ночью, когда нет света.

У: Вы назвали все условия, без которых фотосинтез не протекает. А откуда же растение берет в это время строительный материал?

Д: Растение его запасает.

У: Правильно. Растение всегда имеет запасы органического вещества, которые и используются зимой или в темное время суток, т.е. когда фотосинтез не идет (рис. 5, прилож.). Человек тоже часто делает для себя запасы пищи. Для этого он различным способом упаковывает продукты: кон-

сервирует, замораживает и т.д. В этом случае они могут долго храниться и при необходимости использоваться. Давайте вспомним пример со строительством школы. Скажите, в каком виде привозят на стройку основной строительный материал – кирпичи?

Д: В виде сложной упаковки – поддонов.

У: Но для чего это делается?

Д: Наверное, для того, что так удобнее их перевозить и хранить.

У: Итак, мы убедились в том, что для длительного хранения строительного материала или продуктов им необходимо создать определенные условия, т.е. упаковать. Растения тоже научились создавать такие «упаковки». Это происходит в процессе фотосинтеза. Органические вещества, которые образовались в этом процессе, являются строительным материалом, но он находится в сложной упаковке. Скажите, что необходимо сделать, чтобы начать строить школу, если кирпичи привезли в поддонах?

Д: Надо разобрать поддоны кирпичей и начать строить.

У: А что мы должны при этом сделать?

Д: Совершить работу.

У: Итак, мы разберем поддоны кирпичей и из них начнем строить здание школы. А что надо сделать со сложными органическими веществами для того, чтобы они использовались для построения тела растения?

Д: Разобрать эти сложные органические вещества до более «простых».

У: Правильно. Для того чтобы сложные органические вещества могли быть использованы для построения тела растений, они предварительно должны быть разобраны до более простых. А как вы думаете, в каком процессе это происходит?

Д: ...

У: Это, ребята, происходит в другом важнейшем жизненном процессе растений – дыхании. Так какова же роль дыхания?

Д: При дыхании происходит разложение сложных органических веществ на простые органические вещества, из которых растение и строит свое тело.

У: Мы с вами уже сегодня говорили, что для построения любого объекта необходим не только строительный материал, но и энергия. Откуда же растения ее получают?

Д: ...

У: Энергия освобождается в процессе дыхания. А откуда она взялась? Ведь энергию нельзя получить из ничего (рис. 6, прилож.).

Д: Она накопилась в процессе фотосинтеза.

У: Итак, мы выяснили, что в процессе фотосинтеза образуются сложные органические вещества, в которых и накапливается энергия, а в процессе дыхания сложные органические вещества распадаются на более «простые», и при этом запасенная энергия освобождается. В результате растение постоянно получает строительный материал (вещество) и энергию на протяжении всей своей жизни, которые и использует для своего роста и развития. Но давайте выясним, какие же условия необходимы для дыхания?

Д: Для дыхания необходим воздух.

У: Вернее, кислород, который в нем находится.

А какие продукты еще образуются при дыхании?

Д: ...

У: Подышите на стекло или зеркало, оно помутнеет. Чем оно покрылось?

Д: Маленькими капельками воды – значит, при дыхании образуется вода.

У: Какое еще вещество образуется при дыхании?

Д: ...

У: Если мы через трубочку будем дуть в известковую воду, она помутнеет. Это указывает на то, что в выдыхаемом воздухе есть углекислый газ (демонстрация опыта). Теперь давайте назовем все продукты, которые образуются в процессе дыхания.

Д: В процессе дыхания из сложного органического вещества и кислорода образуются простые органические вещества,  $CO_2$ ,  $H_2O$  и выделяется энергия.

У: Давайте запишем в тетради: **дыхание** – это процесс распада сложного органического вещества до «простых» органических веществ (промежуточных метаболитов) и неорганических  $CO_2$  и  $H_2O$ , который идет с выделением энергии и потреблением кислорода.

У: В каких органах протекает этот процесс?

Д: Во всех.

У: А почему?

Д: Потому что всем органам растения для их роста необходим строительный материал и энергия.

У: Отообразим процесс дыхания схемой:



Попробуйте сами объяснить, что выражает эта схема, так же, как вы объяснили схему фотосинтеза. На ней показано, что сложные органические вещества присоединяют к себе кислород и затем распадаются на более простые органические вещества – промежуточные метаболиты, углекислый газ и воду. При этом выделяется еще и энергия.

У: Подумайте, на что тратятся эти вещества растением? Вначале решим вопрос, на что используются простые органические вещества и энергия?

Д: «Простые» органические вещества и энергия используются на построение всех органов растения, т.е. его рост.

У: Ответ верный. А на что тратятся неорганические вещества  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ? Мы уже сегодня с вами говорили, что человек выделяет в окружающую среду  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Что происходит с этими веществами, которые образовались у растений в процессе дыхания?

Д: Они тоже выделяются в окружающую среду.

У: Молодцы! Таким образом, мы познакомились с вами со вторым важнейшим жизненным процессом растений – дыханием. Но могут ли эти два процесса – фотосинтез и дыхание – существовать друг без друга?

Д: Нет, так как для дыхания используются сложные органические вещества, которые образуются в процессе фотосинтеза.

У: Правильно. А какое вещество еще используется в процессе дыхания, которое тоже образовалось в процессе фотосинтеза?

Д: Для дыхания используется и кислород, который образовался в процессе фотосинтеза.

У: Следовательно, оба продукта, которые образуются при фотосинтезе, необходимы для дыхания. И если растение не будет получать один из них, дыхание прекратится, и тогда растение погибнет. Очень важно отметить, что *при фотосинтезе кислорода выделяется гораздо больше, чем тратится при дыхании, и в итоге растения обогащают воздух кислородом*. Теперь выясним, используются ли продукты дыхания в процессе фотосинтеза?

Д: Для фотосинтеза используются такие продукты дыхания, как  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

У: Так какой же вывод мы можем сделать, исходя из этого?

Д: Продукты фотосинтеза используются для дыхания, а продукты дыхания для фотосинтеза.

У: Хорошо. Это очень важно, так как указывает на то, что эти процессы связаны друг с другом. Если по каким-то причинам начнет слабее протекать процесс фотосинтеза, то это скажется на интенсивности дыхания и, в конечном итоге, на скорости роста растений и урожае. Такой же результат будет получен, если слабо будет протекать процесс дыхания. Эту важную взаимосвязь можно выразить следующей схемой (рис. 7, прилож.). Кто попытается объяснить эту схему?

Д: На схеме показано, что из  $CO_2$  и  $H_2O$  под действием энергии света образуется сложное органическое вещество и  $O_2$ . Этот процесс называется фотосинтезом. Полученные продукты используются в другом процессе – дыхании. В результате этого процесса образуются более простые органические вещества – промежуточные метаболиты, которые используются как строительный материал. Энергия, которая выделилась в ходе этого процесса, также тратится на построение растений. Кроме того, образуются  $CO_2$  и  $H_2O$ , которые выделяются во внешнюю среду и могут быть использованы растением для процесса фотосинтеза.

У: Таким образом, сегодня мы познакомились с общим строением растения и его основными жизненными процессами: **фотосинтезом** и **дыханием**. Выяснили, что для того, чтобы из маленького семечка могло вырасти большое растение, необходим строительный материал и энергия. Но растение не получает их в готовом виде из внешней среды. Из нее оно получает только вещества, из которых можно создать строительный материал. Это  $CO_2$  и  $H_2O$ . Используя эти неорганические вещества и энергию солнца, растение создает в листьях строительный материал в виде сложных органических веществ, который может долго храниться, так как находится в сложной упаковке. Однако сложное строение этого материала не позволяет растению сразу его ис-

пользовать. Для этого понадобился второй процесс – дыхание, в результате которого этот сложный строительный материал (сложное органическое вещество) преобразуется в более простые органические вещества – промежуточные метаболиты. Одновременно при этом освобождается ранее запасенная энергия солнца. Благодаря этим двум процессам растение постоянно получает строительный материал и энергию для своего роста и развития. Поэтому мы называем эти процессы основными и жизненными. Если вам изученный материал понятен, попробуем ответить на ряд вопросов. Для начала заполним таблицу.

**Основные условия протекания фотосинтеза,  
дыхания и их продукты**

Процессы	Фотосинтез	Дыхание
1. Исходные вещества	$CO_2, H_2O$	$C_6H_{12}O_6, O_2$
2. Конечные продукты	$C_6H_{12}O_6, O_2$	Промежуточные метаболиты, $CO_2, H_2O$
3. Что происходит с энергией	Поглощается	Выделяется
4. Протекание во времени	Непостоянно	Постоянно
5. В каких органах протекает	В листьях, в зеленых стеблях	Во всех

Ответьте на следующие вопросы:

1. В XVII веке английский ученый Пристли проделал следующий опыт: взял двух мышей и посадил каждую под стеклянный колпак. Затем к одной мышке под колпак поставил зеленое растение и выставил их на свет. Через некоторое время под колпаком, где не было растения, мышь погибла, а там, где было растение, – осталась живой. Долгое

время ученые не могли объяснить этот опыт. Попробуйте объяснить вы (рис. 10, прилож.).

Д: Для дыхания животным нужен кислород. Там, где не было растения, мышь использовала весь кислород для дыхания из воздуха, который был под колпаком, и погибла. А под вторым колпаком было растение и на свету оно постоянно выделяло кислород за счет процесса фотосинтеза, и мышь могла использовать его для дыхания, поэтому и не погибла.

У: Правильно, именно процесс фотосинтеза, который шел в растении, снабжал мышь кислородом и она осталась жива.

2. Почему зеленый лист называют фабрикой жизни?

3. Объясните схему: солнце → растение → жизнь.

4. Объясните фразу: *уничтожая растения, мы уничтожаем себя.*

5. Почему вопросы охраны растений в настоящее время становятся очень важными, и государство выделяет для этого большие средства?

6. Для чего садоводы поливают растения водой?

7. Почему люди в знак любви и уважения часто дарят друг другу цветы?

8. Объясните фразу: растения нас кормят, поят, одевают (газовая потребность в  $O_2$  одного человека обеспечивается 10–12 деревьями среднего возраста в период вегетации).

9. Почему растения называют легкими планеты?

У: Итак, вы познакомились с новым предметом – ботаникой. Что же она изучает?

Д: Ботаника – это наука о растениях. Она изучает внешнее и внутреннее строение растений, их различные жизненные процессы, распространение по земной поверхности и взаимовлияние растений и окружающей среды.

## Приложение 5

### Типовые контрольные задания и иные материалы для текущего контроля к теме «Общее знакомство со строением и основными жизненными процессами (фотосинтез, дыхание) цветкового растения»

1. Из курса природоведения известно, что весь окружающий нас мир условно разделяют на неживую и живую природу. Выделите элементы неживой и живой природы:

1. Неживая природа.      2. Живая природа.

*А. Воздух*

*Е. Грибы*

*Б. Микроорганизмы*

*Ж. Планеты*

*В. Вода*

*З. Животные*

*Г. Растение*

*И. Каменный уголь*

*Д. Горы*

*К. Нефть*

*Ответ:* 1 \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_

2. Назовите общие принципы в организации неживой и живой природы.

3. Расположите в иерархической последовательности уровни организации живых систем:

1. Надорганизменный.

2. Клеточный.

3. Организменный.

*Ответ:* \_\_\_\_\_

4. Связаны ли между собой живые системы различных уровней организации?

1) Они не связаны между собой, так как имеют разный уровень организации.

2) В процессе развития жизни на Земле более простые живые системы дали начало более сложным.

5. Какие общие явления характерны для всех объектов живой природы?

