

СИСТЕМА СОПРЯЖЕННЫХ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ ПОНЯТИЙ КАК МЕТАПРЕДМЕТНАЯ ОСНОВА ПОНИМАНИЯ СУЩНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Третьякова И.А.¹, Похлебаев С.М.¹

¹Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, e-mail: tretyakovaia10101966@mail.ru

В статье раскрывается одна из сторон методологического потенциала, обоснованная нами ранее, категории сопряжения при подборе системы фундаментальных естественно-научных понятий, которые тесно взаимосвязаны между собой и могут служить метапредметной основой для выявления сущности организации и функционирования биологических систем разного уровня организации. В данную систему нами включены такие понятия, как «вещество», «энергия», «диффузия», «информация» и «форма». Эти понятия, с одной стороны, конкретизируют важнейшие категории материи – «движение», «взаимодействие» и «отражение», то есть философские понятия, а с другой стороны, являются фундаментом для формирования таких общебиологических структурных понятий, как биополимеры, белки, нуклеиновые кислоты, а также таких функциональных понятий, как «открытость», «саморегуляция» и «самовоспроизведение», которые положены в основу формулировки одного из современных определений жизни. Сконструированные нами модели отражают в той или иной степени сущность обозначенных понятий. Использование этих моделей при изучении содержания биологических дисциплин существенно усиливало мотивацию обучающихся к изучению данных предметов, повышало их познавательный интерес и способствовало развитию мышления до теоретического уровня. Применение гносеологического потенциала сопряженных естественно-научных понятий на практике в связке с методологическим потенциалом категории сопряжения, методом моделирования, а также с системным, деятельностным и личностным подходами обеспечило формирование метапредметных знаний у обучаемых при изучении дисциплин биологического цикла, которые станут ключевым звеном профессиональных компетенций будущих учителей. При таком подходе к обучению биологии в комплексе были решены три ключевые задачи современной дидактики: созданы условия для формирования творческой личности, обучающиеся вовлекались в деятельность по развитию теоретического мышления, формировались системные метапредметные знания.

Ключевые слова: естественно-научные понятия, сопряжение, система, методология, моделирование, познание, сущность, биологические объекты.

THE SYSTEM OF CONJUGATE NATURAL SCIENCE CONCEPTS AS META-SUBJECT BASED UNDERSTANDING OF THE ORGANIZATION AND FUNCTIONING OF BIOLOGICAL OBJECTS

Tretyakova I.A.¹, Pokhlebaev S.M.¹

¹South Ural State Humanitarian-Pedagogical University, Chelyabinsk, e-mail: tretyakovaia10101966@mail.ru

The article reveals one of the sides of the methodological potential justified by us to the wound, the category of conjugation in the selection of the system of fundamental natural science concepts that are closely interrelated and can serve as a metasubject basis for identifying the essence of the organization and functioning of biological systems of different levels of organization. In this system we include such concepts as "substance", "energy", "diffusion", "information" and "form". These concepts on the one hand concretize the most important categories of matter – "movement", "interaction" and "reflection", that is, philosophical concepts, and on the other hand are the Foundation for the formation of such General biological structural concepts as biopolymers, proteins, nucleic acids, as well as such functional concepts as "openness", "self-regulation" and "self-perception", which are the basis of the formulation of one of the modern definitions of life. The models constructed by us reflect to some extent the essence of the designated concepts. The use of these models in the study of the content of biological disciplines significantly increased the motivation of students to study these subjects, increased their cognitive interest and contributed to the development of thinking to the theoretical level. The use of epistemological potential of conjugated natural science concepts in practice in conjunction with the methodological potential of the category of conjugation, the method of modeling, as well as with the system, activity and personal approaches provided the formation of metasubject knowledge in students in the study of disciplines of the biological cycle, which will be a key element of professional competence of future teachers. With this approach to teaching biology in the complex, three key tasks of modern didactics were solved: the

conditions for the formation of a creative personality, students were involved in the development of theoretical thinking, system metasubject knowledge was formed.

Keywords: natural science concepts, conjugation, system, methodology, modeling, knowledge, essence, biological objects.

