

ФОРМИРОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПОНЯТИЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ У СТАРШЕКЛАССНИКОВ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЫ

**Маскаева Т.А. ORCID ID 0000-0002-0227-6532,
Князева А.В. ORCID ID 0000-0002-0227-6532,
Лабутина М.В. ORCID ID 0000-0002-0227-6532,
Байчурина Ю.В. ORCID ID 0000-0002-3092-6096,
Ковтоенкова А.А.**

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева», Саранск,
Российская Федерация, e-mail: masckaeva.tania@yandex.ru*

Центральным элементом школьного курса биологии является изучение ключевых понятий. От того, насколько полно обучающиеся усваивают сущность понятий, зависит эффективность использования биологических знаний во время учебного процесса и в повседневной жизни. Данное утверждение в полной мере относится и к учебному материалу о молекулярной биологии, поскольку именно он раскрывает принципы наследственности, биосинтеза белков, энергетического обмена в клетке и других жизненно важных процессов. Понимание этих процессов не только способствуют осознанному ведению здорового образа жизни, но и стимулируют научный интерес у старшеклассников, мотивируя их к дальнейшей профессиональной деятельности в области биологии, медицины, биотехнологий. Целью настоящей работы являлась апробация и оценка эффективности методики формирования понятий у обучающихся десятого класса при изучении основных вопросов молекулярной биологии в школе. Разработка методики включала в себя такие этапы, как выделение цели и задач обучения, определение содержания учебного материала (приоритетные молекулярно-биологические понятия, интеллектуальные и практические умения, опыт эмоционально-ценностных отношений, опыт творческой деятельности), выявление критериев сформированности молекулярно-биологических знаний, что в совокупности обеспечивает усвоение основных понятий молекулярной биологии и позволяет обучающимся самостоятельно выражать готовность к познанию механизмов синтеза биологических молекул в клетках, осмысливать принципы молекулярно-биологических исследований, применять их на практике, активно участвуя в поисковой деятельности.

Ключевые слова: молекулярная биология, обучение биологии, молекулярно-биологические понятия, методика формирования молекулярно-биологических знаний.

FORMATION OF BASIC CONCEPTS OF MOLECULAR BIOLOGY IN HIGH SCHOOL STUDENTS OF SECONDARY SCHOOL

**Maskaeva T.A. ORCID ID 0000-0002-0227-6532,
Knyazeva A.V. ORCID ID 0000-0002-0227-6532,
Labutina M.V. ORCID ID 0000-0002-0227-6532,
Baychurina Yu.V. ORCID ID 0000-0002-3092-6096,
Kovtoenkova A.A.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "M.E. Evseviev Mordovian State Pedagogical
Institute", Saransk, Russian Federation, e-mail: masckaeva.tania@yandex.ru*

The central element of the school biology course is the study of key concepts. The effectiveness of the use of biological knowledge during the educational process and in everyday life depends on how fully students assimilate the essence of concepts. This statement fully applies to the educational material on molecular biology, since it is he who reveals the principles of heredity, protein biosynthesis, energy metabolism in the cell and other vital processes. Understanding these processes not only contributes to the conscious conduct of a healthy lifestyle, but also stimulates scientific interest in high school students, motivating them to further professional activities in the field of biology, medicine, biotechnology. The purpose of this work was to test and evaluate the effectiveness of the methodology for forming concepts in tenth grade students when studying the main issues of molecular biology at school. The development of the methodology included such stages as: highlighting the purpose and objectives of training, determining the content of the training material (priority molecular biological concepts, intellectual and

practical skills, experience of emotional and value relations, experience of creative activity), identification of criteria for the formation of molecular biological knowledge, which together ensures the assimilation of the basic concepts of molecular biology and allows students to independently express their readiness to understand the mechanisms of synthesis of biological molecules in cells, comprehend the principles of molecular biological research and apply them in practice, actively participating in search activities.

Keywords: molecular biology, biology teaching, molecular biological concepts, methodology of formation of molecular biological knowledge.

