

ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПОНЕНТОВ МЕТОДИКИ ОБУЧЕНИЯ ИНТЕРПРЕТАЦИИ В БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ ОБУЧАЮЩИХСЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

Маркинов И.Ф., Якунчев М.А., Семенова Н.Г., Каменева Ю.Ф.

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический университет имени М.Е. Евсевьева», Саранск, e-mail: natashasemenovak@mail.ru

В материалах предложенной статьи с современных позиций изложены основания для специальной разработки и использования в образовательном процессе по биологии методики обучения интерпретации. Предметная методика представлена в гармоничной взаимосвязи компонентов: целевого, содержательного, организационного, процессуального и критериально-диагностического, каждый из которых наполнен новыми для методико-биологической науки смыслами. В составе содержательного компонента «помощь учителю-предметнику для организации урочной деятельности» предложена примерная тематика учебных занятий, посвященных специальному обучению интерпретации. Среди них: «Роль научной информации в познании живого», «Интерпретация в составе методов познания живого», «Разнообразие объектов познания в биологии и научные основания для их выделения», «Инструментарий, который использует интерпретация при познании живого», «Возможности объяснения в познании живого», «Возможности понимания в познании живого», «Разнообразие прикладных приемов интерпретации и их возможности в познании живого», «Логика процедуры интерпретации при познании живого». Реализация указанных компонентов позволит учителю-предметнику достичь планируемых результатов биологической подготовки обучающихся в составе предельного для каждого из них уровня освоенности знаний (биологических, инструментария теоретического метода и этапов логической процедуры интерпретации), а также сформированности умений ими пользоваться в учебных ситуациях и повседневной жизни при накоплении опыта продуктивной познавательной деятельности.

Ключевые слова: обучение биологии, качество общего образования по биологии, интерпретация как теоретический метод и логическая процедура познания живых объектов, методика обучения интерпретации в систематическом курсе биологии.

FORMATION OF SKILLS TO ANALYZE EDUCATIONAL MATERIAL IN THE SUBJECT TRAINING OF STUDENTS

Markinov I.F., Yakunchev M.A., Semenova N.G., Kameneva Yu.F.

Mordovia State Pedagogical University named after M.E. Evseviev, Saransk, e-mail: natashasemenovak@mail.ru

The materials of the proposed article, from a modern perspective, outline the grounds for the special development and use of methods for teaching interpretation in the educational process in biology. The subject methodology is presented in a harmonious relationship of components: target, content, organizational, procedural and criterion-diagnostic, each of which is filled with new meanings for methodological and biological science. As part of the content component, assistance to the subject teacher for organizing lesson activities, an approximate topic of training sessions devoted to special interpretation training is proposed. Among them: «The role of scientific information in the knowledge of living things», «Interpretation as part of the methods of knowledge of living things», «The variety of objects of knowledge in biology and the scientific basis for their identification», «Tools that use interpretation in the knowledge of living things», «Possibilities of explanation in cognition of living things», «Possibilities of understanding in cognition of living things», «Variety of applied methods of interpretation and their possibilities in cognition of living things», «Logic of the interpretation procedure in cognition of living things». The implementation of these components will allow the subject teacher to achieve the planned results of biological training of students as part of the maximum level of mastery of knowledge for each of them (biological, tools of the theoretical method and stages of the logical procedure of interpretation), as well as the formation of skills to use them in educational situations and everyday life when accumulating experience of productive cognitive activity.

Keywords: teaching biology, quality of general education in biology, interpretation as a theoretical method and a logical procedure for knowing living objects, methods of teaching interpretation in a systematic biology course.

Вполне ожидаемым следствием проявившегося социокультурного динамизма выступает предъявление к любой современной общеобразовательной организации иных требований в