---

---

6. На нашей планете все царства представлены многообразием организмов. Чем оно обусловлено (1–3) и какое значение имеет в природе (А–В)?

1) Большой скоростью размножения организмов.

2) Многообразием пищи.

3) Многообразием условий окружающей среды.

*А. Украшает нашу планету.*

*Б. Является основным условием существования жизни на Земле.*

*В. Приносит пользу человеку.*

7. Назовите основные факторы окружающей среды, влияющие на жизнедеятельность всех организмов.

8. Как называется свойство организмов приспосабливаться к условиям окружающей среды? \_\_\_\_\_

---

9. Имеет ли человек право использовать ресурсы живой природы для удовлетворения своих потребностей?

1) Не имеет, так как может сократить многообразие живых организмов и погубить жизнь на планете.

2) Имеет, так как многообразие очень велико и его никогда не истребить.

3) Может использовать природные ресурсы ограниченно, не нарушая равновесие между различными группами организмов.

10. Нуждаются ли отдельные виды растительных организмов в защите и охране и почему?

1) Нуждаются – они стали малочисленными и могут полностью исчезнуть.

2) Не нуждаются – человек может обойтись и без них.

3) Нуждаются – они имеются не во всех природных зонах.

11. Какие организмы занимают центральное место в природных сообществах (1–4) и почему (А–Г)?

1) Микроорганизмы.

2) Растения.

3) Грибы.

4) Животные.

*А. Обеспечивают пищей все другие организмы.*

*Б. Интенсивно разлагают древесину.*

*В. Повышают плодородие почвы.*

*Г. Разлагают органические вещества до минеральных.*

12. Какими основными жизненными формами представлены наземные растения?

13. Многообразие жизненных форм растений в природе обуславливает:

1) Разнообразие экологических условий для других организмов.

2) Разнообразие природных ресурсов для человека.

3) Неоднородность природных зон на планете Земля.

14. На рис. 1 приложений показано значение растений в природе и жизни человека. Полезные качества растений объединены в три группы. Попробуйте заполнить пустые прямоугольники и указать, что лежит в основе каждой группы.

15. Кирпич – широко распространенный строительный материал. Однако в природе в готовом виде он не встречается. Что необходимо для производства кирпича? Укажите, какие вещества и какую энергию использует человек для производства кирпича (рис. 3, прилож.)?

16. Максимальную пользу, как правило, человек получает от взрослого растения. Большинство высших растений размножаются семенами. На рис. 2, прилож. показан поэтапный рост растения – от семени до взрослого. Какие веществ-

ва являются основным строительным материалом для растения? Какая энергия используется растением при этом?

17. Выделите основные элементы растительного организма как целостной системы:

---

18. Какое значение имеют отдельные органы растения, а также их части в создании строительного материала? Покажите это на рис. 4 вначале на целостном растении, затем на листовой пластинке, а после на схеме.

19. Почему великий русский ученый К.А. Тимирязев назвал хлорофилл самым удивительным веществом на Земле?

1) Это вещество обуславливает красивый зеленый цвет растения.

2) Благодаря хлорофиллу, растения могут использовать энергию солнца для создания веществ, которые тратятся на рост всех его органов.

3) Хлорофилл отражает зеленые лучи.

20. Назовите основные условия фотосинтеза (1–6) и его продукты (А–Г):

1) Углекислый газ ( $CO_2$ ).

2) Вода ( $H_2O$ ).

3) Свет ( $h\nu$ ).

4) Хлорофилл (Хл).

5) Кислород ( $O_2$ ).

6) Темнота.

*А. Глюкоза ( $C_6H_{12}O_6$ ).*

*Б. Кислород ( $O_2$ ).*

*В. Углекислый газ ( $CO_2$ ).*

*Г. Неорганические вещества.*

21. Как называется процесс образования органического вещества и кислорода – из неорганических – углекислого газа и воды, который протекает под действием света и при участии хлорофилла?

2. Французский ученый Ж. Пристли проделал два опыта, которые изображены на рис. А и В.

Что явилось причиной гибели мыши во втором варианте опыта?

- 1) Отсутствие пищи.
- 2) Нехватка кислорода.
- 3) Нехватка углекислого газа.

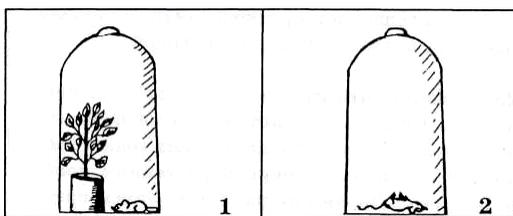


Рис. А

Почему погасла свеча во втором варианте опыта?

- 1) Растения поглощают углекислый газ, который выделяется при горении свечи.
- 2) Растения выделяют кислород, необходимый для горения.
- 3) Растения поглощают свет, который испускается горячей свечой.

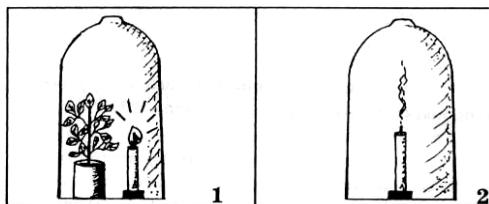


Рис. В

23. На каком участке (рис. С) садовод правильно посадил деревья и кустарники?

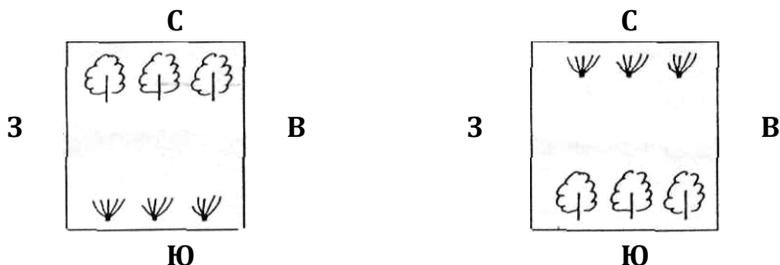


Рис. С

24. На рис. 2 приложений показано, что человек в своей хозяйственной деятельности делает запасы стройматериалов (в частности, кирпича). Для чего это необходимо?

1) Если запросы строительства на какое-то время будут превышать его производство.

2) Если произойдет краткосрочная остановка завода из-за нехватки исходного сырья.

25. Известно, что фотосинтез – процесс прерывистый. Он не протекает ночью из-за отсутствия света, а также в холодное время года. Строительный материал и энергия растениям необходимы всегда. Делают ли растения запасы органических веществ, образующихся при данном процессе, и в каких органах?

1) Растения не делают запаса органических веществ, так как при отсутствии света или пониженных температурах не растут.

2) Растения делают запасы органических веществ в корнях и побегах и используют их на рост и развитие даже при прекращении фотосинтеза.

26. Строительный материал (кирпич) хранится в особых упаковках – поддонах. Для того чтобы использовать его, упаковку необходимо разобрать. Растения делают запас

строительного материала и энергии в виде сложных: белков, липидов, углеводов. Преобразование (разборка) этих веществ и заключенной в них энергии происходит в процессе дыхания. Используя рис. 6, прилож. покажите вначале на листе, а затем на схеме преобразование вещества и энергии в процессе дыхания.

27. Фотосинтез и дыхание тесно связаны и являются звеньями единого углеводного обмена. Покажите на рис. 7, прилож. взаимосвязь этих процессов.

28. После изучения процессов фотосинтеза и дыхания вернитесь к заданию 14 и проверьте, правильно ли вы его выполнили.

29. Чем обусловлено центральное положение растительного организма в биоценозах (см. рис. 9, прилож.).

1) Для растений характерен уникальный процесс фотосинтеза, при котором используется солнечная энергия для создания органических веществ из неорганических. Органические вещества используются всеми другими организмами, обитающими на Земле.

2) Растения выделяют кислород, необходимый для дыхания всех живых организмов. Растительные сообщества являются средой обитания для животных.