Введение

Сущность содержания любой науки складывается из системы понятий, и биология не является исключением. Дидактические аспекты формирования понятий давно являются предметом особого внимания ученых-методистов. Фундаментальное исследование в области методики обучения биологии было проведено в 1950-х годах под руководством Н.М. Верзилина [1, с. 56]. Разработанная «Теория развития биологических понятий» позволила систематизировать подходы к отбору учебного материала в школьных курсах биологии и оказала значительное влияние на пересмотр методов, приемов и форм обучения и воспитания обучающихся. Отечественный методист И.Д. Зверев исследовал роль логико-психологических и педагогических факторов формирования биологических понятий, отмечая поэтапный характер обогащения содержания понятия новыми компонентами, сведениями и фактами [2, с. 34]. В современной методике обучения биологии пристальное внимание обращено на формирование понятийного аппарата обучающихся, так как только биология, в отличие от других учебных дисциплин, знакомит обучающихся с живыми организмами. Поэтому отбор содержания биологических понятий должен быть нацелен на формирование у обучающихся целостного представления о жизни, подчеркивая её исключительную ценность [3; 4, с. 49; 5].

Большое значение в формировании представлений о ключевых процессах жизнедеятельности живых организмов принадлежит молекулярной биологии, которая способствует обеспечению у обучающихся систематизированных знаний о структурно-функциональной организации клеточных биополимеров, механизмах их биосинтеза, а также раскрывает прикладной потенциал современных молекулярно-биологических исследований [6]. Это позволит сформировать у обучающихся целостное представление о цитологии, онтогенезе, генетике и стимулировать интерес старшеклассников к науке, побуждая их к выбору будущих профессий в области биологии, медицины, биотехнологий [7-9]. Исходя из выше сказанного **целью настоящей работы** является апробация и оценка эффективности методики формирования понятий молекулярной биологии у обучающихся десятого класса.

Методы и принципы исследования

1. **Теоретические:** изучение и анализ биологической, методической, педагогической и психологической литературы; систематизация и обобщение результатов исследования.

2. **Эмпирические:** педагогическое наблюдение, диагностика уровня готовности к освоению учебного материала Т.Д. Дубовицкой; тестирование; констатирующий и формирующий эксперименты.

3. **Статистические:** математическая обработка результатов исследования и количественное их выражение с помощью показателя коэффициента полноты усвоения содержания понятия А.В. Усовой [10].

Результаты исследования и их обсуждение

Основываясь на теоретических подходах к формированию биологических понятий, авторы разработали специальную экспериментальную методику. Данная методика была проверена при обучении биологии в 10 классе. Экспериментальная работа осуществлялась на базе МОУ «Средняя общеобразовательная школа с углубленным изучением отдельных предметов № 18» г. Саранск. В эксперименте приняли участие две группы обучающихся: экспериментальная группа (10 А класс) в составе 25 человек и контрольная группа (10 Б класс) в количестве 25 обучающихся.

При разработке методики авторами были выделены её основные элементы, которые реализуются в ходе апробации:

- 1) целевой;
- 2) содержательный;
- 3) процедурный;
- 4) оценочный.

Цель данной методики заключается в познании и усвоении молекулярно-биологических понятий для объяснения сущности реализации наследственной информации на разных уровнях организации жизни. Обозначенная цель конкретизируется задачами в аспекте обучения, воспитания и развития [11, с. 15; 12].

Задачи обучения, направленные на достижение предметных результатов, могут быть сформулированы следующим образом: сформировать у обучающихся знания о структуре ДНК, РНК, белков; обеспечить усвоение знаний о процессах репликации, транскрипции и трансляции в контексте использования работ Э. Чаргаффа, Ф. Крика, Р. Оказаки; сформировать у обучающихся знания о важности данных исследований для развития биотехнологий [13, с. 99-125].

Задачи воспитания в контексте достижения личностных результатов обучающихся заключаются в следующем: стимулировать у обучающихся интерес к науке, используя материалы о выдающихся ученых-биологах и об истории развития молекулярной биологии; развивать стремление к познанию молекулярно-биологических процессов;

мотивировать к самостоятельному поиску биологической информации и выработке эффективных способов усвоения новых знаний.