частях обновления целей и задач, содержания материала, подлежащего освоению молодыми людьми в школьные годы, совершенствования организационно-процессуальных основ образовательной деятельности. Такое положение дел не является случайным: на пока еще сидящих сегодня за партами обучающихся общество уже в недалеком завтра в полной мере возложит ответственность за свое поступательное развитие. Президент страны В.В. Путин во многих выступлениях не раз обозначал приоритетный вектор образовательной политики в целом, изменения существующей системы общего образования в частности. По его заявлениям смеем предположить, что в обозримой перспективе Россия нацелится на вхождение в первую десятку стран мира по качеству именно общего образования. Доподлинно известно: сделать это можно только, если будет проявлено результативное участие обучающихся в исследованиях PIRLS, PISA и TIMSS, материалы кейсов которых направлены не столько на диагностику специальных (предметных) знаний, умений и навыков, сколько на выявление общей способности адекватно их использовать при решении возникающих насущных задач, иначе говоря, функциональной грамотности [1; 2]. Но даже если говорить о специальных знаниях, умениях и навыках, то и с ними картина не такая радужная, как хотелось бы. К сказанному приведем данные о пятилетней динамике результатов выполнения заданий единого государственного экзамена по биологии, интересующей нас в рамках данной статьи, в сравнении с другими предметами естественно-научного цикла. Именно этот экзамен вне зависимости от моделей развертывания содержания учебного материала наиболее полно вбирает разделы указанного систематического курса (табл. 1).

Таблица 1

Слайд «Округленные данные о количестве выпускников и средний балл ЕГЭ по предметам естественно-научного цикла»

Предметы	2019	2020	2021	2022	2023
<i>Общее количество выпускников (округленные данные)</i>					
Физика	139 500	139 600	128 000	100 000	89 000
Химия	92 300	81 700	93 000	95 000	74 000
Биология	128 600	124 600	127 000	109 000	105 000
<i>Средние баллы</i>					
Физика	54,4	54,5	55,1	54,11	54,85
Химия	56,7	54,4	53,8	54,3	56,23
Биология	52,2	51,5	51,1	50,16	50,87

По материалам таблицы видим, что прослеживается тенденция отчетливого снижения количества выпускников, в разные годы выбравших биологию в качестве сдаваемого экзамена. Средние баллы у них сравнительно низкие, и они ниже средних баллов по другим предметам естественно-научного цикла. Используемые в контрольных измерительных материалах задания так или иначе касаются интерпретации биологической информации, что

непосредственно отражено в их спецификации. Речь идет о применении знаний при объяснении биологических процессов и явлений, решении биологических задач, планировании и проведении биологических опытов и экспериментов, объяснении полученных в ходе них результатов, использовании умений работы с биологической информацией через представление ее различными способами – в виде рисунков, схем, таблиц, графиков или диаграмм. Можно с уверенностью констатировать: применение интерпретации в обучении биологии носит спорадический характер, что в полной мере относится к уровню основного общего образования.

Цель исследования – обоснование и характеристика компонентов методики обучения интерпретации в биологической подготовке обучающихся общеобразовательных организаций для повышения эффективности познания ими живых объектов.

Материалы и методы исследования. Источниковая база, актуализирующая необходимость повышения эффективности изучения детьми и подростками многообразия живых объектов при задействовании научного инструментария, среди которого особое положение занимают интерпретация как теоретический метод и логическая процедура познания, в работе послужили в качестве основных материалов. Для лучшего их представления также были важными данные о главных компонентах предметных методик при соответствующем содержательном наполнении. В ходе работы над материалами статьи задействовались разные теоретические и эмпирические методы. В первом случае авторами использовались анализ научных данных (работа с источниковой базой), их обобщение и формулирование умозаключений, а во втором – педагогическое наблюдение, проведение с обучающимися уточняющей беседы по поводу выяснения освоенности ими интерпретации как особых научного метода и познавательной процедуры, проведение с учителями-предметниками уточняющей беседы по поводу выяснения их мнения об эффективности/неэффективности предложенной методики и каждого из ее отдельных компонентов.

Результаты исследования и их обсуждение. Грамотность (функциональная грамотность) во всей изученной авторами при подготовке статьи научной литературе характеризуется вполне однозначно: «Это способность обучающихся школьного возраста применять освоенные знания и умения из различных предметных областей в решении повседневных задач в ситуациях, которые отличаются от учебных» [3]. Причем диагностировать ее нужно с использованием какого-то «особого» инструментария, в идеальном случае не дублирующего учебные ситуации, когда оцениваемые знания и умения обучающимися приобретались. «Одним из значимых компонентов функциональной грамотности выступает естественно-научная грамотность, в основном объединяющая подготовку обучающихся по таким предметам, как физика, астрономия, химия, биология и

экология. Сравнительно-сопоставительный анализ диагностических кейсов, использованных в международных исследованиях, указывает, что доля заданий по биологии в них в разные годы составляла не менее 40%» [4].

