

УДК 576.3

МЕТОДОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ КАТЕГОРИИ «СОПРЯЖЕНИЕ» ПРИ ИЗУЧЕНИИ МЕХАНИЗМОВ ДЫХАНИЯ

Третьякова И.А.

Челябинский государственный педагогический университет,
Челябинск, e-mail: tretyakovaia10101966@mail.ru

Методологическая ценность категории сопряжения в данной статье убедительно продемонстрирована в двух аспектах. Первый аспект показывает, какие обобщения производятся на основе этого понятия и их значимость в эволюции материального мира. Второй аспект раскрывает информационную емкость данной категории и ее значимость для отображения свойств и закономерностей единичного. Последний аспект раскрыт на примере разбора сущности сопряженных механизмов превращения вещества и энергии в процессе дыхания, лежащих в основе жизнедеятельности всех биологических объектов, обитающих на нашей планете, на организменном, клеточном, мембранном, молекулярном и электронном уровнях. Отражая сущность одной из внутренних сторон взаимодействия, данная категория расширяет границы нашего понимания о принципах структурной организации материи в целом, благодаря чему открываются новые перспективы, новые подходы к решению важнейших проблем науки и их роли в структуре *рационального познания*.

Ключевые слова: материя, категория, сопряжение, рациональное познание, вещество, энергия, дыхание, клетка

THE METHODOLOGICAL ROLE OF THE CATEGORY OF «MATE» IN THE STUDY OF MECHANISMS OF CELL RESPIRATION

Tretyakova I.A.

Chelyabinsk state pedagogical University, Chelyabinsk, e-mail: tretyakovaia10101966@mail.ru

The methodological quality categories mates in this article convincingly demonstrated-by in two aspects. The first aspect shows what generalizations made on the basis of this notion and their significance in the evolution of the material world. The second aspect discloses information capacity in this category and its relevance to display properties and regularities of the unit. In a last aspect revealed by the example of parsing an entity paired mechanisms of transformation of matter and energy in the process of breathing, lying in the basis of the ability of all biological objects, Obi-melting on our planet, at the organismic, cellular, membrane, molecular and electronic levels. Reflecting the essence of one of the inner sides of the interaction, this category expands the boundaries of our understanding of the principles of the structural organization of matter in General, thanks to open new perspectives, new approaches to the solution of important problems of science and their role in the structure of rational knowledge.

Keywords: matter, category, mate, rational cognition, substance, energy, respiration, cell

Существенной характеристикой любого развития, согласно закону «отрицания отрицания», является становление нового, которое создает основу для преобразования всего исходного процесса. Приложение данного тезиса к развитию научного процесса познания, результатом которого являются понятия, законы, теории, означает анализ тех *модификаций*, которым подвергаются эти формы знаний. Диалектическая сущность принципа развития раскрывается через философские категории и, прежде всего, такую категорию, как *преемственность*. Подлинное развитие может быть только на основе преемственности, которая обозначает объективную и необходимую связь между новым и старым в процессе развития. В философском смысле преемственность раскрывает сущность генетической связи между формами движения материи и их эволюцию.

Проецируя данную закономерность природы на процесс развития научного познания, Л.Ф. Ильичев отмечает: «ото-

бражая новую практику, новые идеи как бы возвышаются над ранее устоявшимися представлениями, служат задаче их диалектического отрицания. Конкретную природу новых представлений можно определенным образом раскрыть, рассматривая роль и значение *обобщения в процессе познания*» ([4, с. 426] – курсив наш). Исторический анализ развития науки свидетельствует, что новые фундаментальные идеи являются результатом теоретического синтеза, *обобщения* предшествующих знаний, при котором *исходные знания обогащаются новым содержанием*.