Задачи развития, связанные с метапредметными результатами, включают в себя следующие пункты: учить обучающихся применять принципы молекулярной биологии при решении биологических задач, а также формулировать выводы на основе анализа биологической информации.

Учитывая цель и задачи методики, представим содержание молекулярно-биологического материала. Основываясь на положениях принципов фундаментальности и системности в образовании, считаем, что изучаемый материал должен отражать характеристику биологической картины мира и включать в себя четыре компонента.

1. Знания:

- гносеологические: история развития молекулярной биологии как науки; методы молекулярной биологии;
- цитологические: клетка – сравнительная характеристика бактериальной, растительной и животной клеток, их строение, способы деления клетки;
- биохимические: строение органических и неорганических веществ в клетке;
- генетические: гены; генетический код;
- молекулярно-биологические (репликация, транскрипция, трансляция);
- основы вирусологии (общая характеристика и специфика вирусов).

2. Умения:

- интеллектуальные: объяснять основные принципы регуляции клеточных процессов; анализировать молекулярные механизмы, лежащие в основе синтеза ДНК, РНК и белков; установление причинно-следственных связей в процессах жизнедеятельности клеток;
- практические: владеть навыками работы с микроскопами, центрифугами и другим лабораторным оборудованием; применять теоретический материал в практике решения биологических задач, в том числе на правила Чаргаффа, биосинтез белков.

3. Опыт эмоционально-ценностных отношений: проявление интереса к молекулярно-биологическим явлениям; осознание практической значимости молекулярной биологии в области медицины и биотехнологий.

4. Опыт творческой деятельности: обобщенное представление молекулярно-биологической информации в виде логических схем и текстовых таблиц.

Перейдем к описанию процедурной части методики, которая была реализована в педагогическом эксперименте. Перед проведением экспериментальных уроков авторами было проведено тестирование для выявления уровня готовности обучающихся к изучению молекулярно-биологических явлений с помощью следующих вопросов:

1. Дополните утверждение: «Молекулярная биология – это...»

2. Изучение биологии даёт мне возможность узнать много важного для себя, проявить свои способности?

3. Кажется ли Вам, что материал о молекулярных механизмах функционирования организма интересный и познавательный?

4. Как Вы считаете, нужно ли изучать молекулярную биологию для понимания процессов жизнедеятельности?

Проанализировав полученные сведения, отметим, что 40% опрошенных обучающихся имеют низкий уровень заинтересованности в учебном материале; 35% старшеклассников выражают заинтересованность в изучении молекулярной биологии на среднем уровне, и 25% обучающихся имеют высокий уровень готовности применять полученные знания как на уроках биологии, так и в реальной жизни. В этой связи был организован и реализован педагогический эксперимент, построенный на принципах деятельностного подхода и включающий три этапа. Первый из них называется вводный, или мотивационный. Он был важен для активации познавательного интереса к изучению биологических явлений через обсуждение исторического контекста клеточной теории и открытий в области молекулярной биологии, а также изучение современных методов молекулярно-биологических исследований.

Основной этап эксперимента состоял из пяти уроков и был ориентирован на углубление у десятиклассников понимания биохимических процессов, а также структурно-функциональной организации эукариотической и прокариотической клеток. Данный этап необходим для понимания клеточных процессов взаимодействия биологических молекул, а также механизмов хранения и реализации наследственной информации у живых организмов. На данном этапе формируются следующие понятия: биологические полимеры, комплементарность, органоиды клетки, хромосомы, кариотип.

Заключительный (оценочный) этап педагогического эксперимента был ориентирован на изучение процесса реализации наследственной информации в клетке, включая механизмы репликации ДНК, транскрипции и трансляции, а также особенностей существования вирусов и протекания обратной транскрипции. Основные понятия, формируемые на данном этапе: генетический код, репликационная вилка, триплет, кодон, антикодон, ретровирусы.

