

Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования города Москвы «Московский городской педагогический университет»

На правах рукописи

Николенко Татьяна Гордеевна

Проектирование экспериментально-практической среды обучения биологии на уровне среднего общего образования

Специальность 13.00.02 – Теория и методика обучения и воспитания (биология)

Диссертация на соискание учёной степени кандидата педагогических наук

Научный руководитель:  
доктор педагогических наук,  
профессор С.В. Суматохин

Москва 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. Разработка экспериментально-практической среды обучения биологии для среднего общего образования .....	11
<i>§1. Отечественный и зарубежный опыт проведения экспериментальных практикумов при обучении биологии в старших классах.....</i>	<i>11</i>
<i>§2. Анализ педагогической практики проведения экспериментальных работ в образовательном процессе по биологии .....</i>	<i>26</i>
<i>§3. Создание экспериментально-практической среды обучения биологии для среднего общего образования .....</i>	<i>51</i>
<i>Выводы по главе 1 .....</i>	<i>59</i>
Глава 2. Методика организации образовательной деятельности в экспериментально-практической среде обучения биологии .....	61
<i>§1. Методика проведения экспериментальных практикумов в 10-11 классах ....</i>	<i>61</i>
<i>§2. Экспериментальная деятельность по организации образовательного процесса в экспериментально-практической среде обучения биологии .....</i>	<i>92</i>
<i>Выводы по главе 2 .....</i>	<i>114</i>
Заключение.....	115
<b>Литература.....</b>	<b>117</b>

## Введение

Актуальность исследования обусловлена высокими темпами научно-технологического развития биомедицины за последние три десятилетия и разрывом, который произошёл между уровнем биологической подготовки выпускников российских школ и кадровым запросом для обеспечения конкурентоспособности в данном рыночном сегменте. В XXI веке принципиально изменился не только подход к применению биологических знаний, но и базовые требования к навыкам, необходимым для проведения биологических исследований.

Современная биология стала играть значимую роль в смежных дисциплинах, таких как информационные технологии, медицина, биоинженерия, химия. Значительно выросло количество исследований, сочетающих биологические методы с математикой, информатикой, физикой и другими дисциплинами. Понимание механизма биотехнологических методик необходимо для повышения качества образовательных результатов по биологии у современных старшеклассников, особенно в период выбора специальности для продолжения обучения в системе высшего образования и дальнейшей профессиональной деятельности.

С учётом важнейших открытий в области наук о жизни XXI век принято называть веком биологии, что ставит новые задачи в области совершенствования теории и методики обучения биологии на уровне среднего общего образования. С учётом объёма и сложности проводимых исследований в области наук о жизни и скорости внедрения технологических изобретений, даже у заинтересованного учителя, постоянно занимающегося самообразованием, нет возможности теоретического и практического знакомства с передовыми биотехнологиями на надлежащем уровне. Как следствие, растёт разрыв между достижениями современной науки о живых системах и биомедицинских технологий и методикой обучения биологии в старших классах.

Наше исследование показало, что существующие методические подходы не позволяют надлежащим образом мотивировать старшеклассников к исследовательской деятельности и помочь им сделать правильный профессиональный выбор. Полагаем, что экспериментальный практикум с возможностью спланировать и самостоятельно провести эксперимент с последующей интерпретацией полученных результатов и с использованием приема визуализации биологических молекул, объектов и сложных процессов в виртуальной и дополненной реальности позволит заинтересовать учащихся и помочь им в выборе профессии.

Помимо включения в образовательный процесс экспериментальных практикумов, важность использования которых многократно обсуждалась в литературе, важными элементами современного образовательного процесса по биологии становятся мультимедийные элементы образования. Они могут быть интегрированы в учебный процесс как во время уроков, так и во внеурочной деятельности.

Анализ литературы, результаты анкетирования профессионального сообщества и сравнительного этапа эксперимента и позволили выделить противоречия между:

- современным уровнем и потенциальными возможностями экспериментальных практикумов, позволяющих совершенствовать процесс обучения биологии, и недостаточной разработанностью теоретических основ конструирования экспериментально-практической среды обучения биологии в старшей школе;
- необходимостью практико-ориентированного обучения в среднем общем биологическом образовании и отсутствием методических разработок для организации образовательной деятельности в экспериментально-практической среде обучения биологии.

Проблема исследования заключается в проектировании и внедрении методической системы организации образовательной деятельности в экспериментально-практической среде обучения биологии в старших классах.

Актуальность, практическая значимость и недостаточная методическая разработанность проблемы определили тему исследования: «Проектирование экспериментально-практической среды обучения биологии на уровне среднего общего образования».

**Цель** исследования - повышение качества среднего общего биологического образования посредством организации образовательного процесса в экспериментально-практической среде обучения биологии.

**Объект исследования** – образовательный процесс по биологии на уровне среднего общего образования.

**Предметом исследования** является экспериментально-практическая среда обучения биологии в 10 – 11 классах.

**Гипотеза исследования** основана на предположении, что качество образования по биологии в 10 – 11 классах будет повышено, если:

- создать учебно-методические комплекты для выполнения экспериментальных практикумов по основам молекулярной биологии, генетики и эволюции;
- спроектировать методику организации образовательного процесса в экспериментально-практической среде обучения биологии на основе интеграции традиционных и современных интерактивных средств обучения;
- организовать в экспериментально-практической среде обучения биологии образовательный процесс, направленный на достижение предметных образовательных результатов по биологии, развитие мотивационных и познавательных ресурсов личности учащихся.

В соответствии с целью и гипотезой были определены **задачи** исследования:

1. Проанализировать методическую, психолого-педагогическую и биологическую литературу по проблеме разработки и проведения экспериментальных практикумов по биологии в 10–11 классах.

2. Научно обосновать и разработать методику организации образовательного процесса в экспериментально-практической среде обучения биологии в 10–11 классах.
3. Экспериментально проверить эффективность образовательного процесса в экспериментально-практической среде обучения биологии в 10–11 классах.

В ходе исследования темы были изучены литературные источники в области учебной методологии, педагогики и психологии. Теоретическую основу исследования составили работы педагогов и психологов Асмолова А.Г., Болотова В.А., Выготского Л.С., Гальперина П.Я., Давыдова В.В., Загвязинского В.И., Леонтьева А.Н., Новикова А.М., Пурышевой Н.С., Рубинштейна С.Л., Тряпициной А.П., а также теоретические разработки методистов-биологов Андреевой Н.Д., Галкиной Е.А., Горленко Н.М., Мариной А.В., Никишова А.И., Пасечника В.В., Петровой О.Г., Пономаревой И.Н., Станкевича П.В., Суматохина С.В., Сухоруковой Л.Н., Теремова А.В., Трайтака Д.И., Третьякова П.И., Якунчева М.А. и др.

Для решения поставленных в исследовании задач и проверки гипотезы использовались **методы исследования**:

- теоретические: изучена методическая, психологическая, педагогическая, биологическая литература по исследуемой проблеме, законодательные и нормативно-правовые акты в сфере образования, программно-методические документы, диссертации, федеральные государственные образовательные стандарты общего образования;
- эмпирические: проводилось изучение опыта работы учителей биологии, наблюдение, анкетирование, тестирование, опрос, открытые уроки, самооценка и экспертная оценка, педагогический эксперимент.

**Экспериментальной базой** стали общеобразовательные учреждения в 22 регионах России, в которых участвовало 311 учителей биологии. Методика организации учебной деятельности в экспериментально-практической среде обучения биологии

апробировалась в ГБОУ «Школа № 192» и «Школа № 199» города Москвы, общеобразовательных школах города Томска (МОУ СОШ № 34, МОУ СОШ № 40 и МОУ «Синеутёсовская СОШ» п. Синий Утёс Томского района).

Исследование проводилось в три этапа.

На первом этапе, реализованном в 2014 – 2015 гг., проводилось накопление теоретического и эмпирического материала, изучались все аспекты исследуемой проблемы в теории и в педагогической практике, была проанализирована научно-методическая и психолого-педагогическая литература, диссертации, нормативные документы. Выполнение первого этапа исследования позволило сформулировать актуальность проблемы и её значимость.