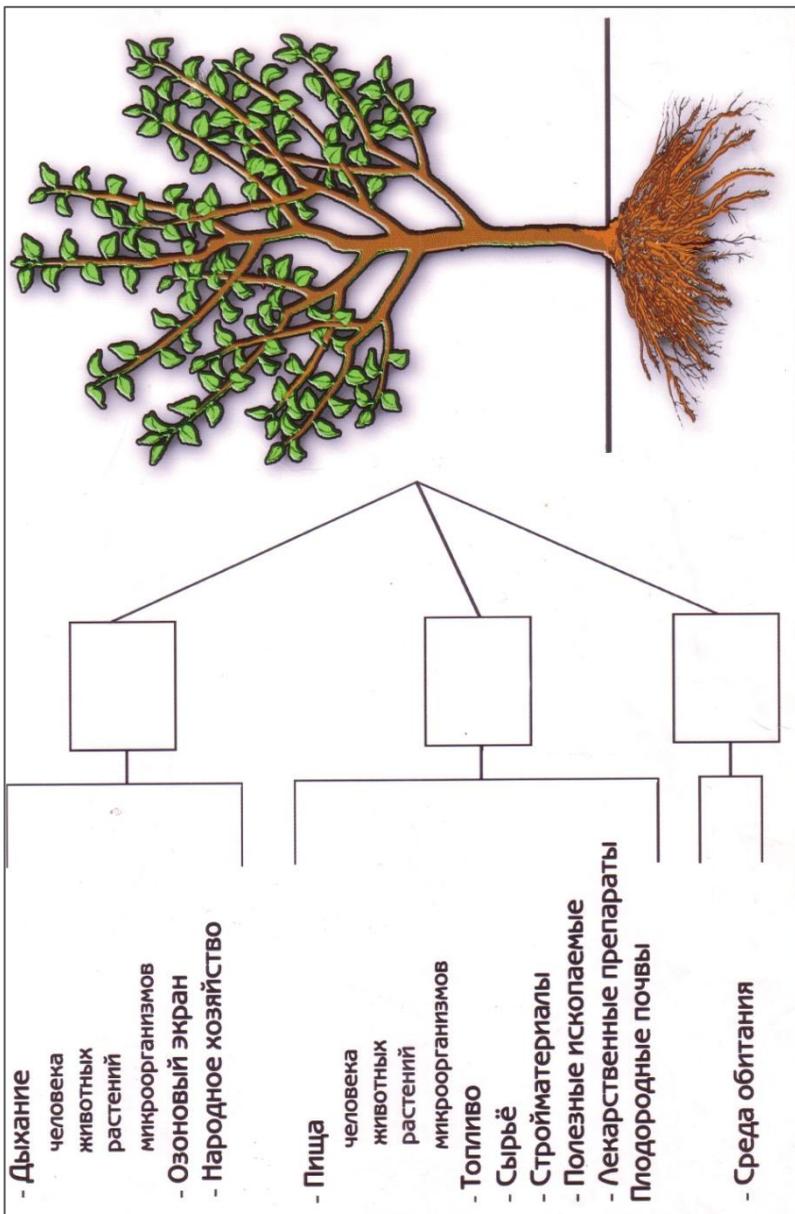


Рис. 1. Значение растений в природе и в жизни человека

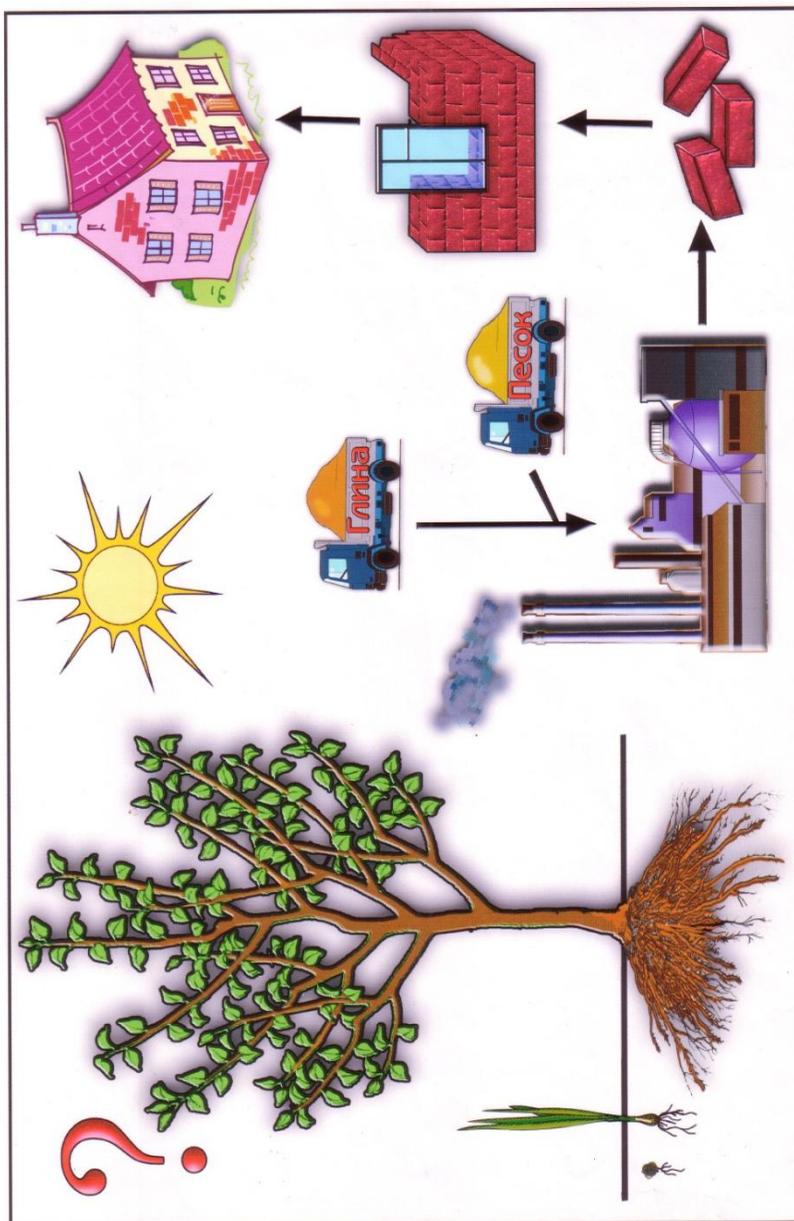


Рис. 2. Строительство в природе и в жизни человека



Рис. 3. Создание строительного материала в природе и в жизни человека

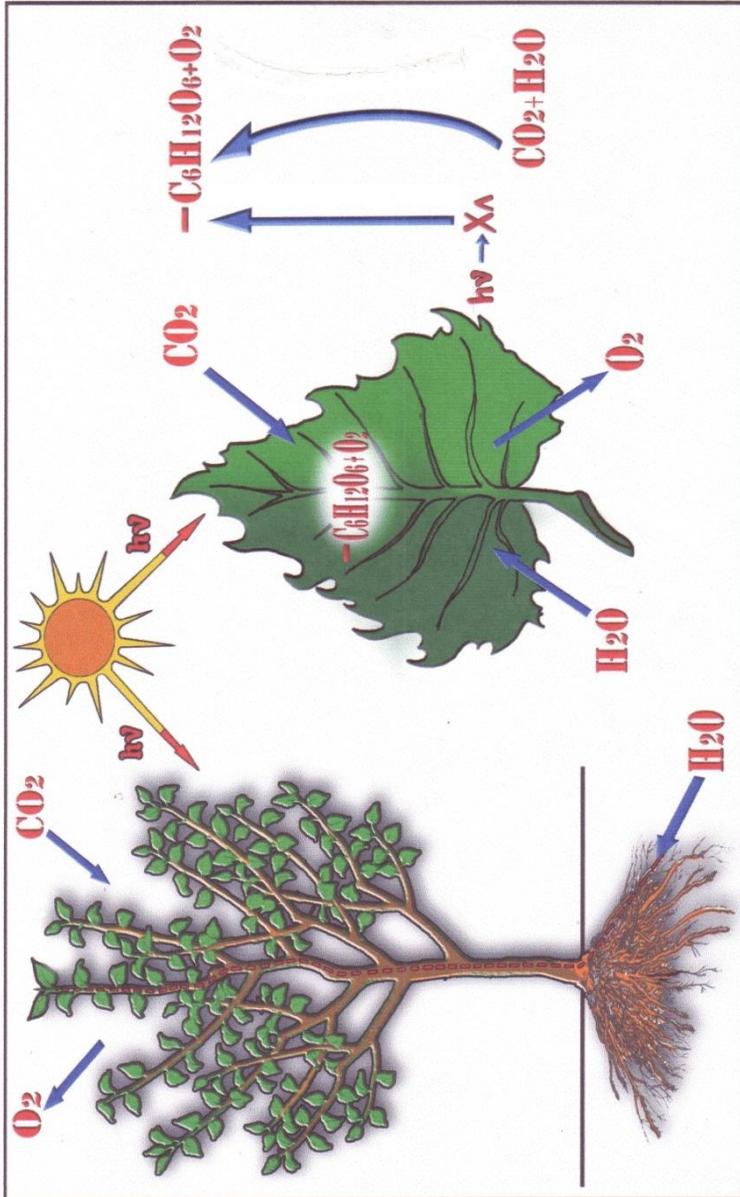


Рис. 4. Преобразование вещества и энергии в процессе фотосинтеза

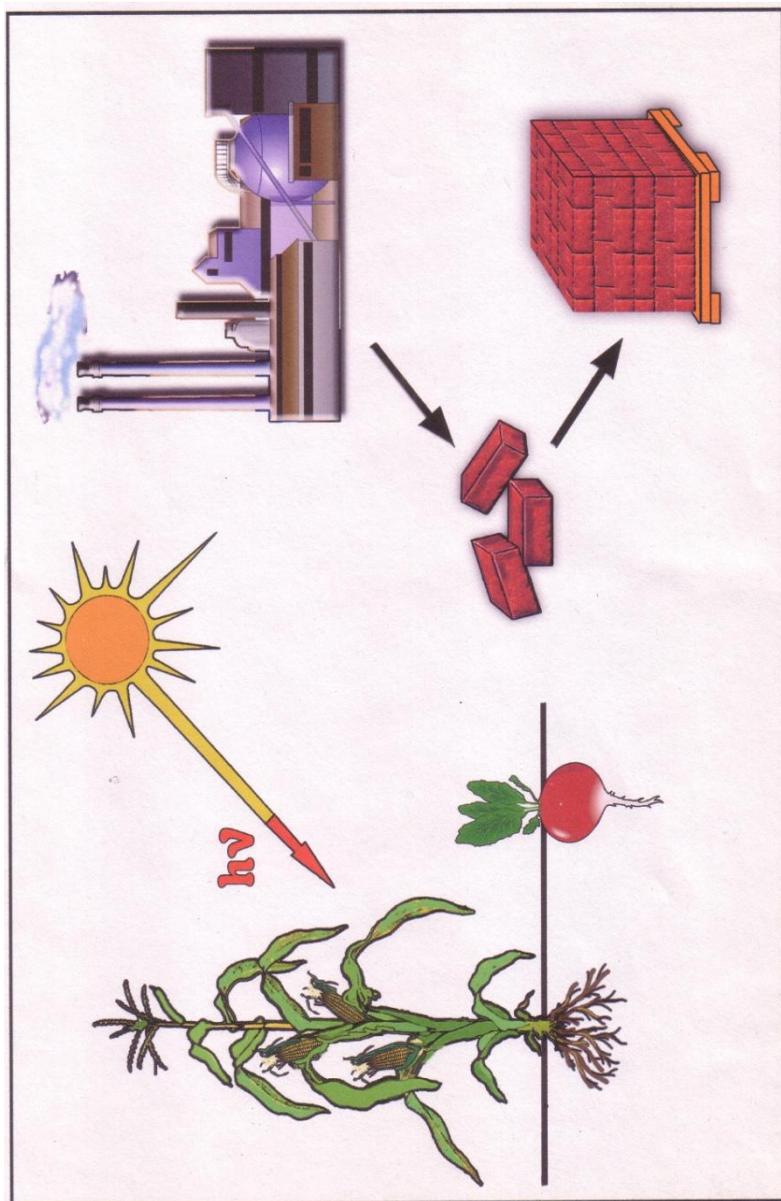


Рис. 5. Создание запасов строительного материала в природе и в жизни человека

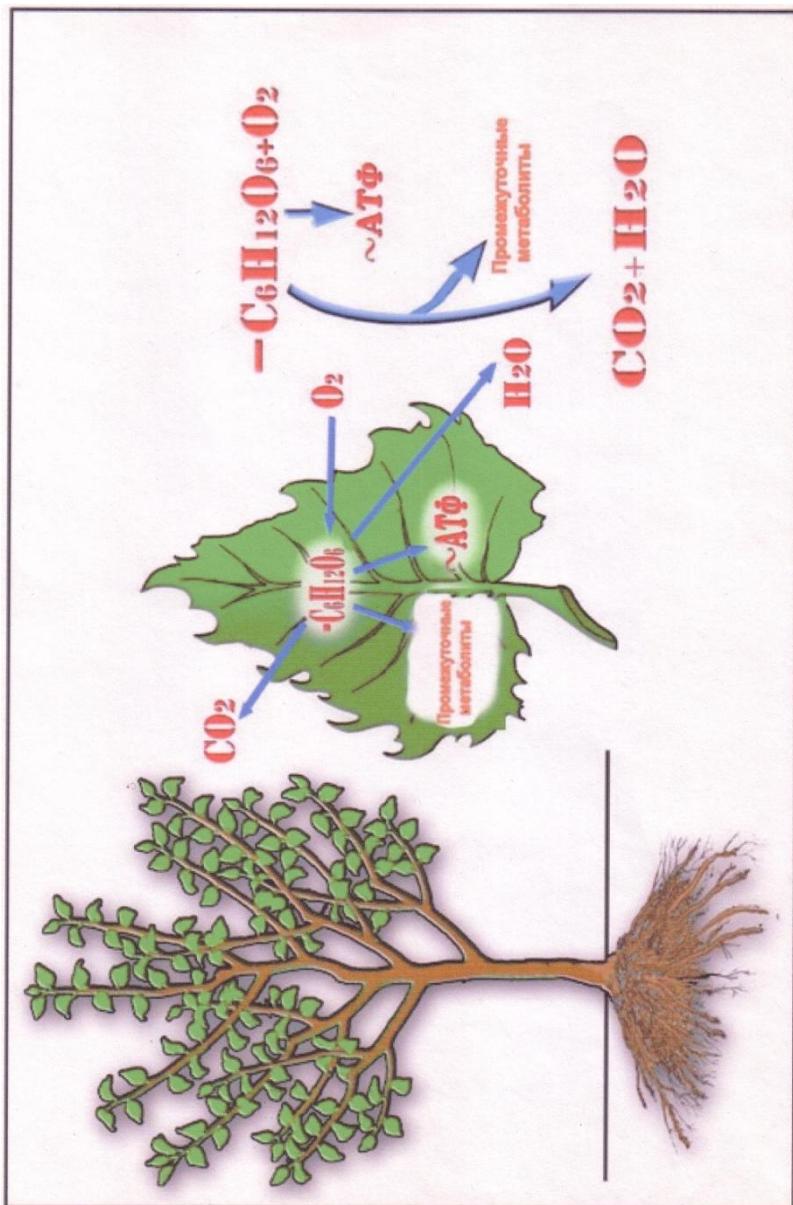


Рис. 6. Преобразование вещества и энергии в процессе дыхания

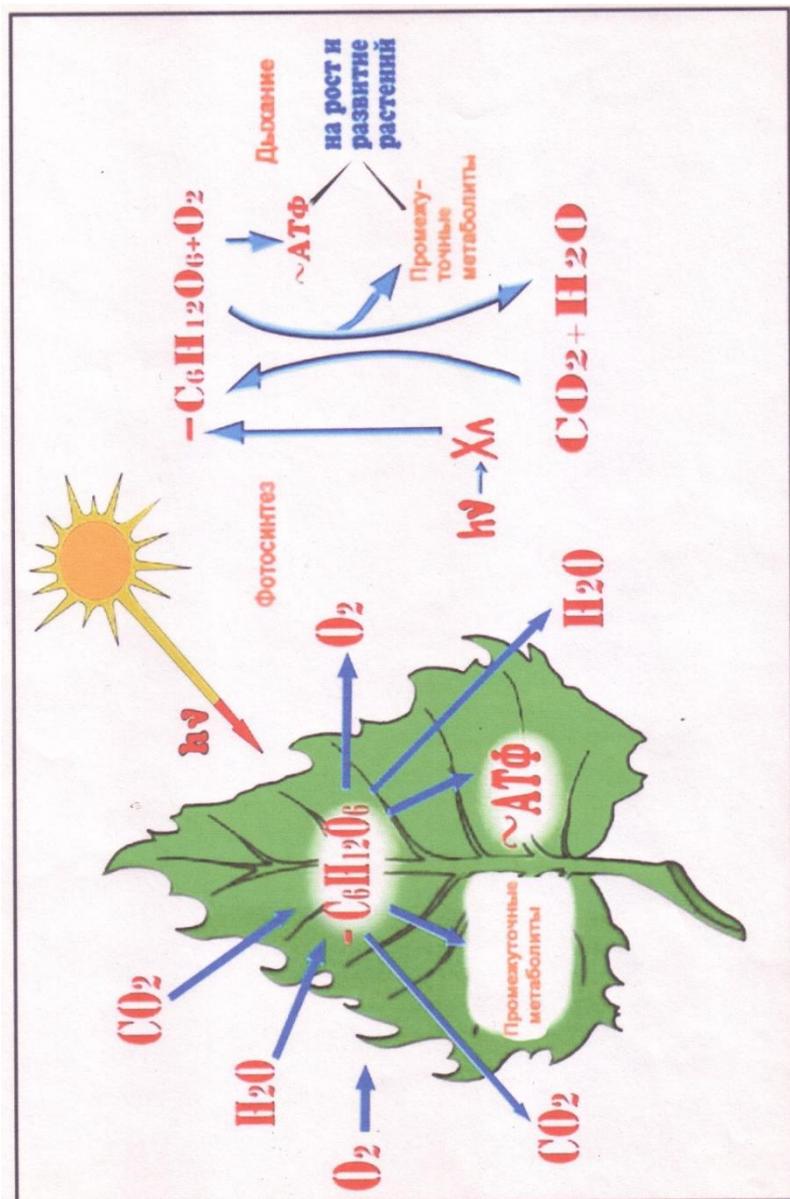


Рис. 7. Преобразование вещества и энергии в процессах фотосинтеза и дыхания

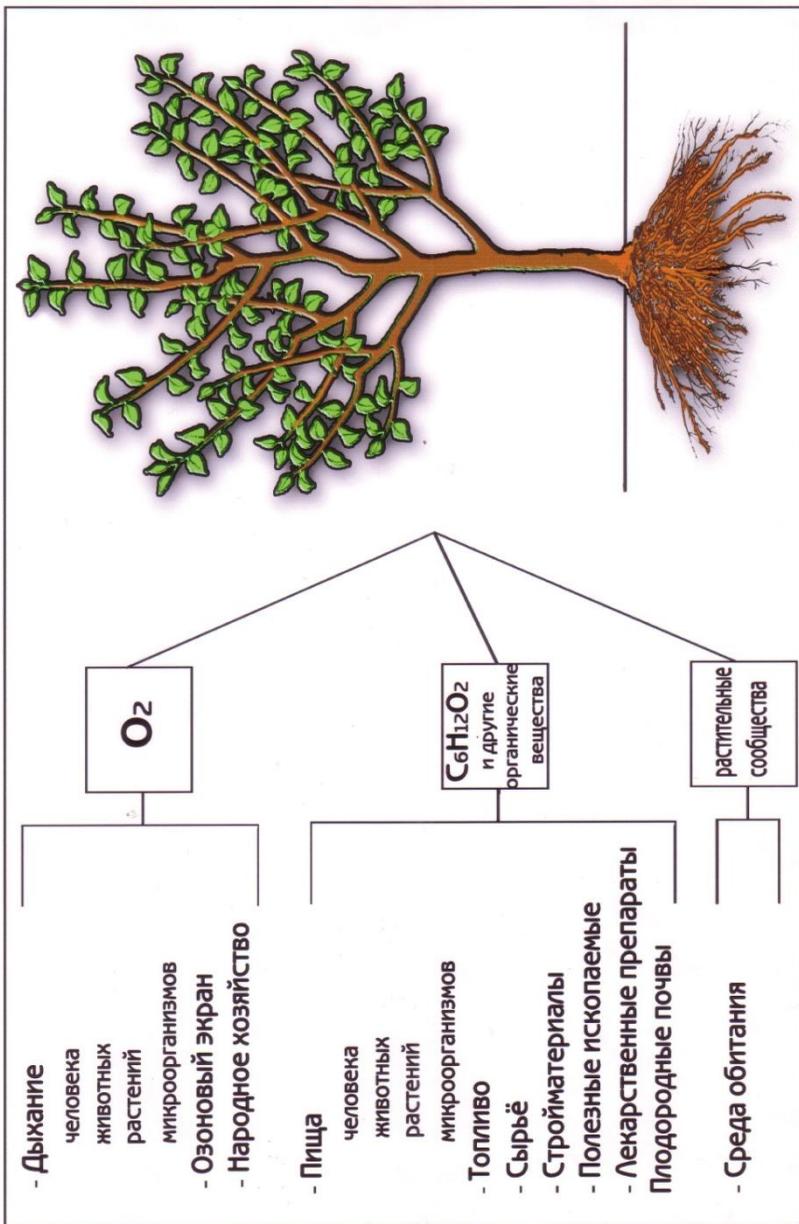


Рис. 8. Значение растений в природе и в жизни человека

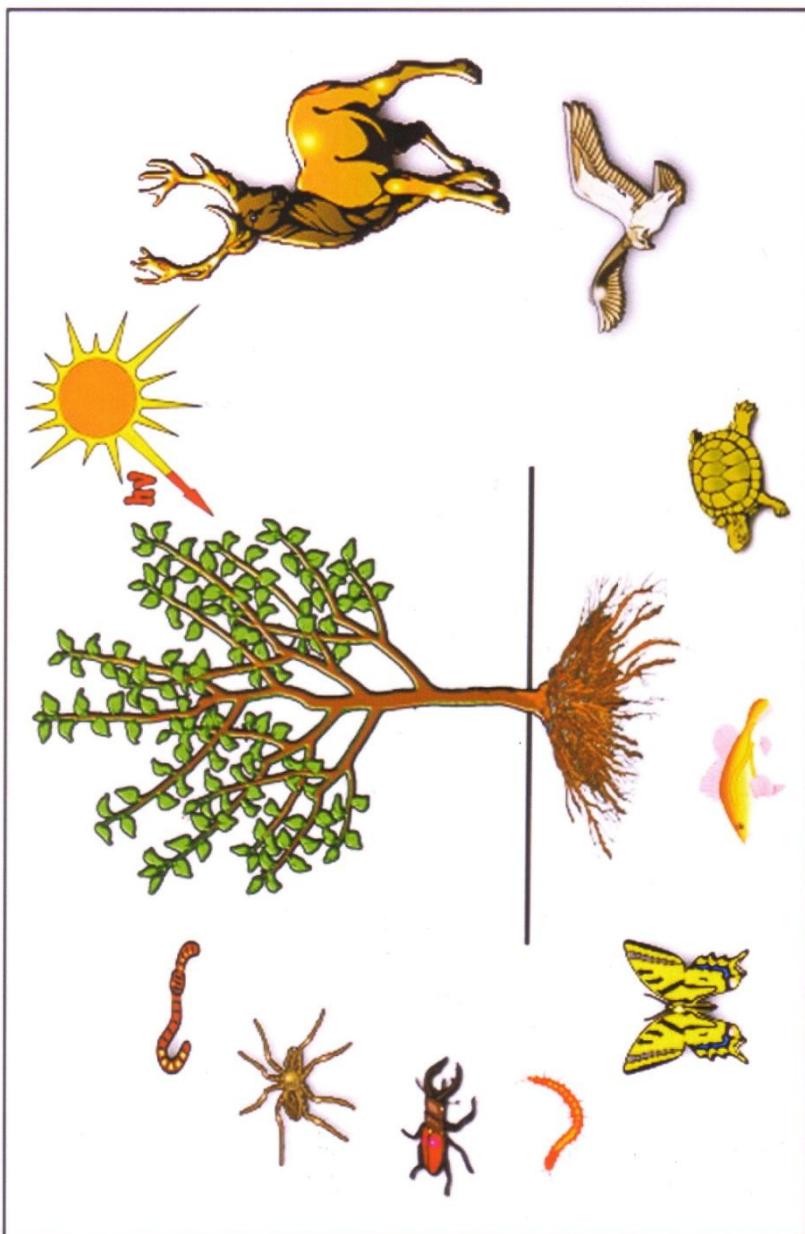


Рис. 9. Растения – основной компонент биогеоценозов



Рис. 10. Опыт Дж. Пристли. Почему погибла мышь?

**Конспект уроков по теме  
«Общее знакомство со строением и основными  
жизненными процессами растительной клетки»**

**Цель:** дать общее представление о строении и основных жизненных процессах растительной клетки (фотосинтезе, дыхании, делении клетки).

**Задачи:**

*Образовательные:*