Цель исследования. В предыдущих исследованиях авторы обосновали сопряжение как один из принципов внутреннего взаимодействия между структурными элементами материи, который приводит к созданию качественно новой системы. В настоящем исследовании поставлена цель спроецировать принцип сопряжения в образовательную область и использовать его как методологическую основу для выявления системы фундаментальных естественно-научных понятий, которые послужат обучающимся метапредметной основой для понимания сущности организации и функционирования биологических объектов разного уровня сложности.

Материал и методы исследования. Решению обозначенной проблемы предшествовал теоретико-методологический анализ государственных нормативных документов, определяющих образовательную и воспитательную стратегию школьных и вузовских учреждений [1; 2]. Анализ работ, содержание которых способствовало подтверждению актуальности обозначенной нами проблемы: М.Н. Ахметовой, Н.В. Громько Н.В. [3], М.В. Половковой [4], Н.С. Пурьшевой [5], Н.В. Ромашкиной, О.А. Крысанов [1], М.Ю. Королева [6], В.И. Постоваловой [7], А.В. Хуторского [8] и др., а также многолетний опыт преподавательской деятельности авторов в педагогическом вузе позволяет констатировать, что проблема формирования и развития системы фундаментальных естественно-научных понятий, которые выступают в качестве метапредметной основы изучения и понимания сущности биологических объектов всех уровней организации, остается до сих пор не решенной и требующей более интенсивной разработки как методологических, так и методических ее аспектов в настоящее время.

Результаты исследования и их обсуждение. Стратегия развития современного естественно-научного образования определяется процессами интеграции фундаментальных понятий, законов, теорий, общих для дисциплин естественно-научного цикла (физики, химии, биологии, географии и др.). Из фундаментальных естественно-научных понятий, которые призваны выполнять интегративную функцию при изучении биологических дисциплин, нами обозначены такие как «вещество», «энергия», «диффузия», «информация» и «форма». Другим не менее важным моментом нашего исследования явились результаты психологических и методических исследований, доказывающих целесообразность формирования и развития общебиологических понятий по принципу восхождения от абстрактного к конкретному. От таких философских категорий, как «материя», «взаимодействие», «движение», «отражение», к блоку таких важнейших естественно-

научных понятий, как «вещество», «энергия», «информация», «форма», и «диффузия». В свою очередь, последний блок понятий позволяет раскрыть сущность таких общебиологических понятий, как «самовоспроизведение», «открытость» и «саморегуляция», которые отражают общие функциональные признаки всех живых объектов нашей планеты и входят в определение жизни, данное М.В. Волькенштейном.

В качестве философской методологии, позволяющей выявить сущность любых объектов или явлений, в том числе и *процесса познания*, нами выбрана такая универсальная категория диалектики, как «взаимодействие». Основанием для такого выбора послужила идея Ф. Энгельса, который «...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"» [9, с. 199].

Категория взаимодействия включает в себя как внешние, так и внутренние проявления (характеристики) объектов и явлений. Одну из внешних сторон взаимодействия отражает принцип суперпозиции. Вместе с тем *новое качество* у развивающихся систем возникает лишь при внутреннем взаимодействии исходных элементов. По мнению Ф. Энгельса, понимание взаимосвязи между внешней и внутренней сторонами взаимодействия имеет огромное значение: «во внешней стороне взаимодействия внутренняя взаимосвязь явлений лишь "высвечивается", но реально не проявляется. Внутренняя же (содержательная) сторона взаимодействия отражает взаимные превращения и переходы, взаимную обусловленность и взаимную связь» [10, с. 407].

Как универсальный принцип организации и развития материи, взаимодействие обладает огромным методологическим потенциалом исследования, однако, как любая абстракция высокого уровня при изучении объектов действительности, требует своей конкретизации. Кроме того, при взаимодействии исходных элементов может происходить не только возникновение более сложной системы с новым качеством, но и исчезновение ее отдельных элементов, связей, и, как следствие, деградация системы. Данные положения послужили основанием для конкретизации той стороны внутреннего взаимодействия, которая детерминирует возникновение систем с *новым качеством*.