На данном этапе была сформулирована тема, определены цель, объект, предмет, задачи исследования, выдвинута гипотеза, подготовлен и проведён педагогический эксперимент.

На втором этапе, который выполнялся в 2015-2016 гг., были сформулированы основные идеи методики организации образовательной деятельности в экспериментально-практической среде обучения биологии, откорректирована выдвинутая ранее гипотеза, уточнены задачи исследования, созданы, апробированы и откорректированы на основании результатов апробации учебно-методические комплекты для выполнения экспериментальных практикумов по основам молекулярной биологии, генетики и эволюции.

На третьем этапе в 2016-2018 гг. проверялась эффективность образовательного процесса в экспериментально-практической среде обучения биологии на уровне среднего общего образования; определялись показатели уровня достижения результатов по качественным и количественным параметрам; анализировались и обобщались результаты исследования; формулировались выводы и оформлялся окончательный текст диссертации.

**Новизна исследования:**

- введено понятие «экспериментально-практическая среда обучения биологии»;
- созданы учебно-методические комплекты для выполнения экспериментальных практикумов по основам молекулярной биологии, генетики и эволюции;
- разработана новая методика организации образовательной деятельности в экспериментально-практической среде обучения биологии;
- доказана перспективность использования разработанной методики организации образовательной деятельности в экспериментально-практической среде обучения биологии.

**Теоретическая значимость** исследования состоит в том, что полученные в ходе исследования результаты вносят существенный вклад в решение проблемы повышения качества биологического образования в старших классах. В ходе исследования:

- раскрыто содержание понятия «экспериментально-практическая среда обучения биологии» и определена структура этой среды;
- установлены закономерности формирования экспериментально-практической среды обучения биологии: поэтапность, целостность, системность, научная достоверность;
- выявлены методические приемы, необходимые для проведения экспериментальных практикумов по биологии;
- обосновано место экспериментальных практикумов по основам молекулярной биологии, генетики и эволюции, которые не могут заменяться другими средствами обучения без снижения качества биологического образования на уровне среднего общего образования;
- предложены подходы к формированию экспериментально-практической среды обучения биологии и методики постановки биотехнологически значимых учебных задач.

**Практическая значимость** исследования состоит в возможности использования в образовательном процессе по биологии разработанных для экспериментально-

практической среды обучения биологии учебно-методических комплектов, включающих учебные наборы, методические пособия для подготовки и проведения биологических экспериментов, руководства учащимся по выполнению экспериментов, вопросы для обсуждения на понимание теоретического материала и процесса выполнения экспериментальных практикумов по темам «Строение клетки», «Химический состав клетки», «Возникновение мутаций», «Возникновение мира», «Процесс биосинтеза белка», «Структура и функции нуклеиновых кислот», тестовые задания с ответами и критериями оценки, мультимедийные презентации, 3D ДНК и РНК конструкторы, примерные темы проектных работ.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается разработанной методологической основой исследования; логически верным теоретическим и методологическим обоснованием проблемы; систематическим использованием теоретических и эмпирических методов педагогических исследований; правильно поставленной целью исследования; репрезентативностью опытно-экспериментальных данных; длительностью внедрения результатов; количественным и качественным анализом результатов проведённого экспериментального исследования.

Проверка результатов исследования осуществлялась посредством публикаций, обсуждения основных положений на заседаниях кафедры биологии и физиологии человека института естествознания и спортивных технологий ГАОУ ВО МГПУ, выступлений и обсуждений на Международной научно-практической конференции «Проблемы развития методики обучения биологии и экологии в условиях социокультурной модернизации образования», на VI Всероссийской (с международным участием) научно-методической конференции «Современное естественно-научное образование: достижения и инновации», на II Международной научно-практической конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения профессора М.П. Меркулова «Биологическое и экологическое образование студентов и школьников: актуальные проблемы и пути их решения», на Международной научной конференции «Современная

педагогика: теория методика, практика», на международной научно-практической конференции «Биологическое и экологическое образование в средней и высшей школе: состояние, проблемы и перспективы развития» , на Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы методики преподавания биологии, химии и экологии в школе и вузе», на Всероссийском научно-образовательном форуме «Естественно-научное образование в условиях перехода на новые государственные образовательные стандарты: опыт и перспективы», а также через непосредственное участие автора в апробации и внедрении разработанной методики организации образовательной деятельности в экспериментально-практической среде обучения биологии.

На защиту выносятся положения:

1. Образовательный процесс в экспериментально-практической среде обучения биологии способствует повышению качества среднего общего образования.
2. Разработанная методика организации образовательного процесса в экспериментально-практической среде обучения биологии обеспечивает достижение предметных образовательных результатов по биологии, развитие мотивационных и познавательных ресурсов личности учащегося.
3. Экспериментальные практикумы по основам молекулярной биологии, генетики и эволюции не могут заменяться другими средствами обучения без снижения качества биологического образования в 10 – 11 классах.

Структура диссертации обусловлена логикой исследования и состоит из введения, двух глав, заключения, списка литературы (121 источник).

## **Глава 1. Разработка экспериментально-практической среды обучения биологии для среднего общего образования**

### **§1. Отечественный и зарубежный опыт проведения экспериментальных практикумов при обучении биологии в старших классах**

Последние десятилетия российская система общего образования реформируется. Причины, обусловившие необходимость изменений, различны по масштабу и содержанию, начиная от макроэкономических, вектором которых стал переход России от постиндустриальной к инновационной модели развития экономики, и до личностных, когда школьнику становится трудно осмыслить постоянно увеличивающийся информационный поток, а учебник не отражает современных научно-технологических достижений в сфере медицинских, биологических и сельскохозяйственных технологий [17].

Быстрорастущие и наукоёмкие биомедицинские технологии являются одним из основных драйверов развития инновационной модели экономики [22, 52, 107]. Они не только стремительно меняют сегодняшнюю повседневную жизнь, но и определяют образ жизни грядущих поколений. Цифровая медицина; искусственный интеллект в здравоохранении; хирурги-нанороботы; лекарственные средства с контролируемой доставкой; анализ генов, кодирующих белки в организме и ответственных за заболевания человека, животных и растений; 3D-печать органов и тканей для трансплантологии; исследование бактериального сообщества для увеличения продуктивности добычи и переработки нефти; принципиально новая электроника с самоконструирующимися молекулами; технологии геномного редактирования – вот только несколько областей, в которых появились прорывные технологии в XXI веке.

В России, в большинстве случаев являющейся потребителем современных технологических решений, созданных за её пределами, наблюдается существенный

дисбаланс между спросом рынка труда, сформированным новым вектором экономического развития, и предложением: стабильно растущий запрос инновационного сегмента биомедицинской отрасли скупно пополняется качественными специалистами. Это не позволяет России выйти на конкурентоспособный научно-технологический уровень и занять достойное место в числе стран-лидеров, производящих наукоёмкие продукты.

Что касается содержательной стороны школьного образования, то ускоряющийся технологический прогресс приводит к тому, что освоенный объем учебного материала давно потерял актуальность [45]. Содержание многих школьных учебников биологии оторвано от современного состояния науки и охватывает преимущественно фундаментальную биологию, игнорируя прикладную. В старших классах акцент сделан на ознакомление учащихся с основами биологии, а не с передовыми достижениями биомедицинских технологий, что не соответствует стратегическим задачам экономического развития [4, 7, 22, 56, 66, 67].

Мы считаем, что распределение времени на темы в школьных программах и учебниках не соответствует важности этих тем. Примером может служить теория эволюции — основа всей биологии. В современной российской школе она преподаётся в разрезе теорий учёных XVIII-XIX веков с коротким упоминанием того, что в XX веке появилась синтетическая теория эволюции. И учитель скован тем, что в ЕГЭ формулируются исключительно вопросы на уровне знаний позапрошлого столетия.