1. Углубить понятия фотосинтеза и дыхания на уровне клетки. Показать их взаимосвязь.
2. Продолжить формирование понятия об обмене веществ.
3. Дать общее представление о делении клеток и полупроницаемости мембран.
4. Познакомить учащихся с основными структурами растительной клетки: ядром, хлоропластами, митохондриями, цитоплазмой, мембраной, клеточной оболочкой, вакуолью.
5. Доказать, что клетка является основной структурой и функциональной единицей растительного организма.
6. Показать взаимосвязь основных жизненных процессов, а также строения органелл с выполняемыми ими функциями.
7. Изучить строение увеличительных приборов и правила пользования ими.
8. Увязать изучаемый материал с практикой.

*Воспитательные:*

1. Доказать материальность всех жизненных процессов, протекающих в растительной клетке.

2. Продолжить формирование бережного отношения к природе, исходя из уникальности процесса фотосинтеза и растительного мира в целом.

3. Познакомить учащихся с некоторыми современными достижениями отечественной науки в изучении растительной клетки.

*Развивающие:*

1. Способствовать формированию навыков и умений:

а) делать обобщения и выводы;

б) самостоятельно работать с учебником;

в) готовить препараты и работать с микроскопом;

г) делать схематические рисунки;

д) составлять и читать логические схемы.