Это положение является весьма актуальным для современной биологической науки, которая вышла на молекулярный уровень изучения живого. Данному уровню биологической формы движения материи *соответствуют* особые принципы ее организации, которые детерминируют появление новых понятий (категорий), законов и теорий, раскрывающих сущность этих принципов на молекулярном

и субмолекулярном уровнях. Это позволяет глубже понять механизмы организации и функционирования биологических процессов, с целью управления ими при решении практических задач. Подобная диалектическая связь между новым выявленным уровнем организации материи и разработкой новых понятий и теорий закреплена в одном из основных методологических принципов науки – *принципа соответствия*. Большое значение в выявлении этой закономерности с позиций диалектического материализма сыграли работы И.В. Кузнецова [3]. Философское значение данного принципа заключается в том, что он выражает диалектику процесса познания, перехода от относительных истин к абсолютной, все более полной истине; обнаруживает не только различие, но и связь, преемственность между теориями; отражает закономерную связь старых и новых теорий, которая проистекает из внутреннего единства качественно различных уровней материи; обуславливает не только целостность науки, но и *эвристическую роль* при проникновении в качественно новую область явлений [13, с. 438]. Опираясь на положение о том, что новые теоретические представления являются результатом диалектического обобщения, мы тем самым вооружаемся стратегией *на раскрытие природы этих представлений*.

Теоретический анализ различных областей биологической науки и естествознания в целом позволил нам выявить такой общий принцип организации материи, как «*сопряжение*», который отражает одну из внутренних сторон взаимодействия. Данное исследование подтверждает методологическую стратегию развития современной науки, заключающуюся в том, что в развитых областях знания, новые фундаментальные идеи выступают как *более обобщенные*, т.е. в своем возникновении они опираются на уже достигнутое и в то же время обогащают его содержание. Обобщенная природа нового понятия «сопряжение» и возведение его в статус естественнонаучной категории означает что оно отображает более широкую сферу действительности и потому является более эффективным орудием исследования и понимания объектов неживой и живой природы. В основе выработки такого обобщенного знания лежат процессы проникновения в сущность более высокого порядка. Категория сопряжения информационно более ёмка, обладает мощным методологическим потенциалом как для отображения материальной действительности в целом, так и ее отдельных объектов и явлений.

Процессы обобщения знаний наглядно прослеживаются в истории науки, особенно в области биологии. Ярким примером этому является эволюционная теория Ч. Дарвина, которая отражает необратимое историческое развитие живой природы, приводящее к возникновению все более и более сложных жизненных форм, начиная с клетки и заканчивая биосферой.

Диалектико-материалистический подход к анализу развития понятия *сопряжения* не будет эффективным, если, во-первых, данное понятие не будет раскрывать, какие *обобщения* производятся на его базе, во-вторых, насколько оно информационно ёмко *для отображения свойств и закономерностей единичного*. Именно этими положениями может быть определена ценность данного понятия для науки.

Содержание обобщенных понятий и их методологический потенциал раскрываются при изучении конкретных объектов и процессов. В предыдущем исследовании методологическая значимость категории сопряжения была раскрыта на примере процесса фотосинтеза, который играет исключительно важную роль для поддержания жизнедеятельности всех организмов нашей планеты и благоприятных условий для их существования [12]. Другим не менее важным процессом для всего живого является дыхание, которое совместно с фотосинтезом составляет основу углеводного обмена, определяющего все другие обменные процессы.

В основе дыхания, как и фотосинтеза, лежат физические и химические явления, обеспечивающие превращение вещества и энергии как внутри клеток, так и между клетками и окружающей средой. В понимании сущности (механизмов) этих превращений важную роль также играет *категория сопряжения*, которая позволяет раскрыть сущность процесса дыхания на разных уровнях организации живых объектов: организменном, клеточном, мембранном, молекулярном и электронном. Если определять методологическую значимость категории сопряжения на организменном уровне, то она высвечивается, прежде всего, в эволюционном аспекте. *Сопряжение как одна из внутренних сторон взаимодействия* позволяет выявить стратегию более глубоких механизмов, лежащих в основе эволюции живых объектов природы, в силу того, что движущая сила всего эволюционного процесса есть результат *взаимодействия организмов между собой и с внешней средой (сопряженная коэволюция)*. Взаимодействие (сопряжение) организмов между собой привело в конечном итоге к возникновению

живых систем надорганизменного уровня организации – популяций, биоценозов и биосферы. Эти системы обладают более совершенными механизмами самоорганизации, адаптации и эволюции.

Прогрессивная эволюция биологической формы движения материи во многом была предопределена и механизмами сопряжения между живыми объектами и окружающей средой, которые тесно взаимодействуют, развиваются как единое целое. На заре эволюции факторы окружающей среды для первичных организмов были довольно жесткими, особенно на суше, поэтому жизнь возникла в водной среде, где условия для существования первых организмов были более благоприятными. С нарастанием биомассы нашей планеты живое вещество включилось в большой геологический круговорот веществ и существенно его изменило в сторону более благоприятных условий для своего существования. В результате такого *глобального сопряжения* возникли биогеохимические циклы, биогеохимический круговорот веществ, в котором постоянно происходит обмен веществом и энергией между компонентами биосферы. В результате такого сопряжения устойчивость биосферы значительно повысилась.