Неприятным побочным эффектом растущей пропасти между вошедшими в быт современными технологиями и образовательным процессом в школе является тот факт, что у обучающихся не формируется понимание причинно-следственных связей между ними, что имеет принципиальное и общепризнанное значение для формирования личности человека [11, 23, 24, 29, 38, 39, 65, 71, 72, 78, 79, 105]. Школьник оказывается не в состоянии соотнести свой жизненный («юзерский») опыт с фундаментальными основами устройства мира. А компетенций учителя не хватает для решения задач по

профориентации подопечных; познания учителя и материал в учебниках ограничены по сравнению с Интернет-источниками. Марина А.В. отмечает, что «установка на реальное использование, развитие и обогащение собственного опыта учащихся и их представлений о мире» «отпугивает» многих учителей» [28, 29, 64]. А «система повышения квалификации профессионального уровня педагогических работников общеобразовательных организаций, (которое) осуществляется в рамках программ региональных институтов повышения квалификации (ИПК) педагогических кадров), фактически не учитывает реальных потребностей значительного числа» заказчиков, по мнению Болотова В.А. [11].

Как следствие, статистика по результатам сдачи ЕГЭ по биологии не позволяет сделать вывод о готовности школы к выполнению кадрового запроса инновационных сегментов рынка на высококвалифицированных специалистов.

Таблица 1 – Статистика ЕГЭ по биологии в динамике 2009 – 2019 гг.

год	общее количество сдававших ЕГЭ	кол-во обучающихся, выбравших биологию	% от общего количества	средний балл
2009				52.3
2010	877559	155017	17,7	55.8
2011	778620	151403	19,4	54.9
2012	892561	159233	17,8	54.2
2013	834000	162248	19,5	59.6
2014	714242	127500	17,9	54.8
2015	672407	122936	18,3	53.2
2016	658392	126006	19,1	51.97
2017	616590	111748	18,1	52.57
2018	668000	133000	19,9	51.4
2019	692453	123800	17,9	52.9

Наблюдается качественный и количественный дефицит абитуриентов вузов биомедицинского профиля. В таблице 1 и на рисунках 1 и 2 видно, что не более 20% от

общего числа сдающих ЕГЭ планируют биологию как предмет по выбору, а средняя оценка по экзамену невысока [30–35].

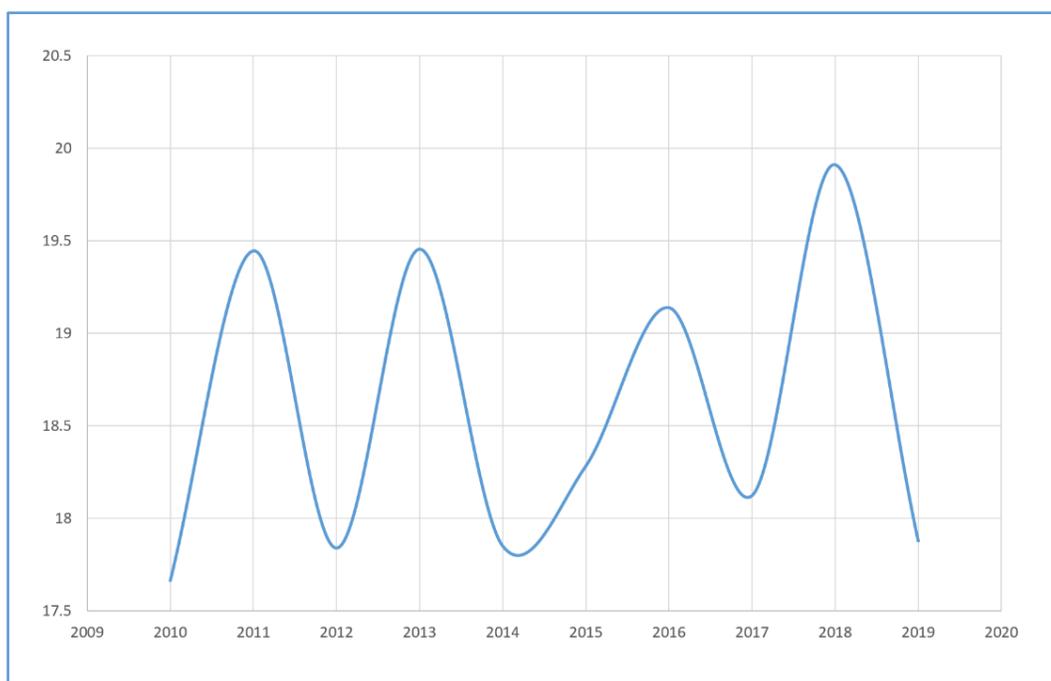


Рисунок 1 – Процент обучающихся, выбравших биологию, от общего числа сдававших ЕГЭ (в динамике 2009 – 2019 гг.)

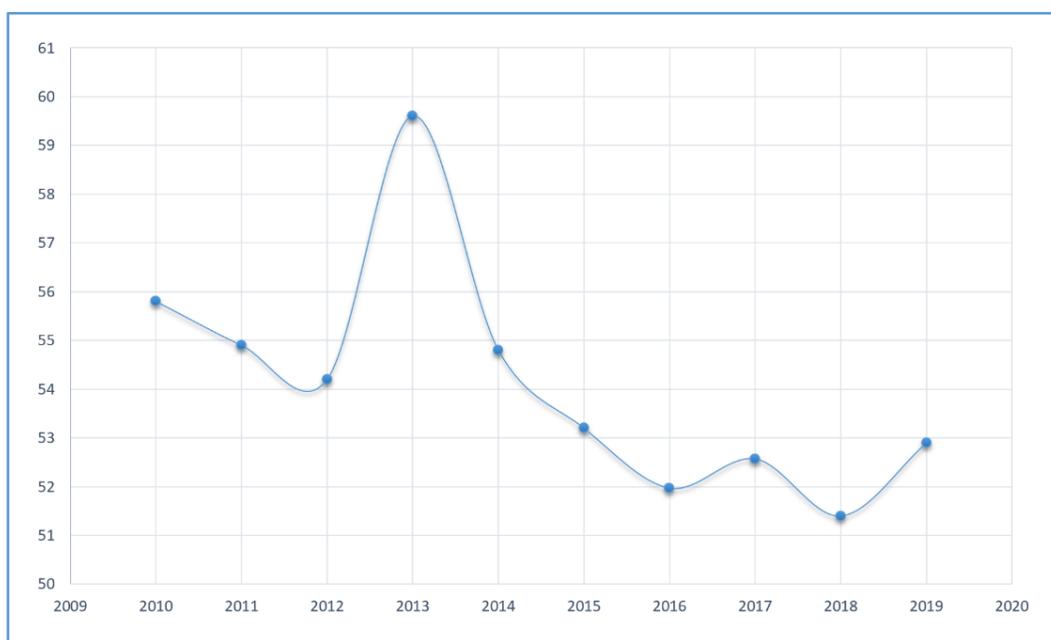


Рисунок 2 – Средний балл ЕГЭ по биологии в динамике 2009 – 2019 гг.

Таким образом, растёт пропасть между тем, куда шагнули современная наука о живых системах и биомедицинские технологии, и представлением о них старшеклассников, планирующих свое профессиональное будущее. Для XXI века — это колоссальная трата времени и ресурсов, потому что школьники — это будущие кадры для академического и индустриального медико-биологического сектора, потенциальные генераторы инновационных идей и проектов. Если не показывать обучающимся всего горизонта возможностей преподаваемого им предмета, они не смогут применить свои способности и усилия к решению задач, о существовании которых они ничего не знают [7, 44, 50].