**Тип урока:** комбинированный.

**Методы:**

1. Словесный (беседа, объяснение)

2. Словесно-наглядный (демонстрация живых растений, слайдов, схем).

3. Практический (приготовление препаратов, работа с увеличительными приборами).

**Логическая схема урока**

1. Повторение содержания предыдущей темы по логической схеме:

Распространение растений → адаптация → значение →

→ уникальность фотосинтеза → дыхание → строение →

→ значение → охрана.



Они имеют большое значение не только для самих растений, но и для всех других организмов нашей планеты, в том числе и человека.

Мы также заострили внимание на том, что дыхание протекает во всех органах растения, в то время как фотосинтез происходит в основном в листьях и в зелёных стеблях. Следовательно, лист является основным органом, в котором протекает этот уникальный процесс.

Подводя итог нашей работе, можно сказать, что мы только в самых общих чертах познакомились с вами с внешним строением и основными жизненными процессами цветковых растений. Хотя вы получили очень важные знания о растениях, однако, они позволяют нам понять жизнь растений только в самом общем виде. Для того чтобы вам было это понятнее, можно привести такой пример.

Вам купили игрушку, допустим, машину. Вначале вы внимательно рассматриваете её снаружи – изучаете внешнее строение, затем вам интересно узнать, что она может «делать», (ездить, поворачивать и т.д.), то есть, какие действия, или иначе процессы, она может осуществлять. После такого общего знакомства с внешним строением и основными процессами машины вас начинают интересовать другие вопросы:

Что содержится внутри этой машины?

У: А для чего вам необходимо знать внутреннее строение машины? (*Примечание: У: – учитель; Д: – дети*).

Д: Для того, чтобы понять, как машина ездит, поворачивает и т.д.

У: Верно, ребята, для того, чтобы понять, почему машина способна выполнять какие-то процессы, необходимо знать не только внешнее, но и внутреннее её строение.

Теперь давайте вернёмся вновь к растению. Мы познакомились только с внешним строением и основными жиз-

ненными процессами растения. А для того, чтобы глубже изучить растения, что необходимо ещё знать?

Д: Для того, чтобы хорошо знать растение, необходимо изучить и его внутреннее строение и другие процессы, которые протекают в нём.

У: Но нужно ли это делать и для чего?

Д: Это поможет глубже познать растения и лучше управлять их ростом и развитием.

У: Давайте начнём изучать более детально растение с такого органа, как лист.

Возьмите листья, которые лежат на ваших партах и посмотрите на них внимательно и ответьте на вопрос, что вы увидели внутри листа. Можете его разрезать и осмотреть срез. Что вы видите? Какие структуры можете различить?

Д: На срезе трудно что-либо различить.

У: Вы правы, не вооружённым глазом трудно рассмотреть внутреннее строение листа, также как и других органов, потому что отдельные «детали» органов растения очень мелкие.

Какие же приборы использует человек для рассмотрения мелких деталей или частиц?

Д: Для этих целей человек использует микроскоп и лупу.

У: Правильно, эти приборы позволяют увеличить мелкие предметы, поэтому их и назвали увеличительными приборами.

Сегодня нам предстоит познакомиться со строением этих приборов, правилами пользования ими, а затем с их помощью изучить внутреннее строение различных органов растения и более подробно изучить внутреннее строение листа.

Откройте учебник и самостоятельно изучите строение лупы и микроскопа. После знакомства со строением микроскопа изучите правила работы с ними.

Прежде чем начать рассматривать растительные объекты, давайте выясним, правильно ли вы научились настраивать микроскоп.

Д: ....

У: Одной из задач сегодняшнего урока является изучение внутреннего строения органов растения. Начнём это изучение с его листа.

Для того чтобы рассмотреть лист под микроскопом, используют специальный препарат: на покровное стекло наносят каплю воды, в неё погружают отрезок листа или его эпидермис (кожицу), затем расправляют иглой и накрывают покровным стеклом. Препарат готов для исследования. Итак, вы познакомились с одним из важнейших методов исследования – световой микроскопией. И хотя этот метод известен давно, однако микроскоп постоянно совершенствуется, и с его помощью сделано много важных открытий. Одно из таких открытий нам предстоит повторить на уроке.

Для этого необходимо приготовить препараты листа, стебля и корня.

Сначала рассмотрите кусочек листа элодеи. Что вы видите?

Д: Много ячеек, которые соединены друг с другом.

Внутри ячеек видны зелёные частички, которых очень много.

У: Эти зелёные частички называли хлоропластами (хлорос в переводе означает зелёный). Этот препарат вы не убирайте с предметного стекла, а рядом приготовьте препараты корня и стебля. Для этого лезвием бритвы сделайте тонкие поперечные срезы стеблей картофеля (столонов) и корешки бобов.

Что вы наблюдаете?

Д: Стебли картофеля и корни бобов тоже состоят из ячеек.

У: Имеются ли в этих ячейках хлоропласты?

Д: В ячейках корня и стебля хлоропластов нет.

У: Вы провели очень важное и интересное исследование. Попробуйте сделать выводы.

Д: Наше исследование показало, что листья, стебли и корни состоят из ячеек. В ячейках листьев имеются хлоропласты, которые придают листу зелёный цвет, в ячейках стеблей и корней хлоропластов нет, поэтому они не имеют зелёного цвета.

Зарисуйте увиденное в тетрадах (рис. 11, 12).

У: Итак, ребята, вы сделали важное открытие. Но впервые это сделал Роберт Гук в XVII веке. Он сконструировал микроскоп и стал рассматривать кусочек пробки коркового дерева и обнаружил, что он состоит из мелких ячеек. Эти ячейки он назвал клетками. С открытием микроскопа учёные стали рассматривать различные органы растений, животных и человека и обнаружили, что все они состоят из клеток. Это было очень важное открытие в изучении строения живых организмов. После открытия клетки началось её всестороннее изучение, которое продолжается и в настоящее время.

На сегодняшнем уроке мы с вами тоже будем изучать клетку. Нам необходимо познакомиться с общим её строением и основными жизненными процессами, которые в ней протекают. Запишите в тетради тему: **ОБЩЕЕ ЗНАКОМСТВО СО СТРОЕНИЕМ И ОСНОВНЫМИ ЖИЗНЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ.**

На предыдущем уроке мы с вами выяснили, что взрослое растение вырастает из маленького семени. Посмотрите на препарат листа элодеи и скажите, все ли клетки имеют одинаковые размеры?

Д: Клетки имеют разные размеры. Есть мелкие клетки, и есть крупные.

У: Верно. Клетки есть крупные и мелкие. Посмотрите ещё раз и обратите внимание, что верхушка листа образована мелкими клетками, ниже лежат клетки крупные.

У: Откуда же берутся крупные клетки?

Д: Мелкие клетки вырастают, а из них вырастают крупные клетки.

У: Теперь давайте выясним, что необходимо, чтобы из маленькой клетки выросла большая клетка. Мы с вами такую задачу уже решали, когда выясняли, как из маленького семени вырастает большое дерево?

Д: Для роста клетки необходим строительный материал и энергия.

У: Какое вещество является строительным материалом для растения?

Д: Растение строит своё тело из органических веществ.

У: В ходе какого процесса образуется органическое вещество? И в каких органах растения?

Д: Органическое вещество образуется в процессе фотосинтеза, который протекает только в зелёных листьях.

У: Мы с вами уже выяснили, что лист состоит из клеток. Можем ли мы с вами предположить, что фотосинтез протекает в клетках листа?

Д: Если лист состоит из клеток, то фотосинтезу негде протекать кроме клеток.

У: Итак, для того, чтобы клетка могла расти и развиваться, ей необходимо получать органические вещества. Но в готовом виде из внешней среды она их не получает, а создаёт сама в процессе фотосинтеза. Но для создания органических веществ в клетке должна быть «фабрика», или иначе

структура. Посмотрите ещё раз препарат листа элодеи. Каких частичек или структур видно много в клетках?

Д: В клетках содержится много зелёных частиц.

У: Мы уже сегодня говорили о них – это хлоропласты. Эти зелёные структуры и являются фабриками по созданию органических веществ. В своих тетрадах вы нарисуйте отдельную клетку (она должна выглядеть объёмной) и один хлоропласт (рис. 13).

Сейчас попробуем изобразить, как работает эта структура?

У: Какие вещества должны поступать в хлоропласт из внешней среды для образования органических веществ?

Д: Для образования органических веществ из внешней среды должны поступать  $CO_2$  и  $H_2O$ .

У: Какая энергия используется для соединения этих веществ?

Д: Для их соединения используется энергия солнца.

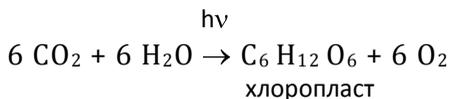
У: А сейчас всё сказанное попробуем выразить схемой (рис. 13).

Кто попробует объяснить схему?

Д: Для роста и развития растительной клетке необходим строительный материал. Однако в готовом виде клетка его не получает из внешней среды. Из внешней среды она получает только неорганические вещества  $CO_2$  и  $H_2O$ , из которых под действием энергии солнца создаёт сложные органические вещества. При этом образуется ещё одно вещество –  $O_2$ . Этот процесс называется фотосинтезом. Для его протекания необходима специальная структура – хлоропласт.

У: Таким образом, мы с вами выяснили, что в клетке содержатся очень важные органеллы хлоропласты, в которых протекает фотосинтез. Благодаря этому процессу клетка

способна создавать органические вещества и  $O_2$  из неорганических  $CO_2$  и  $H_2O$ , используя для этого энергию солнца.



Давайте вспомним, может ли клетка использовать сразу то органическое вещество, которое образуется в процессе фотосинтеза?

Д: Нет, не может, так как при фотосинтезе образуется «сложное» органическое вещество.

У: Что необходимо сделать с этим веществом, чтобы его можно было использовать для построения тела клетки?

Д: Его необходимо разобрать (разложить) до более «простых» органических веществ.

У: В каком процессе это происходит?

Д: Это происходит в процессе дыхания.

У: Должны ли быть в клетке структуры (органеллы) для протекания этого процесса?

Д: Для протекания дыхания в клетке также должны иметься определённые органеллы.

У: Такие органеллы в клетке называются митохондрии (митос – нить, хондрион – зёрнышко, крупинка). Чаще всего это вытянутые в виде палочки бесцветные органеллы. Так как эти органеллы бесцветны, их не видно в микроскоп. Увидеть их можно при большом увеличении после специального окрашивания. Вспомните, какие вещества являются исходными продуктами дыхания?

Д: Исходя из общей схемы дыхания.



У: Теперь отобразим это на схеме (рис. 14).

Кто сможет объяснить вторую часть нашей схемы?

Д: «Сложные» органические вещества, которые образовались в процессе фотосинтеза не могут сразу использоваться как строительный материал, потому, что имеют сложную упаковку. Они поступают в митохондрии, и там при участии кислорода происходит их распад до «простых» органических и неорганических  $CO_2$  и  $H_2O$ , при этом также выделяется энергия, которая используется на образование АТФ. Простое органическое вещество и энергия используются для построения тела клетки, то есть на её рост и развитие. А  $CO_2$  и  $H_2O$  выделяются во внешнюю среду.

У: Итак, ребята, мы познакомились с двумя важнейшими жизненными процессами растительной клетки – фотосинтезом и дыханием. Эти процессы протекают в клетке в специальных структурах – органеллах – хлоропластах и митохондриях. Только совместно эти процессы обеспечивают клетку непрерывно строительным материалом и энергией. Посмотрите внимательно на схему и скажите, какие условия необходимо соблюдать, чтобы эти процессы протекали?