Проведенный нами теоретический анализ в области естественно-научных знаний позволил выявить многочисленные примеры, в которых в качестве конкретного взаимодействия, обеспечивающего *уникальное качество* объекта или явления, использовалось понятие «сопряжение». В *математике* – сопряженная матрица, сопряженные числа; в *физике* – сопряженные электроны, сопряженные точки; в *химии* – сопряженные сигма- и π -связи, сопряженные окислительно-восстановительные реакции; в *биохимии* – энергетическое сопряжение; в *биологии* – сопряженные системы π -электронов в

высокомолекулярных соединениях, сопрягающие белки, сопрягающие мембраны хлоропластов и митохондрий, сопрягающие органеллы, сопряженная коэволюция типов обмена веществ и среды обитания, сопряженный полиморфизм, сопряженная устойчивость.

В рамках становления современного научного направления – биофилософии, понятие *сопряжения* также играет важную методологическую роль. Теоретико-методологическую основу биофилософии составляют три биологические концепции: организменная, эволюционная и коэволюционная, которые претендуют на роль современных моделей развития культуры. Наиболее перспективным в настоящее время считается воззрение теории коэволюции – «... взаимообусловленного, сопряженного, гармоничного развития системы «природа–жизнь–общество» [11].

Следует подчеркнуть, что во всех приведенных выше примерах понятие сопряжения хотя и играло важную роль в понимании нового качества у вновь возникших объектов, однако оно не содержало в себе статуса всеобщности – как одного из универсальных внутренних принципов взаимодействия, обеспечивающих организацию и эволюцию материи в целом. Такой статус оно может получить лишь после того, как оно будет подведено под одну из философских категорий. Такая работа нами была ранее проделана, в ней было доказано, что понятие «сопряжение» может отражать сущность одной из внутренних сторон взаимодействия, которая детерминирует новое качество. Это позволило придать понятию сопряжения статус естественно-научной категории, отражающей один из принципов организации и эволюции природных систем, в целом [12; 13]. Категория сопряжения, после ее усвоения, становится эффективным орудием проникновения в объективную природу вещей, орудием нашего знания об их сущности, и поэтому ее применение в учебном процессе будет способствовать формированию *категориального (диалектического) стиля мышления у обучаемых*.

Приведенные теоретические положения позволили выявить обозначенный выше блок фундаментальных естественно-научных понятий, которые тесно сопряжены между собой и играют систематизирующую, интегративную и методологическую роль при изучении всех уровней организации живого.

Общепринято, что главным среди фундаментальных естественно-научных понятий является понятие «вещество». Данное понятие является ключевым, поскольку конкретизирует категорию «материя», в силу того что является видом материи. Во всех предметах естественно-научного цикла понятие «вещество» необходимо формировать и развивать параллельно и во взаимосвязи с понятием «энергия», в силу того что в процессах превращения веществ происходят и превращения форм энергий, которые определяют количественную и качественную характеристику у всех форм движения материи, и в том

числе и биологической формы ее движения.

Основную роль в превращениях вещества и энергии играет явление диффузии (электронная диффузия, протонная диффузия, атомная диффузия, молекулярная диффузия, облегченная диффузия, термодиффузия). Данный процесс конкретизирует проявление физической формы движения материи, которая является самой фундаментальной и дающей начало химической форме ее движения. В последующих формах движения материи (химической и биологической) физическая форма находится в скрытом виде, где она сохраняется, развивается и во многом обуславливает их свойства. В биологической форме движения материи диффузия осуществляется на всех уровнях ее организации: начиная с клеточного уровня и заканчивая биосферным уровнем.

В процессе эволюции материи происходило параллельное и взаимосвязанное преобразование не только вещества и энергии, но и информации. Вместе с тем на каждом этапе ее развития приоритетными, по-видимому, были те или иные ее характеристики. Вещественно-энергетические преобразования преобладали в физической и химической форме движения материи. Эти преобразования обеспечили должное разнообразие сопряженных элементов, ставших основой для возникновения биологической формы движения, в которой на первый план выходят информационные преобразования. Качественно новые свойства биологической (генетической) информации у биологической формы движения материи – способности хранения, преобразования и передачи ее последующим живым системам, послужили фундаментом для возникновения такого нового явления, как *самовоспроизведение*, которое считается основным отличительным признаком живых объектов от неживых.