Блок «Живые системы» в составе кейсов на оценивание функциональной грамотности как раз и содержит интересующие нас задания по биологии. Подробное изучение авторами содержания заданий этого блока позволяет сделать объективный вывод: при работе с ними обучающиеся должны продемонстрировать способность к обработке предложенной научной информации, объяснению и пониманию ее смысла. Как известно, различные виды объяснения и понимания, а также множество прикладных приемов работы с информацией являются выразителями интерпретации, одновременно выступающей в качестве теоретического метода и логической процедуры познания. «Значит, при обучении биологии дети и подростки должны обязательно освоить интерпретацию. Они должны научиться ею пользоваться в учебных ситуациях, а также при необходимости в повседневной жизни» [5–8]. В указанной фразе в явном виде «высвечен» новый для методико-биологической науки ориентир приложения педагогических усилий – обучение интерпретации, для чего требуется специальная разработка предметной методики.

Полагаем, что такая методика должна состоять из связанных друг с другом компонентов: *целевого* (ориентирован на повышение эффективности познания обучающимися живого при вовлечении в обозначенный процесс интерпретации как метода и процедуры для последующего использования освоенных знаний и умений в решении учебных задач и в повседневной жизни); *содержательного* (дополняет учебный материал сведениями об интерпретации как методе, его месте среди других методов познания живого, видах объяснения и понимания, прикладных приемах как инструментарии интерпретации, интерпретации как процедуре в составе определенных этапов); *организационного* и *процессуального* (обеспечивают осознанное и управляемое освоение содержания учебного материала, расширение его возможностей в овладении обучающимися интерпретацией); *критериально-диагностического* (дает возможность осуществить объективную оценку результатов обучения интерпретации на основе задачной технологии и разработанных критериев с показателями к каждому из них); *результативного* (представлен ожидаемым педагогическим эффектом от реализации предметной методики).

Анализ литературы и собственный поисковый опыт позволили разработать оптимальное содержание обучения биологии в 5–9 классах при задействовании в нем интерпретации [9; 10]. Основой его разработки стала концепция содержания общего образования как социально адаптированного опыта в структурной полноте знаний, умений, ценностей и творчества. *Знания*: теория – объекты для познания в биологии, интерпретация

как метод и процедура познания; *умения*: практика – интерпретация как метод и процедура познания; *ценности*: практика – интерпретация для определения ценностей и норм науки как компонента культуры, осмысления ценностей живого вещества; *творчество*: практика – интерпретация для преобразования информации о живом веществе, обретения опыта творческой деятельности.

Вся теория и часть практики обучения интерпретации должны быть сконцентрированы и реализованы в урочной деятельности. Часть практики, акцентирующую внимание на повышении познавательной самостоятельности, обучающимися предстоит освоить имплицитно на протяжении всего периода подготовки как в урочное, так и во внеурочное время, включая работу дома. Необходимость задействования временного ресурса внеурочной деятельности объясняется авторами широким спектром представленных в программном материале живых объектов, а также постепенным накоплением каждым из обучающихся индивидуального опыта интерпретации, позволяющего осуществлять независимое от учителя-предметника и одноклассников познание живого. Примерная тематика уроков, посвященных целенаправленному обучению интерпретации, следующая: «Роль научной информации в познании живого», «Интерпретация в составе методов познания живого», «Разнообразие объектов познания в биологии и научные основания для их выделения», «Инструментарий, который использует интерпретация при познании живого», «Возможности объяснения в познании живого», «Возможности понимания в познании живого», «Разнообразие прикладных приемов интерпретации и их возможности в познании живого», «Логика процедуры интерпретации при познании живого».

Средствами освоения содержания учебного материала служат скорректированная программа систематического курса биологии для 5–9 классов, методические рекомендации к урокам и внеурочным занятиям для учителей-предметников, технологические карты учебных занятий, описание процедуры интерпретации, обучающие и контролирующие задания.

В качестве форм организации обучения авторами выдвигаются: а) уроки формирования и совершенствования знаний и умений, контроля и коррекции; б) уроки деятельностной направленности: общеметодологические (интерпретация, исследование, проблемный, познавательно-процедурный), рефлексия (выявление собственных затруднений и их исправление; в) формы организации деятельности на уроке: индивидуальная, групповая, фронтальная; репродуктивная, частично-поисковая, поисковая, исследовательская; самостоятельная и под руководством учителя-предметника; г) виды внеурочной деятельности: конкурсы, конференции, экскурсии, познавательные игры.