Интересна применимость понятия преадаптация, введенного в обсуждение выдающимся психологом А.Г. Асмоловым, к предметной среде обучения биологии. В широком смысле, преадаптация рассматривается «как ответ на вызовы растущей неопределенности, сложности и разнообразия. В стабильном мире, где решения принимаются на основе прежнего опыта, преадаптация не выходит на передний план [7]». Например, в условиях централизованной экономики советского периода учителя и выпускники имели четкое представление о том, какие профессии будут востребованы, какие компетенции необходимо приобрести молодому специалисту, какой жизненный уклад ожидает человека в будущем. Сегодня появилось понимание, что часть профессий в скором времени исчезнет с рынка труда, запрос на специалистов некоторых областей значительно снизится, а 5-летний образовательный цикл может устареть еще до конца обучения. Такая ситуация неопределенности характерна и для естественнонаучного образования в школе. Решение типовых задач на отличную отметку более не является залогом успешности в будущем. Напротив, это может обрекать выпускника на неудачи в условиях неопределенности. Необходимо вовлекать обучающихся в выполнение проектов, выходящих за рамки школьного учебника. Эффективным способом воспитания конкурентоспособных в глобальном смысле кадров является решение задачи научить школьников ставить задачу, планировать этапность ее решения, оперативно

приобретать новые компетенции, зачастую самостоятельно или с помощью учителя формировать индивидуальную образовательную траекторию. Эти навыки становятся важным преимуществом на рынке труда и требуют разработки новых подходов в области методики обучения биологии.

Во исполнение Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 года № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» решением президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2018 года был утверждён паспорт Национального проекта «Наука», в котором определены ключевые цели нацпроекта — «обеспечение присутствия Российской Федерации в числе пяти ведущих стран мира, осуществляющих научные исследования и разработки в областях, определяемых приоритетами научно-технологического развития, обеспечение привлекательности работы в Российской Федерации для ведущих российских и зарубежных учёных и молодых перспективных исследователей, увеличение внутренних затрат на научные исследования и разработки» [66, 67].

В числе задач Национального проекта «Наука» определена необходимость «создания научных центров мирового уровня, включая сеть международных математических центров и центров геномных исследований» [66], а в структуре Национального проекта заложен федеральный проект «Развитие кадрового потенциала в сфере исследований и разработок» [36]. Это означает, что заинтересованность страны в конкурентоспособных кадрах биомедицинского профиля, способных инициировать и реализовать качественные проекты, растёт, а предложение не соответствует спросу.

Появление новых векторов развития отечественной экономики, колоссальный разрыв между содержанием программ среднего общего образования по биологии и передовыми научно-технологическими разработками, стремительно входящими в повседневную практику, бесконечный поток информации, доступный школьнику в эпоху Интернета, неадекватный ответ на растущий спрос кадрового рынка и многие

другие предпосылки обосновали необходимость существенных изменений в системе отечественного образования. Одним из результатов преобразований стал Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» [93], вступивший в силу пять лет назад и заложивший нормативно-регуляторные основы российской системы образования. В соответствии со статьёй 11 Федерального закона «совокупность требований, обязательных при реализации основных образовательных программ начального общего, основного общего, среднего (полного) общего, начального профессионального, среднего профессионального и высшего профессионального образования образовательными учреждениями, имеющими государственную аккредитацию» сформулирована в Федеральных государственных образовательных стандартах (далее — ФГОС) [92, 93].

Во ФГОС среднего общего образования, формулирующем требования для ступени, когда старшеклассники определяют свой выбор профессии, отмечено, что «методологической основой Стандарта является системно-деятельностный подход, направленный на «формирование готовности обучающихся к саморазвитию и непрерывному образованию» [3, 64, 77, 80, 90, 92]. Представленное формальным языком требование описывает новый, критически важный запрос к школе, при котором образовательное учреждение не может ограничиваться только задачей освоения (заучивания) определённого объёма материала. ФГОС выдвигает существенно более сложное требование – научить школьников учиться, научить их инициировать, формулировать и выполнять задачу (проект), а также анализировать (осмысливать) результат своей работы. Андреева Н.Д. отмечает, что «при реализации ФГОС необходимо использовать новые технологии обучения, изменять формы и процедуры оценки образовательных результатов по биологии на основе компетентностного подхода [1].

Применительно к программам по биологии представленные выше требования к образовательным результатам для базового уровня предполагают «владение основными

методами научного познания, используемыми при биологических исследованиях живых объектов и экосистем» [92], «сформированность умений объяснять результаты биологических экспериментов» [77, 92]. При освоении углублённого курса биологии требуется «владение методами самостоятельной постановки биологических экспериментов, описания, анализа и оценки достоверности полученного результата» [77, 92]. Естественно предположить, что именно углублённый уровень освоения предмета является индикатором эффективности ответа системы школьного образования на формирующийся высокий запрос рынка труда в области биомедицинских специальностей.

ФГОС для 10 – 11 классов «является основой для разработки примерных основных образовательных программ среднего общего образования; разработки программ учебных предметов, курсов, учебной литературы, контрольно-измерительных материалов; организации образовательной деятельности в учреждениях, осуществляющих образовательную деятельность, реализующих основную образовательную программу, независимо от их организационно-правовых форм и подчинённости» [63, 92].

С.В.Суматохин отмечает, что «в примерных программах по учебным предметам представлено обобщённое содержание в виде набора предметных тем (дидактических единиц) по всем учебным предметам. Примерные программы по учебным предметам не устанавливают последовательность изучения предметных тем (дидактических единиц) и не определяют нормативы учебного времени, отводимые на изучение данной предметной темы. Учебный план – документ, который определяет перечень, трудоёмкость, последовательность и распределение учебных предметов по периодам обучения. В соответствии со стандартом и с учётом примерной программы коллективы учёных и педагогов разрабатывают авторские учебные программы и создают учебники и пособия для учащихся и учителей. Авторских учебных программ и учебников по

одному учебному предмету может быть несколько. Учителя и родители могут выбирать программы и учебники» [26, 57 – 59, 80, 81].

Полагаем, что в современной школе нет чёткой связи между предметом «Биология» и прикладными технологическими областями, создание которых стало возможно благодаря открытиям в фундаментальной области наук о жизни. Для того, чтобы проиллюстрировать этот тезис можно обратиться к существующей формальной структуре преподавания данного предмета.

Знания, полученные на этапе начального общего и основного общего образования, закладывают основу знакомства с живым организмами на уровне их места в экосистеме, организменном, системном и клеточном уровнях жизнедеятельности. На этапе начального общего образования «изучение предмета «Окружающий мир» в 1 – 4 классах направлено на получение школьниками знаний о единстве и различиях природного и социального; о человеке и его роли в природе и обществе, о культуре и истории России». Таким образом, завершая начальное общее образование, школьник имеет общее представление об уровне подходе к изучению живого организма – организм, система, орган; о строении тела человека, о системах организма человека и их функциях; о здоровом образе жизни и факторах, неблагоприятно влияющих на здоровье человека; о роли человека в экосистеме; о взаимодействии человека с природой и о том, как деятельность человека положительным и отрицательным образом влияет на природу [39].

Знания, полученные в рамках курса «Окружающий мир», расширяются при изучении биологии в основном общем образовании. «В примерной программе основного общего образования по учебному предмету «Биология» выделены разделы: «Живые организмы», «Человек и его здоровье», «Общие биологические закономерности»» [80].

Обучение биологии в 5 – 9 классах должно быть направлено на формирование биологической и экологической грамотности, расширять бытовые представления учащихся об уникальных особенностях живой природы, её многообразии и эволюции,

человеке как биосоциальном существе, развивать компетенции в решении практических задач, связанных с живой природой [8, 54 – 55, 60, 62, 64, 65].

Профильный этап биологического образования реализуется на уровне среднего общего образования в 10 – 11 классах. На профильном этапе учебный предмет «Биология» относится к предметам по выбору. В зависимости от профиля учебный предмет «Биология» может изучаться на базовом или углублённом уровне.

На базовом уровне изучение учебного предмета «Биология» направлено на освоение учащимися знаний о биологических системах (клетка, организм, вид, экосистема); истории развития современных представлений о живой природе; выдающихся биологических открытиях; роли биологии в формировании естественно-научной картины мира. Понимание биосферы и участия в ней человека как личности и как вида оказывает влияние на понимание роли учащегося в более масштабном процессе.