Формирование и развитие понятия информации у обучающихся является исключительно важным, так как оно раскрывает новый аспект единства материального мира и характеризует *меры организации любых систем*, в том числе и биологических. Информация, как отраженное разнообразие, закрепляется в виде «*формы*», анализ которой позволяет выявить качественные и количественные особенности у вновь возникшего объекта по сравнению с исходными. Поэтому информационный критерий развития природных систем характеризует *уровень развития* в них способности отражения. Особо значимым этот критерий является при рассмотрении вопроса об эволюции способов отражения действительности биологическими объектами, начиная с процесса раздражимости и заканчивая мышлением как высшей формой отражения бытия.

Итак, понятия «информация» и «форма» относятся к важнейшим естественно-научным категориям, обладающим огромным познавательным потенциалом для изучения объектов и явлений неживой и живой природы. Эти понятия необходимо постоянно держать педагогам в поле их методического зрения и конкретизировать при изучении всех предметов

естественно-научного цикла.

Таким образом, выделенные нами естественно-научные понятия «энергия», «вещество», «диффузия», «информация» и «форма» сопряжены не только между собой, но и с такими центральными философскими категориями, как *взаимодействие*, *движение* и *отражение*. Вместе с тем они сами выступают в качестве категорий, которые являются «клеточками» для выражения сущности фундаментальных естественных законов (*термодинамики, сохранения энергии, массы и электрического заряда*) и теорий (*квантовая теория света, электронная теория вещества и др.*), которые, в свою очередь, являются содержательной и методологической основой для изучения всех объектов и явлений неживой и живой природы.

Приведенные выше аргументы и теоретические положения позволяют выделить обозначенные нами естественно-научные понятия в особую группу, которая может результативно выполнять метапредметную и мировоззренческую функции при изучении как естественных дисциплин в целом, так и биологических в частности. Практическая реализация нами данной концептуальной идеи содействовала более эффективному формированию у обучаемых знаний на теоретическом уровне и естественно-научного мышления, которое является основой для построения научной картины мира.

Анализ литературных источников и многолетний опыт авторов со студентами и школьниками позволяет констатировать, что, хотя проблема формирования и развития естественно-научных понятий теоретически изучена основательно, однако на практике существуют значительные сложности как в их формировании, так и в использовании методологического потенциала этих понятий при выявлении сущности изучаемых природных объектов и явлений.

В качестве методологической основы развития естественно-научных понятий в предметах биологического цикла, следует использовать деятельностный подход, эффективность которого в научном познании доказана исследованиями ведущих психологов и педагогов. Поэтому не случайно методология деятельностного подхода, наряду с системным и компетентностным подходами, декларируется в школьных и вузовских Государственных стандартах как эффективная стратегия изучения школьных учебных предметов и вузовских дисциплин. Проблема деятельности остается актуальной и для современной психологии. По мнению С.Л. Рубинштейна, целью современной психологии является «преодоление абстрактного функционализма и переход к изучению психики, сознания в конкретной деятельности, в которой они не только проявляются, но и формируются» [14, с. 8]. Данный подход позволяет предопределить стратегию деятельности как педагога, так и обучаемых, а также методы и формы их сопряженного взаимодействия в

процессе формирования и развития выделенных нами понятий.

Одним из эффективных средств реализации деятельностного подхода при формировании обозначенных нами понятий являлся метод моделирования по созданию образно-знаковых моделей, отражающих сущностные свойства биологических объектов и явлений. Высокий уровень интеграции разработанных нами моделей и их эстетическое оформление содействовали сопряжению чувственных и интеллектуальных эмоций, которые послужили основой для инициации у субъектов сопряжения чувственных и рациональных способов познания. В конечном счете это детерминировало глубокую и устойчивую мотивацию у обучаемых к усвоению как конкретного материала, так и биологической дисциплины в целом.