При этом методами обучения и технологиями служат: 1) методы организации и осуществления учебно-познавательной деятельности (перцептивные, логические,

гностические, управленческие); 2) методы стимулирования и мотивации учения: создание ситуаций заинтересованности, опоры на жизненный опыт, познавательной новизны; 3) методы контроля и самоконтроля: устный и письменный контроль, выполнение контролируемых заданий; 4) технологии: задачная, смысловое чтение.

В рамках данной статьи обратим внимание и приведем примеры заданий на обучение объяснению (табл. 2), пониманию (табл. 3), использованию прикладных приемов работы с биологической информацией (табл. 4), а также фрагмент технологической карты, в которой целостно реализована процедура интерпретации (табл. 5).

Таблица 2

Пример задания на обучение объяснению

Общая биология (9 класс)	
Интерпретация содержания биологического материала с опорой на причинное объяснение	
<i>Мотивационная часть</i>	
Если внимательно изучить исходные данные и вспомнить сущность объяснения как инструмента интерпретации биологической информации, то можно установить причину взаимоперехода лейкопластов и хлоропластов, а также объяснить происходящие при этом процессы	
<i>Содержательная часть (исходные данные)</i>	
Лейкопласты – не содержащие хлорофилла бесцветные пластиды, в которых накапливаются запасные питательные вещества, в основном крахмал. Они содержатся в неосвещенных частях растения. Лейкопласты имеют двумембранную оболочку, бесструктурную строму – цитоплазму, ДНК, рибосомы 70-с типа (мелкие, единичные), а также ферменты (для синтеза и гидролиза запасных веществ). Внутренняя мембрана образует немногочисленные тилакоиды. За недоразвитость их сравнивают с пропластидами (предшественниками пластид). Хлоропласты – развитые зеленые пластиды, тилакоиды у них собраны в стопки – граны. В тилакоидах идет активное образование фотосинтезирующего пигмента – хлорофилла. Ферменты в них другие, они отвечают за осуществление процесса фотосинтеза. Как и в лейкопластах, в них есть собственная ДНК и рибосомы 70-с типа. Обучающийся в экспериментальных целях зеленое комнатное растение с подоконника убрал на время в темный шкаф, а через некоторое время достал и снова поставил на подоконник	
<i>Деятельностная часть</i>	
<i>Задания</i>	<i>Эталон ответа</i>
1. Объясните, какие изменения произойдут с хлоропластами в растении при его перемещении на время в темный шкаф.	1. В комнатном растении при его перемещении в темный шкаф хлоропласты «превратятся» в лейкопласты: в их тилакоидах перестанет синтезироваться хлорофилл, ферменты для фотосинтеза исчезнут за ненадобностью, будут образовываться ферменты для синтеза и гидролиза запасных веществ.
2. А из него на освещенный подоконник.	2. Перемещение комнатного растения из темного шкафа на освещенный подоконник «запустит» обратные описанным выше процессы, и лейкопласты вновь «превратятся» в хлоропласты.
3. Установите причину обнаруженных изменений	3. Причиной взаимоперехода лейкопластов и хлоропластов является освещенность растения