На углублённом уровне изучение учебного предмета «Биология» направлено на освоение учащимися знаний об основных биологических теориях, идеях и принципах; о методах биологических наук (цитологии, генетики, селекции, биотехнологии, экологии); строении, многообразии и особенностях биологических систем (клетка, организм, популяция, вид, экосистема, биосфера); выдающихся биологических открытиях и современных исследованиях в биологии. Целью изучения учебного предмета «Биология» на углублённом уровне является подготовка школьников к дальнейшему профессиональному образованию.

Таким образом, обучение биологии в российских школах чётко структурировано, ясно выражено, методически обосновано, но не отражает прорывных научно-технологических достижений отечественной и зарубежной биомедицинской отрасли. Это означает, что современная российская школа не в состоянии сформировать адекватный ответ на запрос кадрового рынка в биомедицинской сфере, являющейся одним из основных драйверов развития российской и глобальной экономики [6, 49, 84].

Обратимся к исследованию опыта внедрения современных образовательных технологий за рубежом [25, 42, 65, 74, 75, 89]. Мы ознакомились с опытом обогащения предметной среды обучения биологии в американских школах. При проведении исследования был изучен опыт работ четырёх американских школ, выпускники которых поступают в лучшие университеты страны и являются инициаторами (в том числе, потенциальными) инновационных стартапов в биомедицинской сфере. Перечислим данные школы: школа Пингри, Нью-Джерси, США (<https://www.pingry.org/>); школа Сидуэлл Френдс, округ Колумбия, США (<https://www.sidwell.edu/>); школа Барри, Мэриленд, США (<https://www.barrie.org/>) и, наконец, школа Нешинел Катедрал, округ Колумбия, США (<https://ncs.cathedral.org/>).

Мировое научное сообщество едино во мнении, что в отличие от точных наук, биология не создаёт оформленной теоретической базы [114 – 116, 118, 119]. В ней не существует системы чётко организованных формулировок, выраженных с математической точностью [120]. Как следствие, без понимания практической биологии, ученик обречён на заучивание данных без формирования причинно-следственных связей и отсутствие формирования рабочего осознания предмета с целью использования получаемых данных в будущем.

В странах, где развит биомедицинский сегмент национальной экономики, предусмотрены шаги к тому, как обеспечить контакт учеников средней и старшей школы с наукой. Одним из методов является комплекс мер, направленный на повышение интереса учёных в работе со старшеклассниками [103, 104, 106]. Например, для обогащения образовательного процесса экспериментально-практическими работами предусмотрено выделение грантов школьным учителям для совместной работы со старшеклассниками в молекулярно-биологических лабораториях университетов. В бюджет такого гранта входит оплата реагентов, амортизация лабораторного оборудования, зарплаты учителя и даже стипендии школьникам. Со своей стороны учёные также заинтересованы в этих стажировках, так как рейтинг их грантовых заявок

на финансирование исследовательской работы повышается, если в них содержится важный раздел об их общественно полезной деятельности по популяризации науки и технологий. Опыт перечисленных выше американских школ включает такое сотрудничество с университетскими исследовательскими лабораториями в каникулярное время.

Другим подходом является повышение практической квалификации школьных учителей за счёт направленного финансирования школьных лабораторий. Закупки оборудования и реагентов предусмотрены в процессе повышения квалификации учителей в академических лабораториях и на курсах по теме практического использования биологического образования в биотехнологической карьере.

Одним из подходов для качественного усвоения учебного материала является визуализация сложных молекулярно-биологических и биохимических процессов. Биологический процесс описан в литературе как цепочки влияющих друг на друга процессов, которые формируют систему [95, 106, 111, 112]. Визуализация этих цепочек – незаменимый инструмент для их понимания. Создание таких научно-популярных видеороликов дорого, сложно и вряд ли осуществимо в стенах школы, однако, такие материалы широко доступны в сети Интернет. Многие исследовательские и образовательные центры размещают в свободном доступе научные мультипликации на своих сайтах.

Одним из надёжных источников такой мультимедийной информации является «Образовательный центр ДНК» (DNA-Learning Center, <https://www.dnalc.org/>) лаборатории «Колд Спринг Харбор» в Нью-Йорке (<https://www.cshl.edu/>). По сравнению со статичными иллюстрациями учебников эти анимации позволяют в динамике наблюдать процессы взаимодействия сложных биологических молекул. Например, учащиеся могут видеть трёхмерное изображение процесса синтеза белка на рибосоме [45]. В классе учитель знакомит обучающихся с таким роликом, просматривая всю анимацию полностью (длительность мультипликации, как правило, не превышает трёх

минут), а также проводя покадровую остановку ролика для обсуждения его с обучающимися и нахождения связи со страницами учебника биологии. Такая деятельность могла бы быть вполне доступной в стенах российских школ. Часть анимационных роликов снабжена звуковой дорожкой на английском языке, что может рассматриваться и как недостаток, и как преимущество такого информационного источника. Во-первых, российскому ученику может быть интересно понять голос диктора и с помощью учителя-биолога попытаться соотнести своё понимание процесса с тем, что получается услышать на экране. С другой стороны, звуковые сопровождения визуализации, как правило, просты, с языковой точки зрения, и используют созвучные на русском и английском языках термины, например, молекула и *molecule*, рибосома и *ribosome*. Это чрезвычайно полезная междисциплинарная практика.

Ещё одним полезным аспектом внедрения информационных технологий в учебный процесс американских школ при обучении биологии является знакомство обучающихся с компьютерным анализом биологических данных. Технологии обработки больших массивов данных, интегрирующих данные геномики, протеомики, транскриптомики, липидомики и других «омик», на глазах меняют подходы в диагностике и лечении широкого спектра заболеваний человека. Здравоохранение будущего невозможно представить без геномного паспорта пациента, а современная биология из естественно-научной дисциплины становится точной наукой.

Таким образом, с одной стороны, важность биоинформатических технологий становится все более ощутимой в повседневной жизни. С другой стороны, пальцев одной руки хватит на подсчёт всех российских общеобразовательных учреждений, в расписании уроков которых появился предмет биоинформатика. О том, что это профессия завтрашнего дня, не подозревают российские старшеклассники, стоящие перед профессиональным выбором.

Другим подходом, который только начинает приобретать популярность и содержательное наполнение в России, но давно используется во внеурочной работе

американскими школьниками, является использование технологий 3D-моделирования и аддитивного производства для самостоятельного построения учащимися трёхмерных моделей биологических молекул и объектов.

В кабинетах биологии российских школ можно встретить трёхмерные модели ДНК, которые мало пригодны для коллективной работы. Модели непрочны, приходят в негодность при активном использовании, не являются конструктором, который может быть собран-разобран при изучении структурных элементов биологического объекта. Современные технологии трёхмерного прототипирования позволяют ученику самому подготовить учебное пособие – структурную модель выбранной им биомолекулы, раскрасить ее (например, отметив различными цветами основания ДНК и атомы сахарофосфатного остова), а затем проанализировать созданную модель. Эта работа позволяет лучше понять, как «работает» конкретная биологическая молекула [42].

В общем виде подход может быть таким: после того, как в результате обсуждения с учителем выбрана интересующая молекула, информация о её трёхмерной структуре сгружается из общедоступной компьютерной базы данных, а затем модель изготавливается с помощью современных 3D-принтеров. Материалом может служить нейлон, пластик и другие материалы. Ниже приведены изображения биологических комплексов, выполненных учениками школы Пингри (рис. 3) [111]. Такая деятельность имеет не только образовательный характер, но и предполагает возможность коммерциализации изготовленных продуктов. Американские школьники получали заказы на изготовление тех или иных биологических объектов, школа заключала контракт с заказчиком, при этом средняя стоимость представленных моделей составляла 500 долларов США. Для учащихся такие контракты служили индикатором осмысленности своей работы и сильным стимулом для качественного выполнения проекта.