Сконструированные нами модели отражали в той или иной степени сущность обозначенных понятий. Так, в «Атрибутивной модели понятия "материя"» (рис. 1) отражена генетическая связь форм движения материи, показана взаимосвязь вещества и поля.

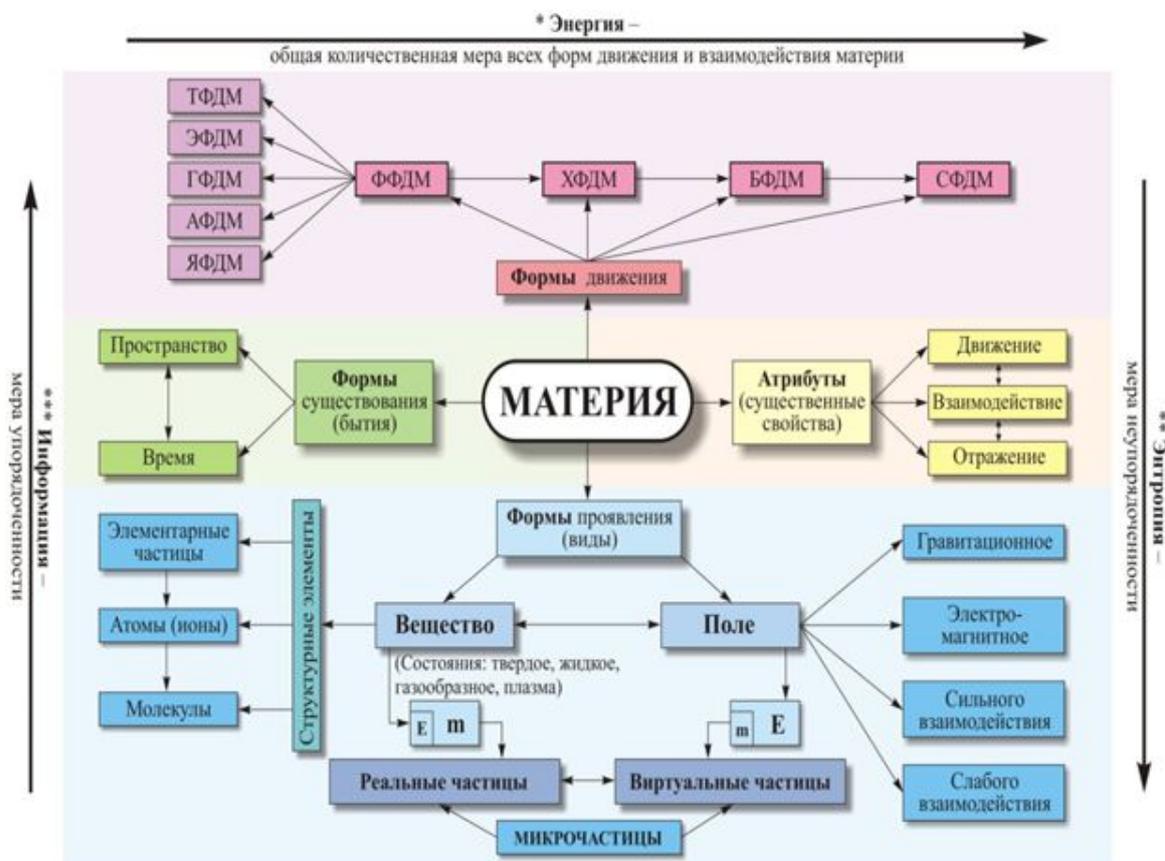


Рис. 1. Атрибутивная модель понятия «материя»

Обозначена связь понятий энергии, информации (и энтропии) с такими философскими категориями (атрибутами материи), как «движение», «взаимодействие» и «отражение» и т.д. «Эмблема жизни» – идеализированная теоретическая модель живой системы, отражает в определенной степени сущность живого, начиная с молекулярного уровня и заканчивая биосферным (рис. 2).