Д: Для протекания этих процессов необходимо, чтобы клетка непрерывно получала из внешней среды  $CO_2$  и  $H_2O$  и  $O_2$ , при этом клетка выделяет во внешнюю среду  $CO_2$  и  $H_2O$  и  $O_2$ , тепло.

У: Правильно. Если сказать иначе, то клетка должна непрерывно обмениваться с окружающей средой веществом и энергией. Такой процесс обмена веществом и энергией клетки с окружающей средой и называется обменом веществ.

Посмотрите ещё раз на схему (рис. 14) и скажите, зависят ли друг от друга процесс фотосинтеза и дыхания? Мы с вами этот вопрос решали при изучении первой темы. Для того чтобы вам легче было ответить на этот вопрос, обратитесь к рис. 7.

Д: Эти два процесса тесно связаны друг с другом, так как вещества, полученные в результате одного процесса, используются в другом процессе. Так в процессе фотосинтеза используются  $CO_2$  и  $H_2O$ . Именно эти вещества образуются в процессе дыхания. В процессе дыхания используются «сложные» органические вещества и  $O_2$ , которые образуются в процессе фотосинтеза. Таким образом, процесс фотосинтеза, который протекает в хлоропластах, и процесс дыхания, протекающий в митохондриях, тесно связаны. Если произойдёт торможение одного процесса, замедлится и другой процесс. Зная это, мы можем создавать оптимальные (хорошие) условия для каждого из них и тем самым будем способствовать быстрому росту клеток и в целом растения.

У: Таким образом, мы с вами выяснили, что фотосинтез и дыхание обеспечивают клетку непрерывно строительным материалом и энергией. Казалось, что клетка имеет всё для построения своего тела. Однако это не так. Чего же ей не хватает, чтобы начать построение своего тела?

Д: ...

У: Прежде чем решить эту проблему, давайте вернёмся вновь к примеру со строительством школы. Мы с вами остановились на том, что на строительную площадку завезли весь строительный материал, его разобрали и он готов к употреблению. На площадке находятся строители, техника. Встаёт вопрос, как они узнают, какую школу необходимо построить? Что ещё необходимо иметь?

Д: Для того, чтобы начать строить, им надо иметь план или проект школы, которую надо построить.

У: Верно. А теперь вернёмся к построению клетки. Что необходимо иметь ей для того, чтобы начать строить своё тело?

Д: В клетке тоже должен содержаться такой план.

У: Молодцы. Действительно, построением клетки, то есть её ростом, тоже нужно управлять, а для этого она должна иметь своеобразный план. Давайте посмотрим ещё раз препарат элодеи и попробуем найти органеллу, в которой мог бы находиться такой план. Очень хорошо видна такая структура в клетках кожицы лука, так как там нет хлоропластов.

Что вы видите на препарате?

Д: На препарате видна круглая темноватая структура.

У: В этой структуре, ребята, и содержится план построения клетки и она называется ядром. Ядро является очень важной клеточной структурой. В нём содержится весь план построения клетки, то есть её роста и развития. Оно управляет ростом и развитием клетки в течение всей его жизни (рис. 15).

Таким образом, мы познакомились с вами с тремя важнейшими органеллами клетки: хлоропластами, митохондриями и ядром. Все эти структуры в клетке находятся в полужидкой студнеобразной массе, которая называется цитоплазмой. Цитоплазма – это полужидкое бесцветное вещество, в которое погружены все органеллы клетки. Она является основной средой клетки. Её движение можно наблюдать в клетках листа элодеи. Вместе с цитоплазмой в этих клетках движутся и хлоропласты, и это хорошо видно в микроскоп. По цитоплазме вещества из одних органелл поступают к другим органеллам. Двигаясь, цитоплазма разносит строительный материал и энергию в виде АТФ по всей клетке. Через цитоплазму вещества, которые образуются в одних органеллах, могут передаваться другим органеллам. Таким образом, благодаря цитоплазме, органеллы внутри клетки обмениваются друг с другом веществом и энергией, которая преобразуется и используется на рост и развитие клетки. В

результате внутреннего обмена веществ могут образоваться и продукты, которые в данный момент клетке не нужны, а также вредные продукты. Все они изолируются от цитоплазмы благодаря тонкой плёночке – мембране, и в итоге образуется полость, окружённая мембраной – вакуоль. Внутри этой полости содержится вода, в которой растворены различные органические и неорганические вещества. Такая жидкость называется клеточный сок.

Возьмите кусочек свеклы и разрежьте его лезвием. Что вы видите в порезе?

Д: На порезе видна красная жидкость.

У: Это, ребята, и есть клеточный сок. У некоторых растений в листьях, цветках, плодах и других органах в клеточном соке содержатся различные красящие вещества, которые придают им определённый цвет. Это имеет немаловажное значение. Так, например, ярко окрашенные цветы привлекают насекомых. Насекомые же, собирая нектар с цветков, лучше опыляют их. Сегодня мы уже упоминали о том, что клетка может создавать органические вещества, если в неё из внешней среды будут поступать определённые неорганические вещества, и в первую очередь, такие как  $CO_2$  и  $H_2O$ . Однако во внешней среде содержатся не только необходимые клетке вещества, но и вредные. Встаёт вопрос: как клетка регулирует проникновение веществ? Как она узнаёт: какие вещества следует пропустить, а какие необходимо обязательно задержать?

Д: В клетке имеется определённая структура, которая позволяет ей регулировать поступление вещества в цитоплазму.

У: Вы правы, клетка действительно имеет для этого определённую структуру, которая представляет собой очень тоненькую плёночку и она называется наружной мембра-

ной. Именно мембрана, которая окружает цитоплазму и регулирует поступление веществ в клетку, и это её основное значение. Если мембрана разрушается, то клетка погибает, так как в неё начинают проникать вредные вещества, а также микроорганизмы. Все рассмотренные выше структуры являются очень «нежными» и легко «ранимыми». Если какая-то одна структура будет разрушена, клетка погибнет, если же погибнет много клеток – будут отмирать органы, а затем и целое растение. Однако на практике, мы знаем, что растение выдерживает очень часто различные неблагоприятные воздействия: сильный ветер, на его ветки садятся птицы. Спилить или срубить дерево также не очень просто. Что же получается? Внутреннее содержимое клетки очень «хрупкое», а разорвать клетки не очень просто. Как решить эту проблему?

Д: Возможно, клетка имеет прочную оболочку.

У: Молодцы. Вы очень точно ответили на поставленный вопрос.

Клетка действительно снаружи покрыта жёсткой клеточной оболочкой, которая придаёт ей механическую прочность, определённую форму, защищает от проникновения в неё микроорганизмов и т.д. Скажите, если бы клетка не имела клеточной оболочки, то смогла бы она и целое растение иметь определённую форму?

Д: Внутреннее содержимое клеток очень «нежное», и если бы оно не было снаружи покрыто жёсткой клеточной оболочкой, то клетки бы не имели определённой формы. Растение состоит из клеток, а потому и оно не имело бы определённой формы.

У: Сегодня мы с вами уже говорили, что организм человека и животных тоже состоит из клеток. Эти клетки тоже имеют оболочку, но она не является такой жёсткой, как рас-

тительная оболочка. В этом легко убедиться. Все вы знаете, что когда ставят уколы, игла относительно легко входит в ткани нашего тела. Мясо легко разрезать ножом. Это доказывает, что клеточные оболочки животных клеток не являются жёсткими. Если вы согласны с этим, то ответьте на вопрос:

Благодаря чему тело человека и животных имеет определённую форму?

Д: Тело человека и животных имеет определённую форму благодаря тому, что у них есть костный скелет.

У: Верно, ребята. Костный скелет придаёт телу человека и животных определённую форму и защищает все внутренние органы от механических воздействий. Но теперь вернёмся вновь к растениям и подумаем над вопросом: есть ли у растений такой скелет?

Д: У растений костного скелета нет.

У: Тогда почему оно имеет определённую форму?

Д: Растение имеет определённую форму благодаря тому, что клетки снаружи покрыты жёсткими клеточными оболочками.

У: Как же мы можем назвать все эти клеточные оболочки вместе, по аналогии с внутренним костным скелетом?

Д: Клеточные оболочки в совокупности составляют как бы внешний скелет растения.

У: Итак, ребята, мы с вами решили важный вопрос о роли клеточных оболочек в жизни клетки и целого растения. Скажите, меняется ли прочность клеточных оболочек в процессе роста и развития растения? И если сможете, то докажете это.

Д: Молодые растения имеют не очень жёсткие клеточные оболочки. Это можно доказать тем, что их легко можно сломать. Наружные покровы многих овощей и фруктов вна-

чале очень тонкие и нежные, а с возрастом грубеют. Данные примеры доказывают, что с возрастом клеточные оболочки становятся более жёсткими и прочными.

У: Мы познакомились с вами ещё с одной важной структурой клетки – клеточной оболочкой, которая выполняет ряд функций. Посмотрите препарат кожицы лука и скажите, каким образом клетки расположены по отношению друг к другу?

Д: Клетки в кожице лука примыкают друг к другу.

У: Легко ли их отделить? Попробуйте под микроскопом с помощью двух игл разорвать кожицу лука. Обратите внимание, в каком месте в основном произошёл разрыв клеток?

Д: Разрыв клеток произошёл в основном пополам, а не по границе клеточных стенок.

У: Какой же вывод мы можем сделать?

Д: Клеточные оболочки прочно прикреплены друг к другу.

У: Да, клеточные оболочки прочно склеены друг с другом с помощью срединной пластинки. Таким образом, мы с вами выяснили, что клетка – это очень сложная система, которая сама создаёт запасы строительного материала благодаря процессу фотосинтеза, протекающего в хлоропластах. Этот строительный материал не может быть сразу использован, так как находится в «сложной упаковке». Он преобразуется в процессе в специальных структурах – митохондриях. В результате клетка получает строительный материал и энергию, которые и используются на рост и развитие клетки. План о росте и развитии клетки содержится в ядре. Связь между этими структурами осуществляется через полужидкую среду – цитоплазму. Именно благодаря ей оргanelлы обмениваются друг с другом веществом и энергией – это мы назвали внутренним обменом веществ. Образование

органических веществ в клетке не возможно без притока в неё из внешней среды органических веществ, в первую очередь,  $CO_2$  и  $H_2O$  и энергии солнца. Большое значение в регуляции этого внешнего обмена играют мембраны, которые являются как бы пропускным пунктом. Благодаря их строению они как бы распознают те вещества, которые необходимы клетке и пропускают их вовнутрь клетки, и те, которые клетке не нужны или вредны, не пропускают их. Те вещества, которые в данный момент клетке не нужны, а также вредные, которые образовались внутри клетки, изолируются в вакуоль. Сверху клетка окружена жёсткой клеточной оболочкой, которая надёжно защищает её от повреждений и придаёт ей определённую форму. Всё сказанное позволяет нам заключить, что клетка представляет собой как бы «миниатюрный организм», который сам себя обеспечивает всем необходимым для своего роста и развития. Мы с вами рассмотрели жизненные процессы, которые обеспечивают клетку строительным материалом и энергией, которые используются на её рост и развитие. Мы также отметили, что каждый процесс протекает в определённых структурах. Встаёт вопрос, до какого предела может расти клетка? Или процесс её роста беспредельный?

Д: Наверное, клетка растёт до определённого предела.

У: Верно, клетка растёт до определённого предела. А что же с ней происходит дальше?

Д: ...

У: Достигая определённых размеров, клетка делится, и из одной материнской клетки образуется две маленьких, которые называются дочерними. Подумайте и скажите, какие структуры или органеллы должна обязательно получить каждая дочерняя клетка?