Эффективность проведённых уроков по формированию знаний о молекулярно-биологических понятиях оценивалась на заключительном этапе разработанной методики. На основе комплексного анализа научно-методической литературы и данных, полученных в ходе эмпирического наблюдения, был осуществлён подбор критериев и способов замера уровня сформированности знаний у обучающихся при изучении учебного материала молекулярно-биологического содержания (табл. 1) [14; 15].

Таблица 1

Критерии и способы замера сформированности молекулярно-биологических знаний

№ п/п	Критерии и показатели	Способы замера
Когнитивный критерий		
1	Выражение обучающимися сущности понятия «молекулярная биология» и методов ее исследования	Ответы обучающихся в отношении задания по выражению сущности понятия «молекулярная биология» и ее научных методов исследования
2	Выражение обучающимися знаний о структурно-функциональных особенностях молекулярно-клеточного уровня жизни	Ответы обучающихся в отношении задания по выражению знаний о структуре и функциях макромолекул в клетке
Деятельностный критерий		
3	Готовность обучающихся решать молекулярно-биологические задачи	Выполнение заданий на объяснение процессов реализации наследственной информации

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Анализ результатов тестирования, представленный на рисунке 1, демонстрирует улучшение в понимании обучающимися определения молекулярной биологии после применения разработанной методики. В контрольной группе лишь 45% респондентов смогли дать правильный ответ, в то время как 55% допустили ошибки. После проведения формирующего эксперимента, в рамках которого особое внимание уделялось методологии молекулярной биологии и изучению структуры и свойств макромолекул, 85% обучающихся экспериментальной группы дали правильный ответ, 10% – неполный, а лишь 5% – неверный.

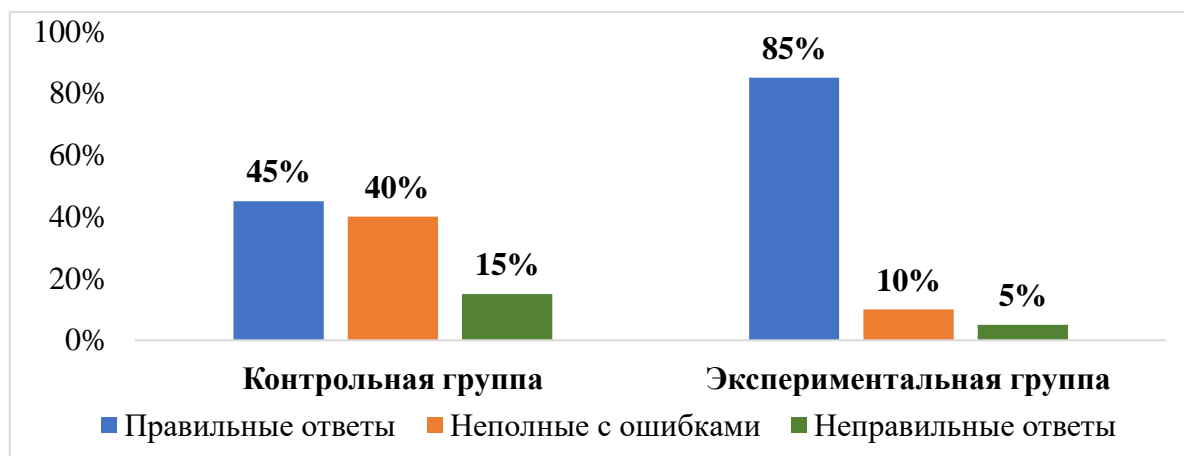


Рис. 1. Показатель первого критерия сформированности знаний о понятии «молекулярная биология» на констатирующем и контрольном этапах эксперимента, %

Источник: составлено авторами по результатам данного исследования.

В качестве второго оценочного критерия выступает степень усвоения обучающимися понятий о структурных особенностях и функциях макромолекул в клетках, которая проверялась с помощью задания на классификацию видов РНК. Обучающиеся должны были заполнить таблицу, указав для каждого типа РНК местоположение в клетке и основные функции (иРНК, находящаяся в ядре и цитоплазме, переносит генетическую информацию от ДНК; тРНК, локализованная в цитоплазме, транспортирует аминокислоты к месту синтеза белка; рРНК, находящаяся в цитоплазме и на ЭПС, составляет основу рибосом). 80% респондентов экспериментальной группы успешно справились с заданием, что свидетельствует о высоком уровне усвоения материала; неверные ответы дали 20% обучающихся, это может указывать на необходимость повторного объяснения темы и дополнительных занятий для улучшения понимания материала (рис. 2).