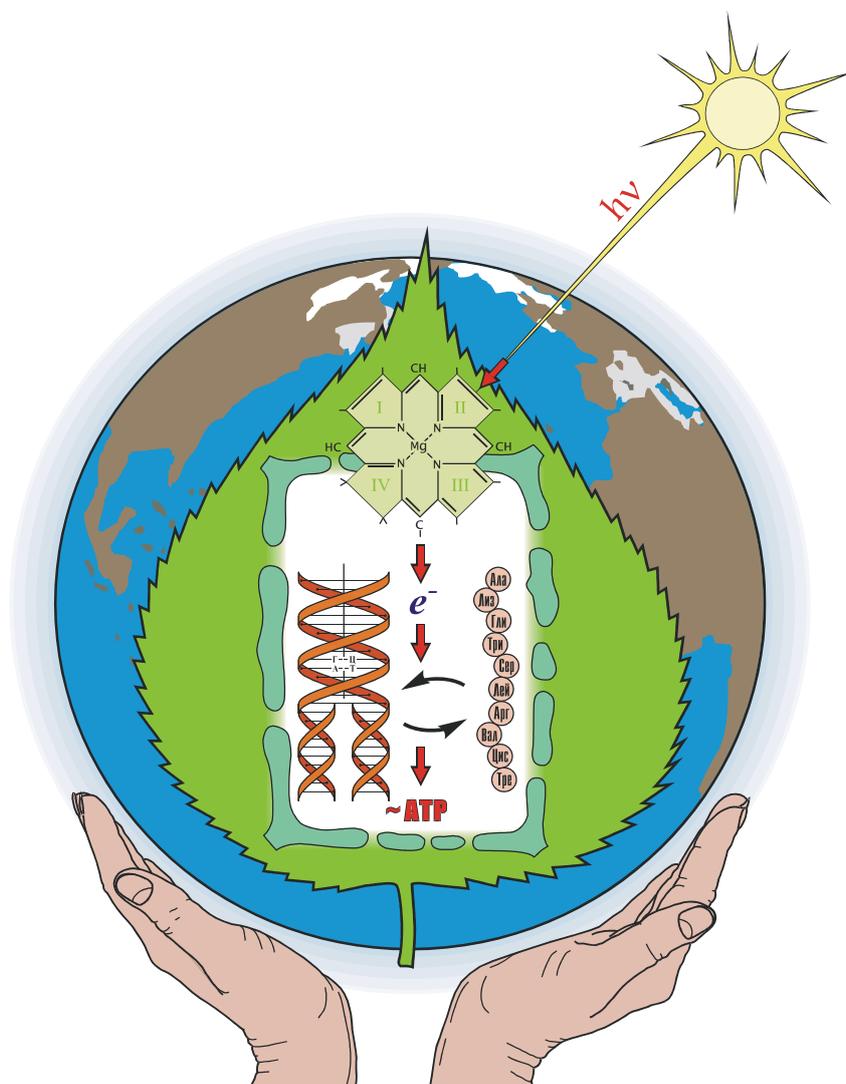


Рис. 2. Эмблема жизни

В данной модели отражены фундаментальные основы биологической формы движения материи, обусловленные сопряженными превращениями вещества, энергии, информации и формы. Зафиксирован механизм репликации ДНК, один из механизмов обратной связи между белком и ДНК, которые обеспечивают самое уникальное явление живых систем – их самовоспроизведение, а также их эволюцию, от клетки и до биосферы (преобразование формы). Отражены взаимодействие живого со средой их обитания и природоохранные аспекты.

Образно-знаковая модель под названием «Растительный организм как целостная сопряженная система» сконструирована на основе принципов сопряжения и системности (рис. 3). При этом принцип сопряжения следует рассматривать как один из механизмов реализации системного подхода.