Пример задания на обучение пониманию

Биология человека (8 класс)	
Интерпретация содержания биологического материала с опорой на понимание	
<i>Мотивационная часть</i>	
Если внимательно изучить исходные данные и вспомнить сущность понимания как инструмента интерпретации биологической информации, то можно осмыслить природу проявления атавизмов у человека и невозможность «освобождения» вида Homo sapiens от них	
<i>Содержательная часть (исходные данные)</i>	
Термин «атавизм» с латинского языка переводится как «отдаленный предок». К атавизмам относятся аномалии развития у человека, которые были у его далеких предков. Они должны были быть полностью утрачены в ходе эволюции, но их «отголоски» все еще встречаются у некоторых людей. К часто встречающимся атавизмам относятся: наличие хвостовидного придатка, сплошной волосяной покров тела, развитие добавочных пар молочных желез, сильное развитие клыков, второй ряд зубов, неполное сращение предсердной перегородки. У некоторых людей с рождения имеется шейная фистула – жаберная щель, а у других микроцефалия – головной мозг значительно меньше, чем он должен быть, в пропорциональном отношении к разным частям тела	
<i>Деятельностная часть</i>	
Задания	Эталон ответа
1. Используя открытые базы знаний, докажите, что шейная фистула – это атавизм человека, а микроцефалия – его заболевание.	1. Ученые считают, что в процессе эмбрионального развития человек заново проходит свой эволюционный путь. Наличие жаберных щелей у эмбриона, которые в дальнейшем эмбриогенезе исчезают, является прямым доказательством связи человека и всех млекопитающих с далекими предками – рыбами и амфибиями. Шейная фистула – несращение жаберной щели, и поэтому она атавизм. Микроцефалию же могут вызвать внешние (например, радиация, лекарства, внутриутробные инфекции – краснуха, цитомегаловирус или токсоплазмоз) или внутренние (генетические нарушения) факторы. Поэтому микроцефалия – это заболевание человека, а не атавизм.
2. Предположите, о чем свидетельствует проявление атавизмов у человека	2. Атавизмы у человека доказывают единство происхождения всего живого на Земле, эволюционно обусловленную генетическую связь всех проявлений жизни

Таблица 4

Пример задания на обучение использованию прикладных приемов работы с биологической информацией

Биология растений (6 класс)	
Интерпретация содержания биологического материала при преобразовании информации способом «таблица в текст»	
<i>Мотивационная часть</i>	
Если внимательно изучить исходные данные и вспомнить прикладные приемы интерпретации биологической информации, то можно выразить ее в любом удобном виде и дать правильные ответы на поставленные вопросы	

<i>Содержательная часть (исходные данные)</i>		
Таблица «Количество устьиц на 1 мм ² поверхности листа»		
Название растения	Поверхности:	
	верхняя	нижняя
Количество устьиц		
Кувшинка белая	406	0
Овес	40	27
Пшеница	47	32
Маслина	0	625
Дуб	0	346
Репа	0	716
Слива	0	253
Яблоня	0	246

<i>Деятельностная часть</i>	
<i>Задания</i>	<i>Эталон ответа</i>
<p>1. Вспомните, какую роль у разных растений играют устьица на поверхностях листьев.</p> <p>2. Составьте текст, характеризующий особенности размещения и количество устьиц на верхней и нижней поверхностях листа у разных видов растений</p>	<p>1. Устьица растениям нужны для испарения воды (выведение излишков, охлаждение) и газообмена с окружающей средой (дыхание – поглощение O₂ и выделение CO₂, фотосинтез – поглощение CO₂).</p> <p>2. Большинство растений на поверхностях листьев имеют устьица. Одни виды, например кувшинка белая, имеют устьица только на верхней поверхности, другие – овес и пшеница – на разных поверхностях, третьи – маслина, дуб, репа, слива, яблоня – только на нижней поверхности. Их количество у разных видов сильно варьируется. Больше всего устьиц на нижней поверхности на 1 мм² имеют маслина (625) и репа (716), среднее их количество содержится у яблони (246), сливы (253) и дуба (346), а меньшее – у овса (27) и пшеницы (32). Зато у них устьица в количестве 40 и 47 шт. на 1 мм² соответственно есть и на верхней поверхности. Среди представленных растений, рекордсменом по количеству устьиц на верхней поверхности листа является кувшинка белая (406)</p>

Таблица 5

Фрагмент технологической карты учебного занятия «Особенности протекания жизненных циклов представителей отрядов насекомых с полным превращением»

<p>Биология животных (7 класс) Интерпретация содержания биологического материала с опорой на генетическое объяснение</p>

Мотивационная часть (исходные данные)

Жизненным циклом в биологии животных называется закономерная смена всех поколений (онтогенезов), характерных для представителей конкретного вида. Большинству отрядов насекомых свойственно развитие с полным превращением, при котором личинки совершенно не похожи на взрослых особей. Например, у них отсутствуют сложные глаза (есть только простые глазки или органы зрения совсем отсутствуют), нет усиков и крыльев, тело чаще всего червеобразное. Эти личинки обитают совсем в других местах и питаются иной пищей, чем взрослые насекомые. Личинки развиваются из яиц, отложенных взрослой особью по завершении полового размножения. Достигнув некоторого состояния развития, личинки превращаются в куколки, в которых происходит метаморфоз (глубокое преобразование строения организма или его отдельных органов). Только затем они становятся взрослыми особями с типичными видовыми признаками

Методологическая часть

Основания для выделения объекта и предметов познания: уровни организации живой природы, процессы в живых системах, основные систематические таксоны.