Д: Каждая дочерняя клетка должна получить хлоропласты, в которых образуются органическое вещество, митохондрии, в которых «сложное органическое вещество» распадается до более «простого» и при этом выделяется энергия. Дочерние клетки должны получить также проект или план её построения, который содержится в ядре.

У: Вы совершенно правильно представляете себе в целом деление клетки. Уточним только некоторые детали этого важного жизненного процесса.

Для того, чтобы понять как происходит удвоение «плана» построения клетки, необходимо знать хотя бы общие черты строения ядра. Ядро – это самая крупная органелла клетки. Снаружи оно покрыто мембраной. Внутри ядра находится жидкость, в которой погружены тельца цилиндрической (палочковидной) формы – хромосомы (рис. 16). Они то и содержат информацию (план) о строении (признаках) клетки. Клетки различных организмов, как растительные так и животных, имеют разный набор хромосом. Хромосомы обладают одним удивительным свойством: они могут перед делением клеток самоудваиваться, в результате чего из одной материнской хромосомы возникают две дочерние. Хромосомы, которые совершенно одинаковые. Перед делением клетки ядерная оболочка растворяется, а два набора хромосом выстраиваются в центре клетки. Затем с помощью особых нитей они расходятся к противоположным полюсам клетки. После этого вокруг каждого набора хромосом формируется мембрана и образуются ядра. На следующем этапе начинает делиться внутреннее содержимое клетки. Посередине клетки образуется внутренняя перегородка, которая разделяет примерно поровну цитоплазму и находящиеся в ней хлоропласты и митохондрии.

Скажите, получила ли каждая дочерняя клетка всё необходимое для своего роста и развития?

Д: Каждая дочерняя клетка получила всё необходимое для своего роста и развития: хлоропласты, митохондрии, ядро и цитоплазму.

У: А теперь ответьте, почему деление мы называем также жизненно важным процессом для растения?

Д: Деление клетки является жизненно важным процессом для растения, так как благодаря ему могут расти отдельные органы и в целом растение.

У: Давайте попробуем изобразить, как может идти увеличение органов растения за счёт роста и деления клеток (рис. 17).

Клетка достигает определённой величины и делится, в результате образуются две дочерние клетки. Они так же некоторое время растут и вновь делятся, при этом образуется уже 4 клетки, 4 клетки вновь делясь, образуют 8 клеток и т.д. Попробуйте сделать вывод. Что же лежит в основе роста любого органа и целого растения?

Д: В основе роста любого органа и целого растения лежит рост и деление клеток.

У: А теперь давайте обобщим полученные сегодня знания и попробуем ответить на вопрос: почему клетку учёные называют основной структурой и физиологической единицей растительного организма?

Д: Её называют так потому, что она является как бы маленьким самостоятельным организмом, в котором протекают все жизненно важные процессы.

У: Правильно, ребята, в клетке протекают все жизненно важные процессы, которые необходимы для её роста и развития. Поэтому она и обладает всеми признаками, которые характерны для больших организмов. А именно: клетка растёт, развивается, размножается, реагирует на изменения окружающей среды. Всё сказанное и позволяет нам заклю-

читать и назвать клетку основной структурой и физиологической единицей растений.

Вы сделали сегодня очень важное открытие, которое поможет вам при изучении биологии глубже проникнуть в тайны живого. Но нужны ли нам знания о строении и жизненных процессах клетки для решения практических вопросов? Скажем для того, чтобы повысить урожай?

Д: Если мы изучим строение клетки и её жизненные процессы, то мы сможем управлять её ростом и развитием. Необходимо также изучить влияние внешних факторов на эти жизненные процессы и в целом на рост и развитие клетки.

У: Действительно, изучение строения и жизненных процессов клетки важно не только для понимания живых организмов. Эти знания человеку прежде всего нужны для практики. Население нашей планеты постоянно растёт и нуждается во всё большем количестве продуктов. Люди в процессе деятельности накопили определённые знания о растениях. Эти знания позволяют им влиять на растения и регулировать урожай. Однако в настоящее время имеется необходимость получать урожаи гораздо выше, а прежние знания не позволяют этого сделать. Поэтому человек вынужден изучать растения более глубоко и всесторонне. Можно привести ряд примеров тому, как после детального изучения строения и основных жизненных процессов клетки, человек использовал их для решения важнейших практических вопросов. При детальном изучении строения и жизненных процессов растительной клетки учёные выяснили, что в ядре содержится не только план построения клетки, но и целого растения. Это было очень важное открытие, благодаря которому учёные научились выращивать целые растения из одной клетки. Но какая в этом необходимость?

Большое количество выращенных овощей портится из-за того, что они заражены различными болезнями. Так, например, почти все сорта картофеля заражены раком. Картофель, как вы знаете, размножают клубнями, поэтому это заболевание передаётся от старых клубней молодым. Однако даже в клубне заражённого картофеля отдельные клетки не поражены и являются здоровыми. Учёные научились выделять эти клетки и в особых условиях выращивать из них здоровые растения. Таким образом, благодаря этому открытию имеется возможность бороться с различными заболеваниями. Этот метод используют для выращивания здоровых растений смородины и других культур.

Детальное изучение клетки позволило учёным также разработать новый метод выведения культур, которые ранее не были известны человеку. Обычно новые сорта выводят путём нанесения пыльцы с одного сорта на пестики другого сорта. Однако таким способом невозможно вывести новые культуры. Описанный метод позволяет успешно решить эту задачу (рис. 18). Для этого берут клетки от двух видов растений, с помощью специальных веществ лишают их жёсткой клеточной оболочки и после этого клетки сливаются друг с другом. Сливаются их ядра, в которых, как мы уже говорили, содержится план построения клетки. В результате такого слияния из двух планов образуется третий, в котором есть элементы обоих планов. Таким образом, была выведена совершенно новая культура поматы, которая была выращена путём скрещивания клеток томатов и картофеля (рис. 18). С одного такого растения можно собирать два разных овоща: с надземной части – помидоры, с подземной части – картофель.

Этот метод в дальнейшем позволит человеку культивировать растения с теми признаками, которые необходимы

человеку. Таким образом, знания о строении и жизненных процессах растительной клетки важны человеку не только в познавательном плане, но и имеют большое практическое значение.

### Закрепление

1. Заполните таблицу:

Клеточная структура	Функция (значение)
1. Ядро	
2. Хлоропласты	
3. Митохондрии	
4. Цитоплазма	
5. Наружная мембрана	
6. Оболочка	
7. Вакуоль	

2. Заполните таблицу:

Условия процесса	Фотосинтез	Дыхание
1. Где протекает		
2. Исходные вещества		
3. Конечные процессы		
4. Что происходит с энергией		
5. Протекание во времени		
6. В клетках каких органов протекает		

3. В процессе фотосинтеза потребляется  $CO_2$  и выделяется  $O_2$ , а в процессе дыхания, наоборот, потребляется  $O_2$ , а выделяется  $CO_2$ .

Одинаковое ли количество  $CO_2$  поглощается и выделяется? Равное ли количество  $O_2$  поглощается при дыхании и выделяется при фотосинтезе?

4. Что лежит в основе роста растения?

5. Объясните выражение: Клетка – основная структурная и физиологическая единица всего живого.

6. Имеют ли практическое значение знания о строении и жизненных процессах растительной клетки?

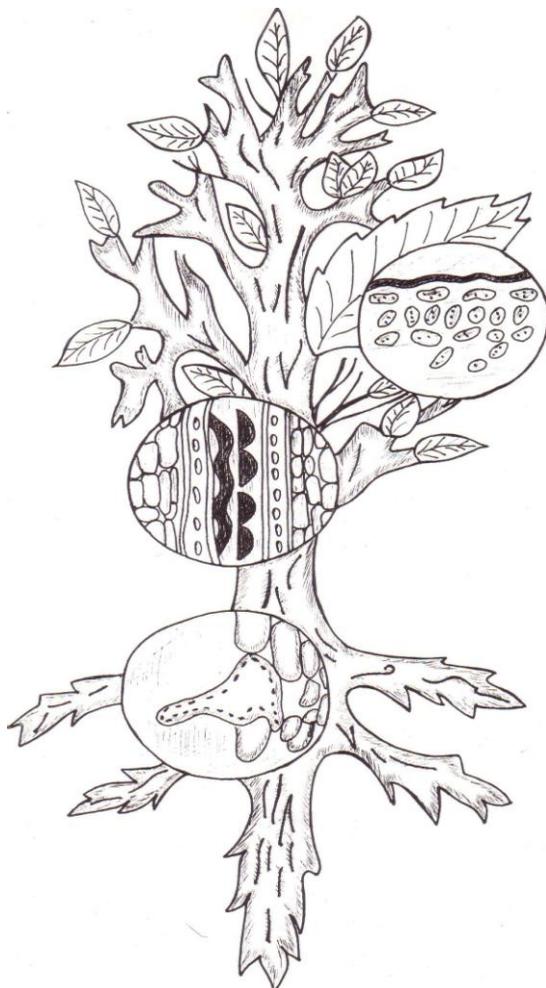


Рис. 11. Клеточное строение растения

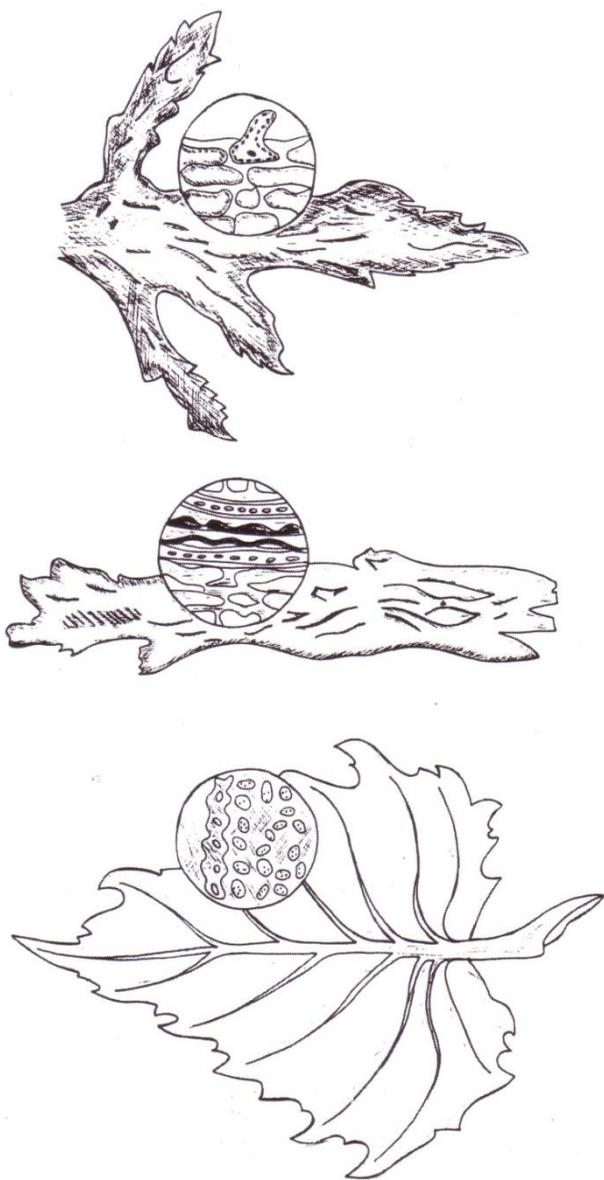


Рис. 12. Клеточное строение листа, стебля, корня

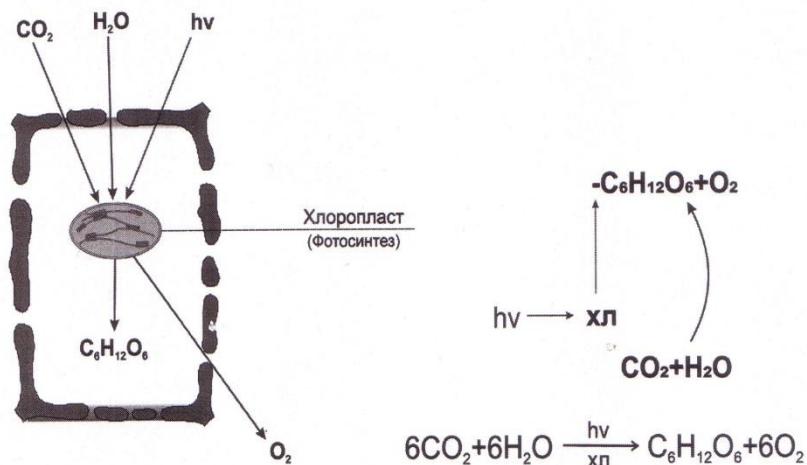


Рис. 13. Образование органических веществ в растительной клетке в процессе фотосинтеза