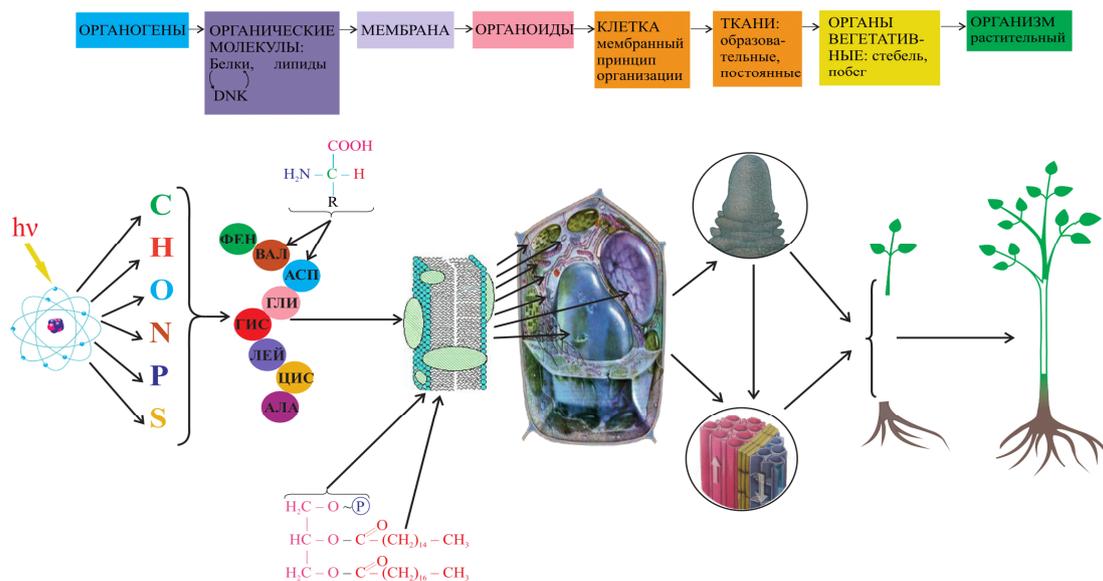


Рис. 3. Растительный организм как целостная сопряженная система

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

Гипотетическую модель «Генотип как целостная сопряженная система» обучающиеся создавали сами под руководством педагога и использовали ее как методологическую основу для изучения законов хранения, преобразования и передачи наследственной информации, изучаемых в курсе биологии (рис. 4). Обозначенные в модели основные принципы реализации наследственной информации после их усвоения обучающимися становились стратегией для выявления сущности того или иного генетического закона (их взаимосвязи) в передаче наследственной информации от одного поколения биологических объектов к другому. В свою очередь конкретизация этих принципов с помощью законов генетики способствовала более глубокому пониманию субъектами обучения сущности самих принципов. В итоге обучающиеся осознавали, что генотип функционирует как целостная сопряженная система. Это способствовало развитию их системного мышления и усилению методологической подготовки, которая является важнейшим блоком профессиональных компетенций будущих педагогов.



Рис. 4. Генотип как целостная система

В модели «Энергетическое состояние электронов в метаболитах фотосинтеза и дыхания», которая выполнена в статическом и динамическом вариантах, отражена роль электронной и протонной диффузии в механизмах фотосинтетического и окислительного фосфорилирования (рис. 5). Эти диффузионные процессы играют важнейшую роль в создании электрохимического градиента протонов – который как форма энергии используется для синтеза АТФ в процессах окислительного и фотосинтетического фосфорилирования.