Объект познания: организм животного.

Предметы познания: стадии цикла и их назначение в развитии насекомых с полным превращением, представители отрядов класса насекомых с полным превращением.

Цель интерпретации: раскрытие связи между изучаемыми разновременными живыми объектами (предметами, процессами, явлениями).

Приемы в составе интерпретации: смысловое чтение текста, подписывание «немых» рисунков, установление последовательности этапов жизненного цикла и причинно-следственных связей в нем, самостоятельный поиск информации из различных источников и ее сворачивание в текстовую таблицу свободной конструкции, подбор примеров из заданной текстовой информации, формулирование умозаключений и выводов свободного содержания

Деятельностная часть

<i>Задания</i>	<i>Эталоны ответов</i>
1. Прочитайте исходные данные	
2. Изучите серию «немых» рисунков «Жизненные циклы насекомых с полным превращением»	
3. Изучите текст учебника, установите названия и последовательность стадий развития в жизненном цикле насекомых с полным превращением	
4. Изучите материалы открытых баз знаний и кратко охарактеризуйте каждую из стадий развития в жизненном цикле насекомых с полным превращением. Свой ответ выразите в таблице	
5. Пользуясь рисунками и текстом учебника, перечислите отряды и представителей насекомых с полным превращением в жизненном цикле	
6. Сделайте вывод, характеризующий назначение стадий развития в жизненном цикле насекомых с полным превращением	

Выводы. Использование учителем-предметником представленной методики обучения интерпретации в систематическом курсе биологии должно привести к следующим планируемым результатам: 1) знание научных оснований выделения объектов познания в биологии и умения ими пользоваться в учебных ситуациях; 2) знание инструментария метода

интерпретации и умения им пользоваться при познании живого; 3) знание этапов процедуры интерпретации и умения ими пользоваться при познании живого; 4) умение целостно использовать инструментарий интерпретации при познании живого.

Список литературы

1. Первые результаты международного исследования TIMSS-2019 // Сб. матер. Центр оценки качества образования ФГБНУ «Институт стратегии развития образования Российской академии образования». [Электронный ресурс]. URL: http://www.centeroko.ru/timss19/timss2019_res.html (дата обращения: 20.11.2023).
2. Примеры открытых заданий PISA по читательской, математической, естественнонаучной, финансовой грамотности и заданий по совместному решению задач. [Электронный ресурс]. URL: <https://krippo.ru/files/PISA/task.pdf> (дата обращения: 20.11.2023).
3. Пентин А.Ю., Никифоров Г.Г., Никишова Е.А. Основные подходы к оценке естественно-научной грамотности // Отечественная и зарубежная педагогика. 2019. Т. 1. № 4 (61). С. 80-97.
4. Суматохин С.В. Естественно-научная грамотность как цель развития школьного биологического образования // Биология в школе. 2019. № 1. С. 15-23.
5. Резников В.М. Объяснение явлений посредством моделей в естествознании и их понимание // Философия науки. 2015. № 4. С. 29-39.
6. Шапоринский С.А. Обучение и научное познание. М.: Педагогика, 1981. 207 с.
7. Щербаков Р.Н. Процесс обучения: от объяснения – к пониманию // Педагогика. 2007. № 5. С. 48-55.
8. Юдин Б.Г. Объяснение и понимание в научном познании // Вопросы философии. 1980. № 9. С. 52-54.
9. Якунчев М.А., Маркинов И.Ф., Семенова Н.Г., Осинин Р.В. К проблеме разработки методики формирования естественнонаучной грамотности обучающихся при изучении биологии в школе // Гуманитарные науки и образование. 2022. № 4. С. 107-115.
10. Якунчев М.А., Маркинов И.Ф., Семенова Н.Г., Осинин Р.В. Содержание метапредметных знаний при изучении биологии на уровне среднего общего образования // Современные проблемы науки и образования. 2022. № 2. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/article/view?id=31639> (дата обращения: 25.11.2023).