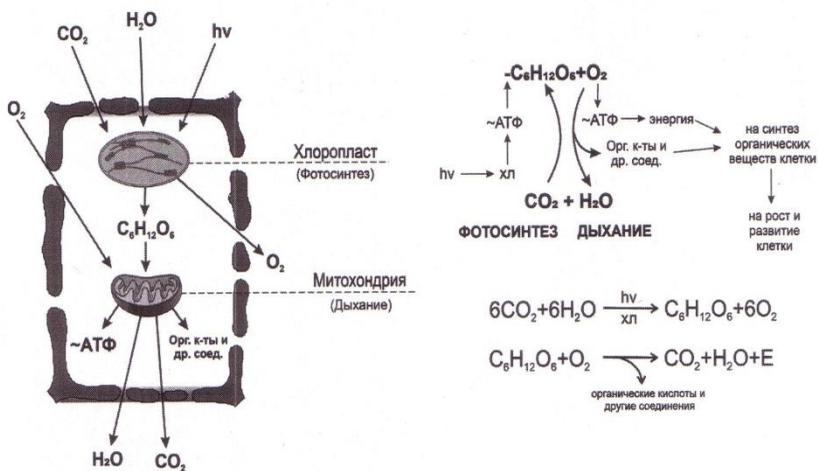


Рис. 14. Превращение вещества и энергии в процессе фотосинтеза и дыхания

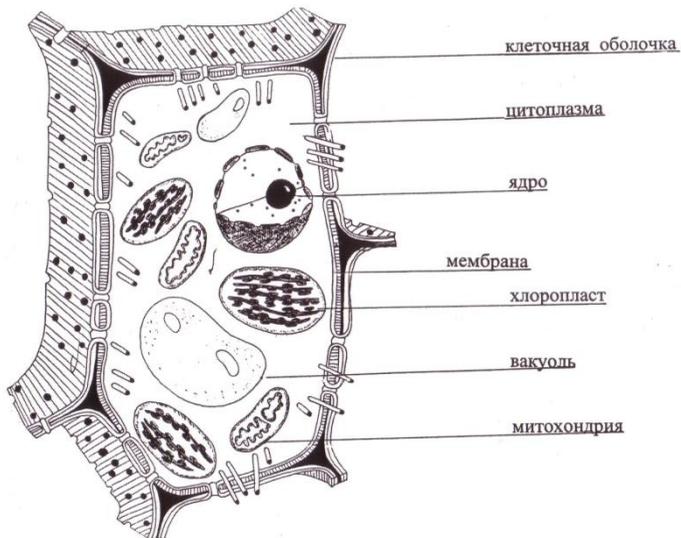


Рис. 15. Строение растительной клетки

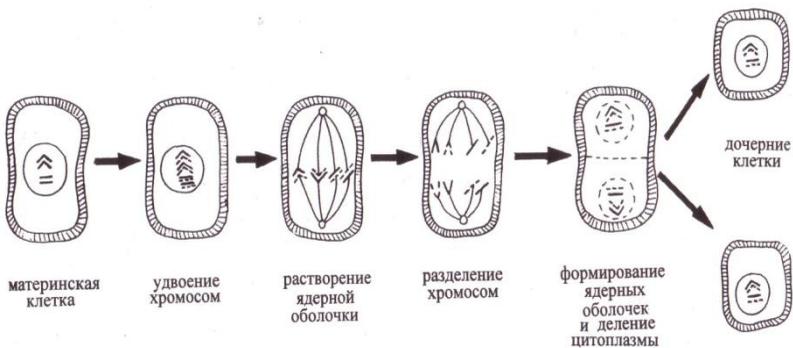


Рис. 16. Деление клетки (митотический цикл)

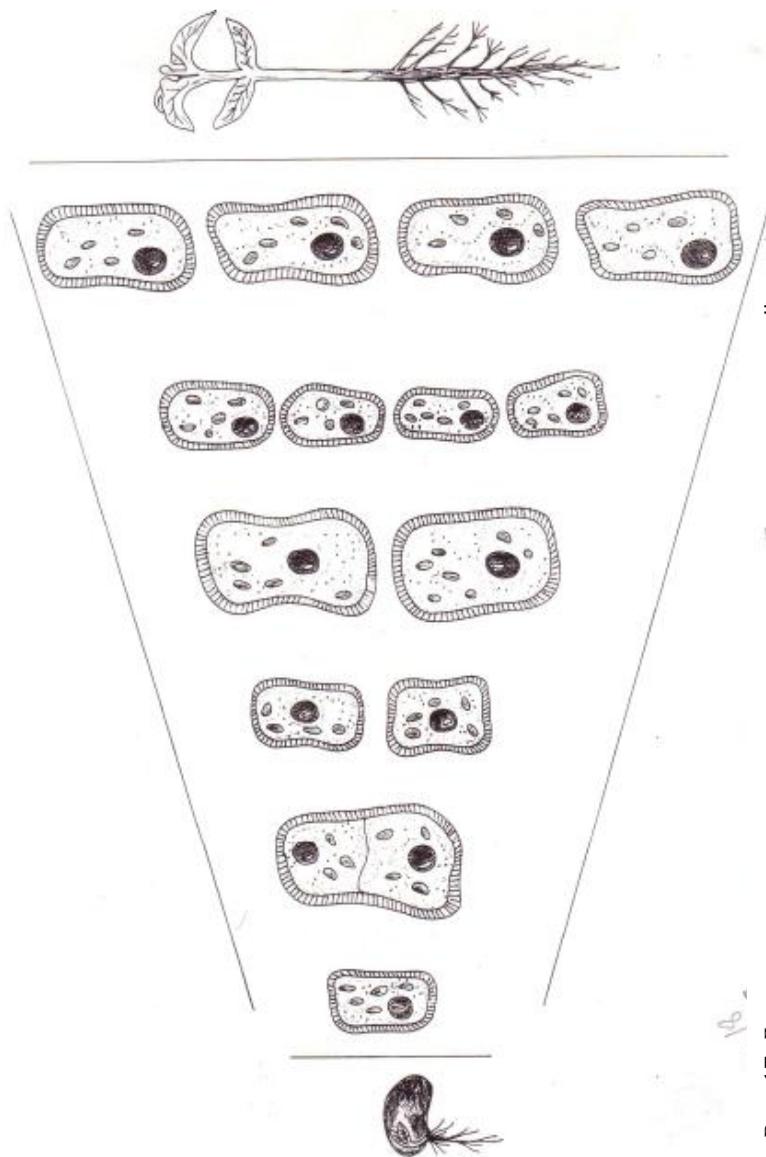


Рис. 17. Деление и рост клетки - основа роста всех органов растений

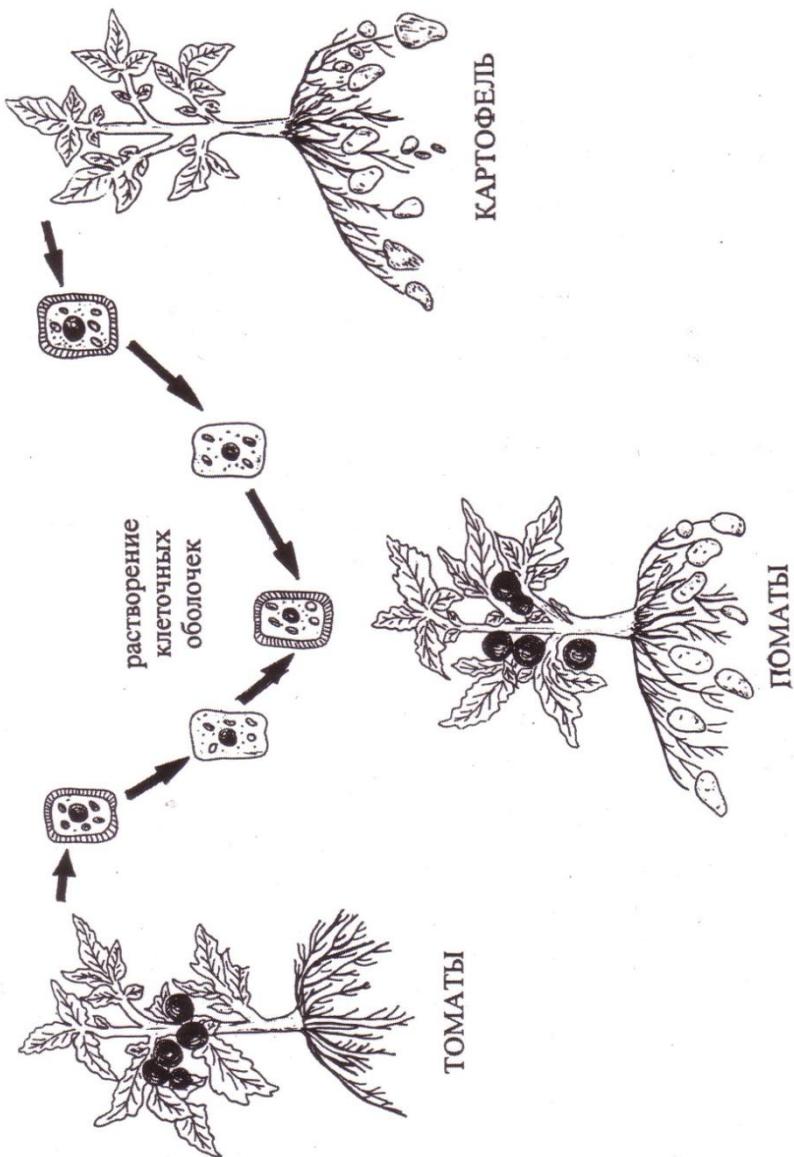


Рис. 18. Выведение новых культур методом клеточной гибридизации

*Научное издание*

**Похлебаев Сергей Михайлович**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СОПРЯЖЕННЫЙ МЕТОД  
ФОРМИРОВАНИЯ ТВОРЧЕСКОГО МЫШЛЕНИЯ  
ПРИ ОБУЧЕНИИ БИОЛОГИИ**

**Монография**

ISBN 978-5-907611-44-3

Работа рекомендована РИС университета  
Протокол № 1/22 от 2022 г.

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

Редактор Е.М. Сапегина  
Технический редактор Т.Н. Никитенко

Подписано в печать 19.11.2022 г. Тираж 500 экз.  
Объем 25,3 усл. п. л., (16,4 уч.-изд. л.)  
Формат 60×84/16. Заказ №

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