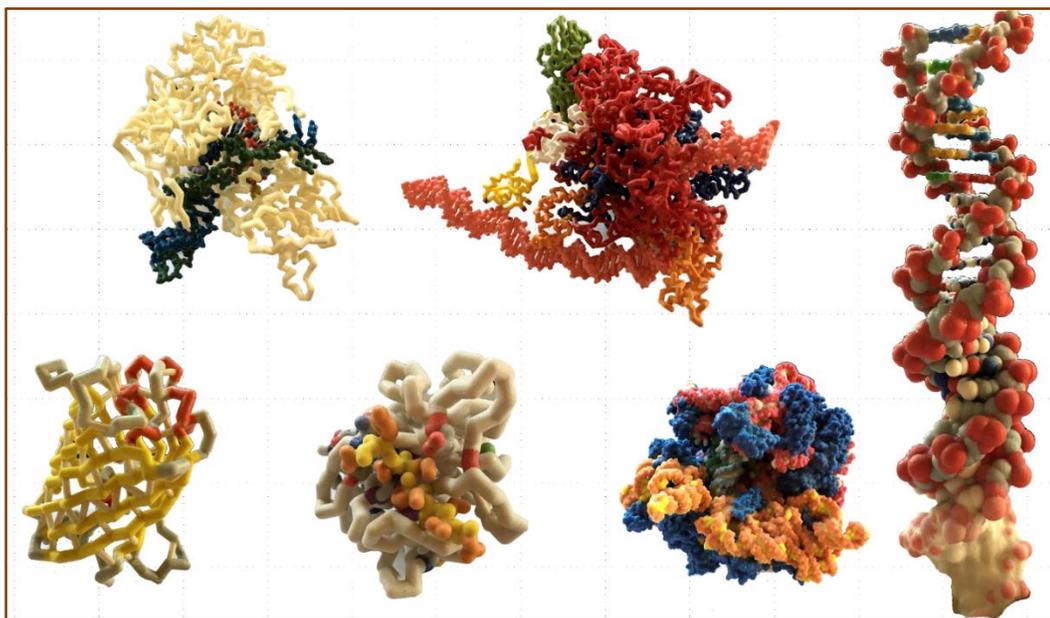


Рисунок 3 – 3D-модели биологических молекул и комплексов, созданные в школе Пингри, Нью-Джерси, США [111]

В России такие работы могли бы выполняться в кабинетах технологии, Центрах молодёжного инновационного творчества, ФабЛабах, кружках, Кванториумах и иных организациях, активно сотрудничающих со школами в большинстве регионов страны. Полученные модели раскрашиваются учащимися и используются как для изучения структуры макромолекулы, так и для оценки возможности взаимодействия с другими молекулами (например, изучение связывания белка с ДНК) и образования комплексов (например, сложение субъединиц рибосомы). Вся эта деятельность сопровождается работой с литературой, подготовкой рефератов и выступлением школьников с докладами о выполненном проекте [15, 42].

Приведём пример административной практики в перечисленных американских школах, который продемонстрирует принципиально разные возможности творческой реализации российского и американского учителя. В американской школе учитель имеет право на своё усмотрение провести закупку необходимых расходных материалов со своей банковской карты без предварительного согласования с администрацией школы и

предъявить выписку о покупке в электронной форме для возмещения трат. Лимиты могут варьироваться, но стоимость однократной покупки может составлять несколько тысяч долларов США. Российский учитель не может мечтать о подобном кредите доверия со стороны проверяющих органов, что не только не позволяет оперативно претворять в жизнь творческие инициативы, но и удушает все возможные инициативы на корню.

## **§2. Анализ педагогической практики проведения экспериментальных работ в образовательном процессе по биологии**

Современный учитель биологии работает в эпоху масштабного обновления системы образования. Главный смысл модернизации образования заключается в достижении качественных образовательных результатов, что тесно связано с современными видами учебной деятельности, определяемыми использованием инновационных образовательных технологий, методов, организационных форм и средств обучения. Результаты работы учителя оцениваются умениями его учеников, уровнем самостоятельности учащихся на уроке, отношением учащихся к предмету, учителю, друг к другу, воспитательной и развивающей подвижностью личности, возникшей в ходе урока. Иными словами, средствами, влияющими на мотивационную составляющую в изучении предмета, которая, в свою очередь, помогает профессиональной ориентации и развитию элементарных профессиональных навыков. Целью анализа, представленного в данной главе, было определение уровня применимости экспериментально-практических работ в предметной среде обучения биологии в образовательных учреждениях.

Проведенный нами анализ педагогической практики по проблеме проведения экспериментальных работ в предметной среде обучения биологии позволил еще раз подтвердить обоснованность оценки эффективности образовательного процесса,

сделанной Тряпициной А.П. и Кондаковой И.Э. Авторы [89] выделяют несколько показателей эффективности, в том числе, качество имеющегося УМК, разнообразие используемых образовательных технологий и наличие современных форм организации обучения. Целевой аудиторией в нашем исследовании являлись учителя биологии различных типов общеобразовательных учреждений различных субъектов РФ. Были определены следующие задачи исследования:

1. выявить наиболее трудные для восприятия учащимися темы программ, исходя из:
  - a. рекомендованных и допущенных Министерством просвещения России предметных линий учебников биологии;
  - b. частоты использования данных линий в образовательном процессе;
  - c. тематик образовательных программ в соответствии с содержанием курсов (не менее пяти) наиболее часто используемых авторских линий;
2. выявить наиболее эффективные методы, используемые учителем для повышения интереса обучающихся к предмету;
3. выявить место экспериментально-практической предметной среды обучения биологии в проведении данной работы;
4. выявить регулярность проведения экспериментальных практикумов по биологии в соответствии с авторскими программами для 9 – 11 классов, а также факторы, способствующие или ограничивающие данную работу;
5. выявить, какие иные методы используют учителя для повышения уровня усвоения материала обучающимися в рамках ведения образовательной деятельности;
6. в случае наличия подобных методов определить корреляцию между типом общеобразовательного учреждения и полученными ответами;
7. выявить корреляцию между полученными ответами и уровнем изучения материала (базовым, углубленным, дополнительным).

Данное исследование было проведено в несколько этапов в 2016 году. На этапе 1 был проведён аналитический обзор информационных источников и сделан выбор

оптимального перечня предметных линий учебников биологии. На этапе 2 была сформирована фокус-группа, составлена анкета, проведена её апробация и с учётом корректировок, предложенных во время апробации, проведён опрос учителей биологии. На этапе 3 сделан анализ результатов проведённого исследования. Авторские коллективы разработали и реализовали в учебниках каждой предметной линии определённый аппарат организации усвоения материала. Созданные учебно-методические комплекты включают тематическое и поурочное планирование, рабочие тетради, задачки, книги для чтения. При этом в каждом учебно-методическом комплекте учебник играет координирующую роль.

Обучение в старших классах общеобразовательных школ осуществляется на базовом и углубленном уровнях. В связи с изменениями в содержании биологического образования, отражёнными в федеральных государственных образовательных стандартах, постоянно совершенствуются требования к учебникам нового поколения для старшей школы. Для 10 – 11-х классов в федеральный перечень включён 21 учебник биологии. Обучение биологии на базовом уровне может осуществляться по семи предметным линиям учебников [83].

Для проводимого опроса за основу были взяты следующие предметные линии:

- авторская линия Пасечника В.В.,
- авторская линия Сониной Н.И.,
- авторская линия Сивоглазова В.И.,
- авторская линия Пономаревой И.Н.

Для проведения анкетирования была составлена анкета-опросник, содержащая 36 вопросов, из которых вопросы 1 – 11 являлись паспортной частью опросника: стаж работы, тип образовательного учреждения, формы образования и т.д.; вопросы 12 – 30 определяли основные проблемные подтемы курса биологии. Вопросы 5, 6, 35, 36 имели открытую форму ответа, респонденты должны были вписать ответ. Вопросы 4, 7, 9, 11, 31, 32, 33, 34 были составлены с учетом возможности индивидуального ответа.