Большое значение в круговороте веществ в биосфере играют такие физиологические процессы, как фотосинтез и дыхание. Не умаляя роли фотосинтеза, следует отметить, что процесс дыхания эволюционно был первичным и существенно изменил условия окружающей среды. Это касается, прежде всего, изменения состава атмосферы и гидросферы, где концентрация углекислого газа существенно повысилась. Эти изменения окружающей среды положительно сказались на дальнейшей эволюции живого. Углекислый газ поглощает инфракрасные (тепловые) лучи, поэтому с увеличением его концентрации на планете ее температура повысилась и стала более благоприятной для всех живых объектов. Кроме того, повышение концентрации углекислого газа предопределило возникновение самого уникального процесса нашей планеты – фотосинтеза, который во многом детерминировал темпы не только биологической эволюции всего живого нашей планеты, но и социальной эволюции человека.

Элементарной структурной и функциональной единицей любого организма является *клетка*, в основе возникновения которой лежит принцип *сопряжения*. Этот принцип высвечивается как в отношении клеточных структур, так и функций, а также их взаимосвязи. Базовой структурой клетки являются мембраны, которые выполняют

разнообразные функции. Для нашего исследования особый интерес представляют мембраны, участвующие в процессе клеточного дыхания. Их уникальность заключается в том, что они содержат ферментные комплексы в которых синтезируется большая часть АТФ. Такие мембраны называют «*сопрягающими*», и к ним относится внутренняя мембрана митохондрий.

Сопрягающие мембраны имеют целый ряд отличительных черт. Каждая такая мембрана содержит белковые ансамбли двух типов. Один из них обычно называют АТФ-азой, хотя более правильным было бы название АТФ-синтаза, так как он катализирует энергозависимый синтез АТФ из ADP и P_i . 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 O_2 . Особое название эти мембраны получили благодаря своей *уникальной функции*: в них перенос электронов и синтез АТФ *сопряжены* с работой двух различных обратимых протонных помп. При переносе электронов образуется разность потенциалов $\Delta\mu^+$ которая затем используется для обращения протонной помпы, гидролизующей АТФ (АТФ-синтазы), т.е. для синтеза АТФ [5].

Таким образом, *сопрягающая мембрана* митохондрий содержит две протонные помпы. Движущей силой для одной из них служит перенос электронов, а для другой – гидролиз АТФ. Обе помпы ориентированы в мембране одинаково: перенос электронов по цепи (от высокопотенциальных доноров к акцепторам) и гидролиз АТФ АТФ-синтазой приводят к трансмембранному переносу протонов в одном направлении. И в том, и в другом случае перенос протонов через мембрану тесно *сопряжен* с переносом электронов или гидролизом АТФ. Такие помпы могут быть использованы для непрерывного синтеза АТФ. Именно так все и происходит *in vivo*: АТФ постоянно используется в различных реакциях в цитозоле, а высокий уровень $\Delta\mu^+$ поддерживается за счет работы дыхательной электронпереносной цепи. В результате работы протонных помп устанавливается круговой ток протонов через *сопрягающую* мембрану. Приведенный пример свидетельствует, что сопряжение как общий принцип организации материи обеспечил в процессе ее эволюции создание уникальных структур, которые позволяли выполнять уникальные

функции, связанные с *превращением вещества и энергии*. На основе этих превращений материальные объекты эволюционировали и *выходили на качественно новую ступень организации*.