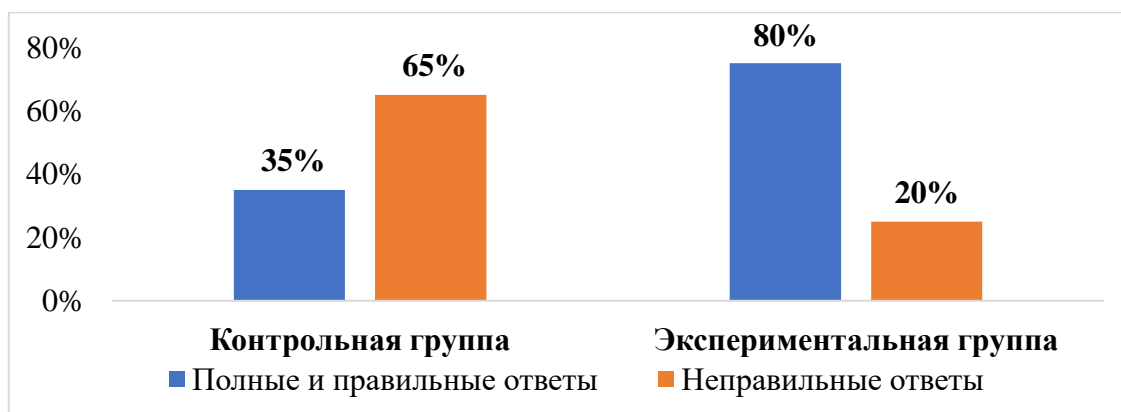


Рис. 2. Показатель второго критерия сформированности знаний о структурных и функциональных особенностях молекулярно-клеточного уровня жизни на констатирующем и контрольном этапах эксперимента, %

Источник: составлено авторами по результатам данного исследования.

Оценивание уровня освоения деятельностного компонента осуществлялось на основе анализа понимания обучающимися сущности ключевых процессов транскрипции, трансляции, посттрансляционной модификации белков, а также принципов комплементарности и антипараллельности ДНК; способности определять при помощи генетического кода последовательность нуклеотидов в последовательность аминокислот в полипептиде. В качестве диагностического средства обучающимся было предложено задание, в котором нужно было решить биологическую задачу на биосинтез белка. В контрольной группе обучающиеся сталкивались с трудностями, которые выражались в неверном определении рамки считывания,

кодонов и антикодонов, а также аминокислот в полипептиде. Большая часть респондентов не справлялась с использованием биологических символов при объяснении результатов задачи. Предложенная методика была направлена на устранение данного пробела в биологической подготовке путём создания благоприятных условий для лучшего усвоения учебного материала. На завершающем этапе формирующего эксперимента 75% обучающихся экспериментальной группы успешно справились с заданием, демонстрируя освоение необходимых знаний (рис. 3).