Остальные вопросы имели закрытую форму, где респонденты должны были выбрать ответ из предложенных. Закрытая форма для большинства вопросов была выбрана для того, чтобы облегчить процесс анкетирования.

Для обеспечения содержательной валидности анкеты был проведен экспертный опрос. В роли экспертов выступили 10 сотрудников общеобразовательных учреждений, научно-исследовательских институтов Российской академии наук и Московского городского педагогического университета, трое из которых имеют степень доктора биологических и педагогических наук, шестеро являются кандидатами биологических и педагогических наук. Все эксперты занимаются научно-педагогической деятельностью по специальности более 15 лет. Проверка внешней валидности производилась путём телефонного интервьюирования, когда респонденты указывали все неясные/непонятные формулировки и давали собственное понимание формулировок вопросов. После проверки внешней валидности была уточнена формулировка следующих вопросов:

- Вместо «Учебная нагрузка» появилась формулировка «Общая нагрузка» с возможностью внесения открытых ответов в раздел «Учебная нагрузка» и «Дополнительная предметная нагрузка»;
- Вместо «Наличие опыта работы вне школы» с открытыми вариантами ответов появилась формулировка «Основное место работы» с закрытыми вариантами ответов:
  - «Да, являюсь основным работником в школе»
  - «Нет, работаю совместителем»
- Открытый вопрос «В каких параллелях Вы работаете» был заменён на закрытый со следующими вариантами ответов:
  - «5 – 8»;
  - «9»;
  - «10 – 11».

Вместо открытых вариантов ответа были даны закрытые варианты ответов с выбором одного варианта. Кроме того, была изменена последовательность вопросов в анкете. На основании корректировок была составлена следующая анкета-опросник (таблица 2) для учителей биологии.

Таблица 2 – Анкета опросник

Наименование анкеты: «БИОЛОГИЯ В ШКОЛЕ. Анкета учителя»	
Раздел 1: «Образовательное учреждение»	
1. Тип образовательного учреждения	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• общеобразовательная школа</li> <li>• гимназия</li> <li>• лицей</li> <li>• негосударственное образовательное учреждение</li> </ul>	
2. Количество обучающихся в школе	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• малочисленная</li> <li>• до 500</li> <li>• 500 – 1000</li> <li>• более 1000</li> </ul>	
3. Регион	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• г. Москва</li> <li>• г. Санкт-Петербург</li> <li>• Алтайский край</li> <li>• Амурская область</li> <li>• Архангельская область</li> <li>• Астраханская область</li> <li>• Белгородская область</li> <li>• Брянская область</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Пермский край</li> <li>• Приморский край</li> <li>• Псковская область</li> <li>• Республика Адыгея</li> <li>• Республика Алтай (Горный Алтай)</li> <li>• Республика Башкортостан</li> <li>• Республика Бурятия</li> <li>• Республика Дагестан</li> </ul>

- Владимирская область
- Волгоградская область
- Вологодская область
- Воронежская область
- Еврейская автономная область
- Забайкальский край
- Ивановская область
- Иркутская область
- Кабардино-Балкарская Республика
- Калининградская область
- Калужская область
- Камчатский край
- Кемеровская область
- Кировская область
- Костромская область
- Краснодарский край
- Красноярский край
- Курганская область
- Курская область
- Ленинградская область
- Липецкая область
- Магаданская область
- Московская область
- Мурманская область
- Республика Ингушетия
- Республика Калмыкия
- Республика Карачаево-Черкессия
- Республика Карелия
- Республика Коми
- Республика Марий Эл
- Республика Мордовия
- Республика Саха (Якутия)
- Республика Северная Осетия-Алания
- Республика Татарстан
- Республика Тыва
- Республика Хакасия
- Ростовская область
- Рязанская область
- Самарская область
- Саратовская область
- Сахалинская область
- Свердловская область
- Смоленская область
- Ставропольский край
- Тамбовская область
- Тверская область
- Томская область
- Тульская область
- Тюменская область
- Удмуртская Республика
- Ульяновская область

- |  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ненецкий автономный округ</li> <li>• Нижегородская область</li> <li>• Новгородская область</li> <li>• Новосибирская область</li> <li>• Омская область</li> <li>• Оренбургская область</li> <li>• Орловская область</li> <li>• Пензенская область</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Хабаровский край</li> <li>• Ханты-Мансийский автономный округ - Югра</li> <li>• Челябинская область</li> <li>• Чеченская республика</li> <li>• Чувашская Республика</li> <li>• Чукотский автономный округ</li> <li>• Ямало-Ненецкий автономный округ</li> <li>• Ярославская область</li> </ul> |
|--|---|

#### 4. Специализация

- естественно-научная
- физико-математическая
- гуманитарная
- экономическая
- правовая
- нет специализации
- другое (укажите)

#### 5. Стаж работы учителем биологии (укажите)

#### 6. Общая нагрузка (количество часов)

- учебная нагрузка
- дополнительная предметная нагрузка

#### 7. Основное место работы

- являюсь основным работником в школе
- работаю совместителем
- другое (укажите)

#### 8. В каких параллелях Вы работаете

- 5-8

- 9
- 10-11

9. Предметная линия учебников, по которой Вы работаете (учебник)

- авторская линия Пономаревой И.Н.
- авторская линия Дымшица Г.М.
- авторская линия Никишова А.И.
- авторская линия Сивоглазова В.И.
- авторская линия Пасечника В.В.
- авторская линия Сониной Н.И.
- другое (укажите)

10. Уровень изучения

- базовый
- профильный
- базовый и профильный

11. Иные формы образования по биологии в школе

- кружки
- факультативы
- подготовка рефератов, эссе, докладов
- конференции
- лекции приглашенных ученых
- проектная деятельность
- не существуют
- другое (укажите)

**Раздел 2: «Изучаемые темы». Выберите наиболее сложные для усвоения обучающимися темы:**

12. Организм человека и его строение:

- Строение и химический состав клетки

- Ткани
- Органы. Системы органов

### 13. Нейро-гуморальная регуляция физиологических функций

- Спинной мозг
- Головной мозг
- Рефлекторная дуга
- Вегетативная нервная система
- Железы внутренней секреции
- Гуморальная регуляция
- Гипоталамо-гипофизарная система

### 14. Кровь и кровообращение

- Кровеносная система
- Внутренняя среда
- Сердце
- Иммуитет
- Группы крови
- Кровь

### 15. Дыхание

- Дыхательная система
- Строение лёгких
- Газообмен в лёгких и тканях
- Заболевания дыхательной системы

### 16. Пищеварение

- Питательные вещества
- Пищеварение в ротовой полости
- Пищеварение в желудке
- Пищеварение в кишечнике

- Регуляция процессов пищеварения
- Заболевания пищеварительной системы

#### 17. Обмен веществ и энергии. Выделение. Терморегуляция.

- Анаболизм. Катаболизм
- Обмен белков
- Обмен жиров
- Обмен углеводов
- Водный и минеральный обмен
- Выделительная система
- Почки
- Регуляция работы выделительной системы
- Кожа
- Терморегуляция

#### 18. Система опоры и движения

- Кость. Строение и классификация костей
- Соединения костей
- Скелет человека
- Первая помощь при травмах
- Мышца как орган
- Мышцы человека
- Работа и утомление мышц

#### 19. Органы чувств и восприятие

- Анализатор
- Зрительный анализатор
- Слуховой анализатор

#### 20. Химический состав клетки

- Углеводы

<ul style="list-style-type: none"><li>• Липиды</li><li>• Белки и их функции</li><li>• Ферментативные реакции</li><li>• Нуклеиновые кислоты</li></ul>
<p>21. Цитология</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Ядро, хромосомы</li><li>• Одномембранные органоиды</li><li>• Двумембранные органоиды</li><li>• Немембранные органоиды</li><li>• Эукариотическая и прокариотическая клетка</li></ul>
<p>22. Процессы клеточного обмена</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Фотосинтез</li><li>• Клеточное дыхание. Брожение</li></ul>
<p>23. Биосинтез белка</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Генетический код</li><li>• Удвоение ДНК</li><li>• Транскрипция</li><li>• Трансляция</li><li>• Регуляция работы гена</li></ul>
<p>24. Размножение организмов</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Митоз</li><li>• Мейоз</li></ul>
<p>25. Индивидуальное развитие организмов</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Дробление</li><li>• Гастрюляция</li><li>• Органогенез</li><li>• Постэмбриональное развитие</li></ul>