Энергетические преобразования процесса дыхания тесно связаны с преобразованием вещества. Эти процессы тесно *сопряжены*. В процессе аэробного дыхания происходит поэтапное окисление (отнятие \bar{e} и H^+) исходных органических веществ до углекислого газа и воды. При этом образуется большое разнообразие *промежуточных метаболитов*, использующихся для синтеза глицерина, жирных кислот, аминокислот, нуклеотидов, терпеноидов и др. В свою очередь эти метаболиты являются основой для синтеза белков, липидов, полисахаридов, нуклеиновых кислот, которые могут использоваться как строительный материал для всех клеточных структур. Кроме того, промежуточные метаболиты используются для синтеза таких специфических веществ, как фитогормоны (гибберелины, цитокинины, индолилуксусная кислота, абсцизовая кислота и этилен), которые регулируют онтогенез как на клеточном уровне, так и на уровне целостного растительного организма. Дыхание, таким образом, является непосредственным источником не только энергетического, но и пластического материала для метаболизма клеток. *Промежуточные метаболиты дыхания* (как важнейшего звена углеводного обмена) *сопрягают* его со всеми другими обменами (белковым, липидным, нуклеиновым, гормональным и др.), обеспечивая тем самым целостность клеточного метаболизма, который является функциональной основой жизнедеятельности любой клетки.

Основные пункты сопряжения промежуточных метаболитов дыхания с другими частными обменами целесообразно зафиксировать в обобщенной модели. Такая модель, отражающая взаимосвязь метаболических процессов в растительной клетке, разработанная В.В. Полевым [7] и дополненная нами, представлена в учебном пособии [8].

На молекулярном уровне методологический потенциал категории сопряжения раскрывается при выяснении взаимосвязи между биохимическими реакциями, которые определяют сущность дыхания. Подавляющая часть таких реакций представлена *сопряженными реакциями*, которые протекают только при наличии хотя бы одного общего реагента, причем одна из реакций возбуждает или ускоряет другую [10, с. 1239]. В качестве примера можно привести реакции гликолиза и пентозофосфатного пути

(ПФП), которые пространственно не отделены друг от друга. Эти реакции протекают в растворимой части цитоплазмы и имеют *общие субстраты*, которые их *сопрягают* – глюкозо-6-фосфат, фруктозо-6-фосфат и 3-фосфоглицериновый альдегид. Наличие подобного сопряжения необходимо рассматривать как аромимоз (адаптацию), позволяющую клетке адекватно отвечать на изменение условий окружающей среды. Так, в норме доля пентозофосфатного цикла в общем дыхательном обмене составляет 10–40% и варьирует в зависимости от типа ткани и ее функционального состояния. В анаэробных условиях гликолиз доминирует над ПФП.

Вторым типом *сопряженных* реакций являются окислительно-восстановительные реакции. Взятие на вооружение категории сопряжения при формировании и развитии понятия «окислительно-восстановительная реакция» детерминирует жесткую взаимосвязь между понятиями «окисление» и «восстановление». Это не позволит допустить студентам при изучении дыхания грубых ошибок, когда разрывается диалектическая связь между этими понятиями, и они применяются в паре с другими понятиями, такими как «синтез» и «распад», что приводит к непониманию сущности окислительно-восстановительных реакций, играющих ключевую роль в процессе и клеточного метаболизма в целом.

Все окислительно-восстановительные реакции, лежащие в основе дыхания, являются ферментативными. Ключевую роль в дыхательных ферментах, которые катализируют эти реакции, играют коферменты $NADH_2$ и $FADH_2$. Наличие *сопряженной системы* простых и двойных связей у этих коферментов обеспечивает достаточно большую их активность, и это существенно облегчает протекание биохимических реакций. Так, например, π -электроны обеспечивают взаимодействие между ферментом и субстратом, результатом которого является образование промежуточного продукта. В молекуле такого продукта электронная плотность сосредоточена на одном каком-либо атоме, в результате чего энергия активации снижается (энергетический барьер преодолевается) и открывается путь к дальнейшим превращениям веществ. *Промежуточные продукты* сочетают (*сопрягают*) в себе весьма ценные свойства: они одновременно и *активны*, и *устойчивы*, поэтому имеют место во всех важнейших биохимических превращениях [9, с. 96]. Таким образом, в структуре коферментов $NADH_2$ и $FADH_2$ принцип сопряжения имеет место как на молекулярном, так и электронном

уровне. Такое *двойное сопряжение* обуславливает уникальные свойства этих коферментов, которые реализуются в процессе дыхания.