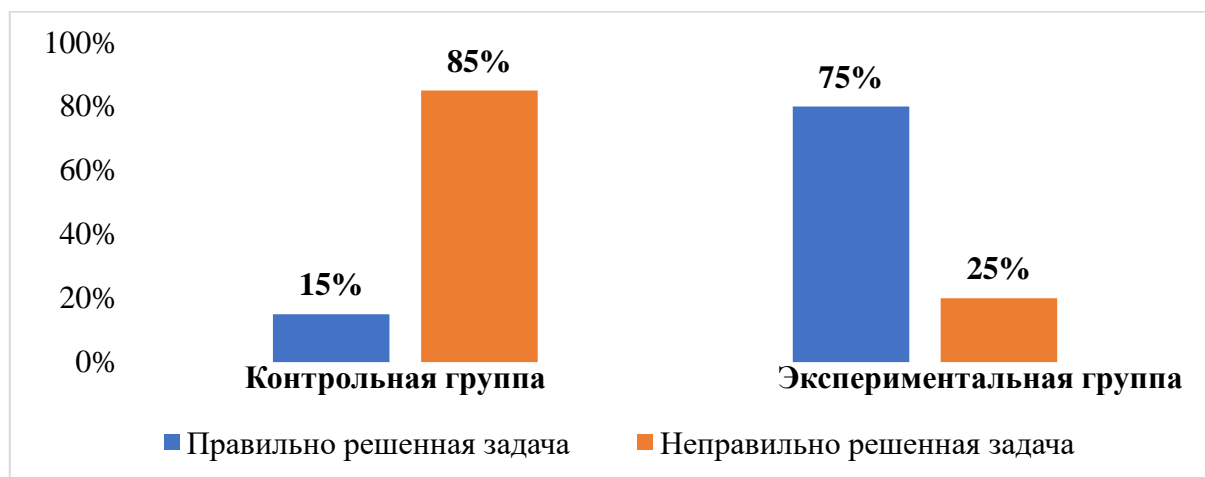


Рис. 3. Показатель сформированности деятельностного критерия на констатирующем и контрольном этапах эксперимента, %

Источник: составлено авторами по результатам данного исследования.

Математический анализ оценки полноты усвоения содержания молекулярно-биологических понятий рассчитывался по формуле:

$$K_{\text{сод}} = \frac{\sum_{i=1}^N L_i}{L * N},$$

где $K_{\text{сод}}$ – показатель, характеризующий уровень усвоения существенных признаков понятия; L_i – количество признаков, определенных i -м обучающимся; L – количество признаков, подлежащих усвоению; N – общее число обучающихся в классе. Результаты расчётов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Значение коэффициента полноты усвоения содержания молекулярно-биологических понятий

№ п/п	Коэффициент полноты усвоения содержания понятий у обучающихся на начальном этапе	Коэффициент полноты усвоения содержания понятий у обучающихся на заключительном этапе
1	0,2	0,8
2	0,4	0,7
3	0,2	0,7

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Количественный анализ степени усвоения содержания понятия позволяет установить, насколько полно обучающимися усвоены существенные признаки, из которых складывается то или иное понятие и характеризует: содержание понятия (все существенные признаки и свойства объекта); объём понятия (количество объектов, входящих в состав понятия); взаимосвязи с другими понятиями. Результаты, представленные в таблице, подтверждают эффективность работы по формированию понятий молекулярной биологии в 10 классе. На заключительном этапе большинство обучающихся правильно выражали суждения, отражающие ключевые понятия.

Следовательно, апробированная в педагогическом эксперименте методика дала положительный результат. Это проявилось в том, что большая часть обучающихся смогла правильно выразить определение молекулярной биологии как науки, охарактеризовать главные черты строения биологических полимеров и раскрыть сущность процессов матричного синтеза.

Заключение

В условиях модернизации современного школьного образования при реализации государственных стандартов актуальной проблемой остается формирование понятий у обучающихся. Это в полной мере относится и к молекулярно-биологическому материалу, который обеспечивает усвоение знаний о механизмах жизнедеятельности на клеточном уровне жизни, дает основу для понимания принципов здоровьесберегающего поведения и раскрывает возможности применения полученных знаний в практической деятельности. Исходя из выше сказанного, настоящая работа была посвящена решению проблемы методики формирования понятийного аппарата при изучении молекулярной биологии в десятом классе. Для успешного развития обозначенных понятий авторами выяснены теоретические основы организации процесса обучения. Таковыми являются принципы научности, систематичности и доступности в изучении названных понятий. На их основе определен состав молекулярно-биологических понятий, разработана и апробирована соответствующая методика. Всё это позволило достичь положительного результата исследования.

Список литературы

1. Дубинин Н.П., Мягков Н.А. Биология - ключевой предмет сегодняшней школы // Биология в школе. 1990. № 1. С. 16-18. URL: https://elibrary.ru/title_about_new.asp?id=8443 (дата обращения: 01.12.2025).