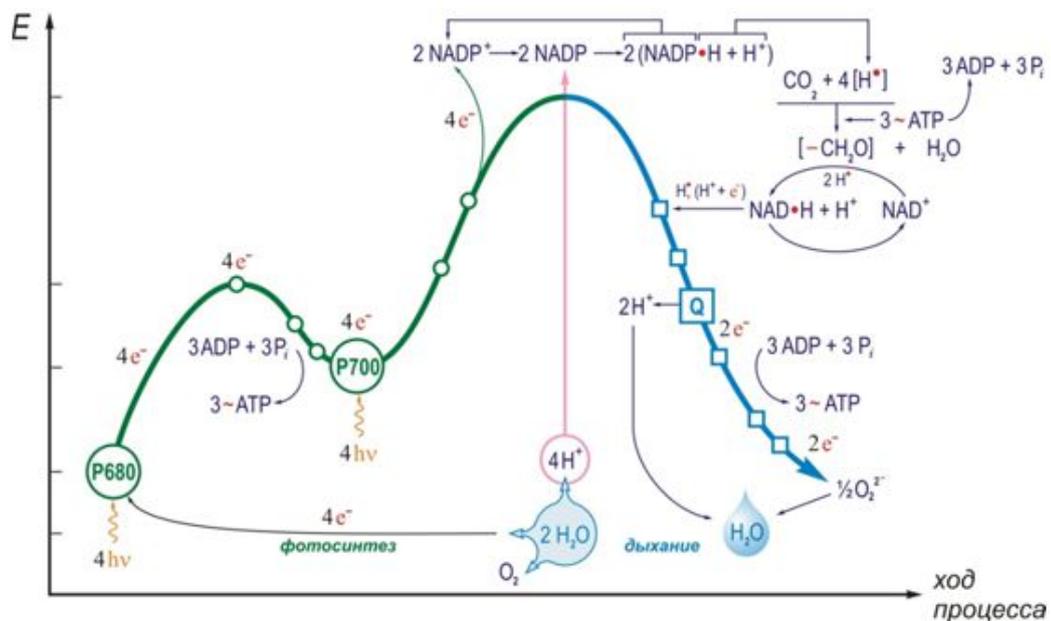


Рис. 5. Энергетическое состояние электронов в метаболитах фотосинтеза и дыхания

● – компоненты ЭТЦ хлоропластов, ■ – компоненты ЭТЦ митохондрий

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

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

Список литературы

1. Метапредметное содержание и результаты образования: как реализовать федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС). [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eidos.ru/journal/2012/0229-10.htm> (дата обращения: 12.07.2019).
2. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 декабря 2010 г. № 1897. [Электронный ресурс]. URL: <https://mosmetod.ru/metodicheskoe-prostranstvo/documenti/prikaz-ot-17-dekabrya-2010-g-1897.html> (дата обращения: 12.07.2019).
3. Громько Н.В., Половкова М.В. Метапредметный подход, как ядро российского образования. [Электронный ресурс]. URL: https://teacher-of-russia.ru/seminar-lectures/2009/2009-seminar_lectures_gromyko_nv_polovkova_mv.pdf (дата обращения: 12.07.2019).
4. Ахметова М.Н. Метапредметный подход в интерпретации текста // Учёные записки

ЗабГГПУ. 2011. № 2 (37). С. 24-26.

5. Пурьшева Н.С., Ромашкина Н.В., Крысанова О.А. О метапредметности, методологии и других универсалиях // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2012. № 1 (1). С. 11-17.
6. Королев М.Ю. Методическая система обучения методу моделирования студентов естественнонаучных и математических направлений подготовки в педвузах: дис. ... докт. пед. наук. Москва, 2012. 408 с.
7. Постовалова В.И. Идея «мета» в самосознании культуры XX–XXI // Метафизика. 2012. № 4 (6). С. 6-25.
8. Хуторской А.В. Методика проектирования и организации метапредметной образовательной деятельности учащихся // Муниципальное образование: инновации и эксперимент. 2014. № 2. С. 7-23.
9. Энгельс Ф. Диалектика природы. М.: Политиздат, 1987. 349 с.
10. Маркс К. Сочинения // Полное собрание сочинений в 30 т. 2-е изд. М.: Госполитиздат, 1959. Т. 14. 897 с.
11. Шаталов А.Т., Олейников Ю.В. К проблеме становления биофилософии. [Электронный ресурс]. URL: https://portalus.ru/modules/philosophy/rus_readme.php?subaction=showfull&id=1168075206&archive=1398581676&start_from=&ucat=& (дата обращения: 12.07.2019).
12. Похлебаев С.М., Третьякова И.А. Методологическая роль категории сопряжения в развитии диалектического стиля мышления // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 1. С. 215-219.
13. Третьякова И.А. Сопряжение как внутренняя сторона взаимодействия и методология познания // Фундаментальные исследования. 2013. № 11 (9). С. 1929-1933.
14. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии (Серия «Мастера психологии»). СПб.: Питер Ком, 1998. 720 с.