На электронном уровне методологическая роль *сопряжения* ярко высвечивается и при изучении механизма окислительного фосфорилирования, который осуществляется при участии дыхательной электрон-транспортной цепи (ЭТЦ), локализованной во внутренней мембране митохондрий. ЭТЦ служит для передачи электронов от восстановленных субстратов на кислород. Перенос электронов по ЭТЦ от восстановленных коферментов $NADH_2$ и $FADH_2$ к кислороду сопровождается потерей свободной энергии. Однако длительные исследования этого процесса не могли выяснить дальнейшие преобразования этой энергии в митохондриях. Стратегию в понимании этого преобразования первым определил В.А. Энгельгард, который высказал идею о *сопряжении* между фосфорилированием ADP и аэробным дыханием. В дальнейшем, биохимики В.А. Белицер в СССР и Г. Калькар в США установили, что при окислении промежуточных продуктов цикла Кребса, в частности янтарной и лимонной кислот, суспензиями животных тканей исчезает неорганический фосфат и образуется АТФ. В анаэробных условиях или при подавлении дыхания цианидом такого фосфорилирования не происходит. Процесс фосфорилирования ADP с образованием АТФ, *сопряженный* с переносом электронов по ЭТЦ митохондрий, получил название окислительного фосфорилирования [7, с. 156].

Приведенный анализ сущности процесса дыхания и его роли на разных уровнях организации биологических объектов свидетельствует, что в основе организации структурных элементов клетки, принимающих участие в этом процессе, и механизмов их функционирования лежит *принцип сопряжения*. Доказательством этому является тот факт, когда понятие сопряжения либо прямо используется для понимания тех или иных конкретных механизмов дыхания (*сопряженная система* простых и двойных связей у коферментов, *сопряжение* тока электронов и фосфорилирования, *сопряженные* реакции, *сопряженные* мембраны, *сопряженные* органеллы); либо когда методологическая роль этого понятия косвенно высвечивается (коэволюция организмов и среды их обитания, взаимодействие организмов между собой с образованием более сложных живых систем, взаимосвязь фотосинтеза и дыхания и их связь с неживой природой, промежуточные метаболиты

как основа для взаимосвязи всех частных обменных процессов в единое целое и др.). Приведенные примеры использования понятия *сопряжения* для проникновения в сущности все более и более высокого порядка подтверждают его *значительную информационную емкость и статус естественнонаучной категории*.

При выявлении сущности дыхания в вузовских курсах биологии у студентов возникают существенные трудности, которые обусловлены двумя основными причинами. Первая причина обусловлена наличием грубых ошибок в трактовке содержания данного понятия в большинстве школьных учебников по общей биологии, которые затем проявляются при изучении вузовских курсов. Вторая – игнорированием (непониманием) методологической роли категории сопряжения, позволяющей понять внутренние механизмы дыхания и его пункты сопряжения с другими физиолого-биохимическими процессами.

Таким образом, категория *сопряжения* играет исключительно важную роль в понимании сущности дыхания на всех уровнях организации живых систем, начиная с электронного уровня и заканчивая биосферным. Отражая сущность одной из внутренних сторон взаимодействия, данная категория расширяет границы нашего понимания о принципах структурной организации материи в целом, благодаря чему открываются новые перспективы, новые подходы к решению важнейших проблем науки и их роли в структуре *рационального познания*. Как логическая форма мышления *сопряжение выражает содержание других форм рационального познания* и, в частности такой формы нормативного знания, как *стиль научного мышления*.

Список литературы

1. Биологический энциклопедический словарь / гл. ред. М.С. Гиляров. – М.: Сов. энциклопедия, 1986. – 831 с.
2. Кретович В.Л. Биохимия растений: учеб. для биол. фак. ун-тов. – М.: Высш. школа, 1980. – 445 с.
3. Кузнецов, И.В. Принцип соответствия в современной физике и его философское значение. – М., 1948. – 116 с.
4. Материалистическая диалектика как общая теория развития / под ред. академика Л.Ф. Ильичева. – М.: Наука, 1982. – 464 с.
5. Николс Д. Биоэнергетика. Введение в хемиосмотическую теорию: пер. с ан. – М.: Мир, 1985. – 190 с.
6. Общая биология: учеб. для 10–11 кл. общеобр. учеб. заведений / В.Б. Захаров, С.Г. Мамонов, Н.И. Сонин. – 3-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2000. – 624 с.
7. Полевой В.В. Физиология растений: учеб. для биол. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1989. – 464 с.
8. Похлебаев С.М. Образно-знаковые модели к курсу «Физиология растений»: учеб.-методическое пособие / С.М. Похлебаев, И.А. Третьякова. – Челябинск: Изд-во Челябин. гос. пед. ун-та, 2006. – 147 с.