2. Малыгина А.С., Насырова И.Е., Решетникова Т.Б. Реализация системнодеятельностного подхода на уроках биологии в рамках ФГОС // Изв. Саратов. ун-та. Нов. серия. Сер. Химия. Биология. Экология. 2015. № 2. С. 76-80. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/realizatsiya-sistemno-deyatelnostnogo-podhoda-na-urokah-biologii-v-ramkah-fgos/viewer> (дата обращения: 01.12.2025).
3. Несторенко С.Н., Говоруха О.Н. Пути реализации межпредметных связей на уроках биологии // Просвещение и познание. 2021. № 3 (3). С. 45–55. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/puti-realizatsii-mezhpredmetnyh-svyazey-na-urokah-biologii> (дата обращения: 21.09.2025).
4. Мартынова Е.А. Формирование гуманитарной и естественнонаучной культуры личности в образовательном пространстве // Гуманитарные науки и образование. 2013. № 4 (16). С. 111 – 113. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21137914> (дата обращения: 01.12.2025).
5. Крыткина Л.А. Формирование и развитие общебиологических понятий у школьников при обучении курсу «Общая биология» // Вестник КГПУ имени В. П. Астафьева. 2016. № 4 (38). С. 252–254; URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-i-razvitie-obschebiologicheskikh-ponyatiy-u-shkolnikov-pri-obuchenii-kursu-obshchaya-biologiya> (дата обращения: 20.09.2025).
6. Моргачева Н.В. Методика формирования биологических понятий в школьном курсе естествознания // Современный ученый. 2019. № 6. С. 33–39. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41518800>. EDN: CYYGNM.
7. Маркинов И.Ф., Каменева Ю.Ф. Характеристика учебных заданий для формирования у обучающихся понимания молекулярных основ биологии // Проблемы современного педагогического образования. 2024. № 85-4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/harakteristika-uchebnyh-zadaniy-dlya-formirovaniya-u-obuchayuschih-sya-ponimaniya-molekulyarnyh-osnov-biologii> (дата обращения: 01.12.2025).
8. Лабутина М.В., Маскаева Т.А., Ковшова А.А., Каргина Н.В. Формирование познавательного интереса к общей биологии посредством интерактивных технологий // Современные проблемы науки и образования. 2025. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=34297> (дата обращения: 01.12.2025).
9. Суматохин С.В. Формирование системы понятий в школьном учебнике биологии // Вестник Ставропольского государственного университета. 2004. № 37. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-sistemy-ponyatiy-v-shkolnom-uchebnike-biologii> (дата обращения: 17.10.2025).

10. Усова А.В. О критериях и уровнях сформированности познавательных умений учащихся // Советская педагогика. 1980. № 12. С. 45-48. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26420093&ysclid=mhou8qpawo276273138>. EDN: WGDUXF.
11. Агафонова И.Б., Бабичев Н.В., Сивоглазов В.И. Биология. 10–11 класс. Программы. М.: Дрофа, 2019. 148 с. ISBN: 978-5-358-23625-7.
12. Малова И.Е., Охват Л.П. Проблемы реализации методики формирования понятий // Дидактика математики: проблемы и исследования. 2023. Вып. 1 (57). С. 60–68. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemny-realizatsii-metodiki-formirovaniya-ponyatiy> (дата обращения: 15.10.2025). DOI: 10.24412/2079-9152-2023-57-60-68.
13. Неверова А.А. Теоретические аспекты изучения генетики в школьном курсе общей биологии // Молодой ученый. 2021. № 25 (367). С. 425-429. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46207949>.
14. Мансурова С.Е., Рохлов В.С., Теремов А.В. Проектирование результатов биологического образования в основной школе // Педагогические измерения. 2020. № 1. С. 4–9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-rezultatov-biologicheskogo-obrazovaniya-v-osnovnoy-shkole>. EDN: GPRLLW.
15. Куренкова Ю.В. Образовательные результаты в педагогической практике // Народное образование. 2012. № 1. С. 36–41. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrazovatelnye-rezultaty-v-pedagogicheskoy-praktike> (дата обращения: 10.09.2025). EDN: OPEJRP.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.