9. Пюльман Б. Квантовая биохимия / Б. Пюльман, А. Пюльман. – М.: Мир, 1965. – 654 с.

10. Советский энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. – 3-е изд. – М.: Сов. энцикл., 1985. – 1600 с.

11. Тимирязев К.А. Избранные сочинения: в 4 т. – М.: Огиз-сельхозгиз, 1948. – Т.1. Солнце, жизнь и хлорофилл. – 695 с.

12. Третьякова И.А. Методологическая роль категории «сопряжение» при изучении механизмов фотосинтеза / Усовские чтения. Методология и методика формирования научных понятий у учащихся школ и студентов вузов: материалы XVIII междунар. науч.-практ. конф., 14–15 апреля 2011 г. В 2 ч., Ч.1 / под ред. О.Р. Шеффер. – Челябинск: «Край Ра», 2011. – С. 250–253.

13. Третьякова И.А. Теоретико-методологические создания «Эмблемы жизни» и ее роль в формировании экологического мышления и сознания / И.А. Третьякова, В.С. Елагина, С.М. Похлебаев // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 9 – С. 14–18.

References

1. Biologicheskii yenciklopedicheskii slovar', pod red. M.S. Giljarov., M.: Sov. yenciklo-pedija, 1986., 831 p.

2. Kretovich, V.L. Biohimija rastenii: ucheb. dlja biol. fak. un-tov, M.: Vyssh. shkola, 1980, 445 p.

3. Kuznecov, I.V. Princip sootvetstvija v sovremennoi fizike i ego filosofskoe znachenie, M, 1948, 116 p.

4. Materialisticheskaja dialektika kak obshaja teorija razvitij, pod red. akademika L.F. Il'icheva, M.: Nauka, 1982, 464 p.

5. Nikols, D. Bioenergetika. Vvedenie v hemiosmoticheskuyu teoriyu: per. s an., M.: Mir, 1985, 190 p.

6. Zaharov V.B., Mamonov S.G., Sonin N.I. Obshaja biologija: ucheb. dlja 10–11 kl. obsheobr. ucheb. Zavedenii, 3-e izd., stereotip., M.: Drofa, 2000, 624 p.

7. Polevoi, V.V. Fiziologija rastenii: ucheb. dlja biol. spec. vuzov, M.: Vyssh. shk., 1989, 464 p.

8. Pohlebaev S.M., Tretyakova I.A. Obrazno_znakovie modeli k kursu «Fiziologiya rastenii»: ucheb.-metodicheskoe posobie, Chelyabinsk: Izd-vo Chelyab. gos. ped. un-ta, 2006, 147 p.

9. Pyul'man, B. Pyul'man A, Kvantovaja biohimija, M.: Mir, 1965, 654 p.

10. Sovetskii yenciklopedicheskii slovar', 3-e izd., M.: Sov. yencikl., 1985, 1600 p.

11. Timirjazev, K.A. Izbrannye sochinenija: v 4 t., M.: Ogiz-sel'hozgiz, 1948, T.1. Solnce, zhizn' i hlorofill, 695 p.

12. Tretyakova I.A. Usovskie chteniya. Metodologiya i metodika formirovaniya nauchnih ponyatii u uchashchihya shkol i studentov vuzov materialy XVIII mejdunar. nauch. prakt. konf. 14–15 aprelya 2011 g. V 2 ch., Ch.1 (Osovskaya reading. Methodology and methods of formation of scientific concepts among students of schools and students: proceedings of the XVIII international. nauch.-practical use. Conf., April 14–15, 2011 At 2 o'clock, Part 1, Chelyabinsk) «Krai Ra», 2011, pp. 250–253.

13. Tretyakova I.A., Elagina V.S., Pohlebaev S.M. Uspehi sovremennogo estestvoznaniya. 2011., no. 9, pp. 14–18.

Рецензенты:

Елагина В.С., д.п.н., профессор кафедры гуманитарных и социально-экономических дисциплин, филиал, Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия», г. Челябинск;

Похлебаев С.М., д.п.н., профессор кафедры ботаники, экологии и методики обучения биологии, Челябинский государственный педагогический университет, г. Челябинск.

Работа поступила в редакцию 16.12.2014.