<p>26. Наследственность</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Законы Менделя</li><li>• Наследование, сцепленное с полом</li><li>• Сцепленное наследование</li><li>• Взаимодействие генов</li><li>• Медицинская генетика</li></ul>
<p>27. Изменчивость</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Модификационная</li><li>• Наследственная</li></ul>
<p>28. Генетика и селекция</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Методы селекции</li><li>• Биотехнология</li><li>• Методы генной инженерии</li><li>• Современные биотехнологии</li></ul>
<p>29. Эволюция</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Доказательства эволюции</li><li>• Механизмы эволюционного процесса</li><li>• Возникновение и развитие жизни на Земле</li></ul>
<p>30. Происхождение человека</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Сходство человека и животных</li><li>• Эволюция человека</li><li>• Человеческие расы</li></ul>
<p><b>Раздел 3: «Ваше мнение»</b></p>
<p>31. Требования ФГОС среднего общего образования к предметным результатам освоения базового курса биологии: сформированность представлений о роли и месте биологии в современной научной картине мира; понимание роли биологии в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических задач; владение основополагающими понятиями и представлениями о живой природе, её уровневой организации и эволюции; уверенное пользование</p>

биологической терминологией и символикой; владение основными методами научного познания, используемыми при биологических исследованиях живых объектов и экосистем: описание, измерение, проведение наблюдений; выявление и оценка антропогенных изменений в природе; сформированность умений объяснять результаты биологических экспериментов, решать элементарные биологические задачи; сформированность собственной позиции по отношению к биологической информации, получаемой из разных источников, к глобальным экологическим проблемам и путям их решения

- считаю реализуемыми
- считаю реализуемыми в какой-то степени
- считаю трудно реализуемыми
- другое (укажите)

32. Требования ФГОС среднего общего образования к предметным результатам освоения углублённого курса биологии: сформированность системы знаний об общих биологических закономерностях, законах, теориях; сформированность умений исследовать и анализировать биологические объекты и системы, объяснять закономерности биологических процессов и явлений; прогнозировать последствия значимых биологических исследований; владение умениями выдвигать гипотезы на основе знаний об основополагающих биологических закономерностях и законах, о происхождении и сущности жизни, глобальных изменениях в биосфере; проверять выдвинутые гипотезы экспериментальными средствами, формулируя цель исследования; владение методами самостоятельной постановки биологических экспериментов, описания, анализа и оценки достоверности полученного результата; сформированность убеждённости в необходимости соблюдения этических норм и экологических требований при проведении биологических исследований

- считаю реализуемыми
- считаю реализуемыми в какой-то степени
- считаю трудно реализуемыми
- другое (укажите)

33. Что повышает интерес обучающихся к предмету?

- выполнение экспериментальных практикумов
- научно-популярные статьи и сайты
- лекции ученых в очном и дистанционном форматах

<ul style="list-style-type: none"> <li>• другое (укажите)</li> </ul>
<p>34. Хотели бы Вы регулярно проводить экспериментальные работы? Обоснуйте, пожалуйста, свой ответ.</p> <p>Да</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• это требование программы</li> <li>• освоение биологии невозможно без проведения экспериментов</li> <li>• только во внеурочное время</li> <li>• другое (укажите)</li> </ul> <p>Нет</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• высокая преподавательская нагрузка</li> <li>• сильная загруженность обучающихся</li> <li>• низкая заинтересованность обучающихся предметом</li> <li>• отсутствие навыков лабораторной работы</li> <li>• недооснащенность кабинета биологии</li> <li>• отсутствие реагентов и расходных материалов</li> <li>• мало предметных часов</li> <li>• другое (укажите)</li> </ul>
<p>35. Если у Вас пожелания и комментарии по анкете, Вы можете воспользоваться этой формой.</p>
<p>36. Просим указать Ваши контактные данные (по желанию)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ФИО</li> <li>• Наименование ООУ</li> <li>• E-mail</li> <li>• Телефон</li> </ul>

В рамках исследования опрос был запущен на сайте [www.biologica.org](http://www.biologica.org), а также через рассылку по подведомственным организациям ГАОУ ВО города Москвы «Московский городской педагогический университет». В результате в опросе приняли

участие 311 респондентов из образовательных учреждений общего профессионального образования следующих регионов: г. Москва, г. Санкт-Петербург, Алтайский край, Архангельская область, Волгоградская область, Иркутская область, Кемеровская область, Красноярский край, Ленинградская область, Московская область, Мурманская область, Новосибирская область, Псковская область, Республика Алтай (Горный Алтай), Республика Калмыкия, Ростовская область, Самарская область, Свердловская область, Томская область, Тюменская область, Удмуртская Республика, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра.

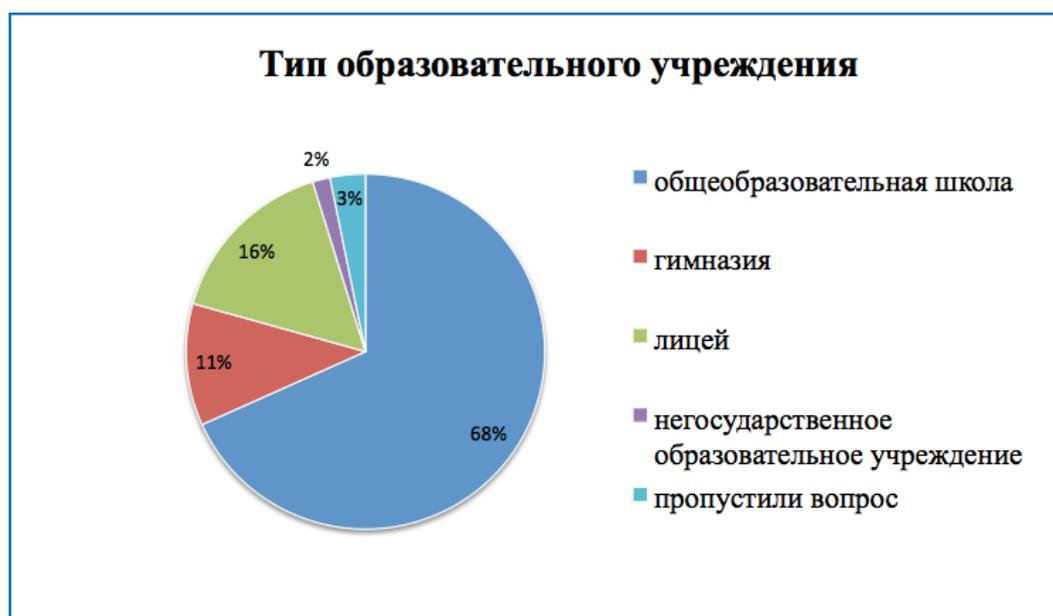


Рисунок 4 – Тип образовательного учреждения

Согласно проведённому анализу результатов анкетирования, наиболее активными респондентами данного опроса стали представители общеобразовательных школ и лицеев: 68 % и 16 % от общего числа участвующих в опросе. Более низкий отклик показали гимназии (11 %) и негосударственные образовательные учреждения (2 %) России (рис. 4).



Рисунок 5 – Количество обучающихся в школе

Показатель по среднему количеству обучающихся в школах, принявших участие в опросе, оценивается числом, превышающим 500 человек (48 % – от 500 до 1000 человек), что включает в себя обучающихся в рамках начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования, а также в некоторых случаях дошкольного и дополнительного образования детей (рис. 5).

Наиболее активно приняли участие в прохождении опроса москвичи: 19,7 % респондентов работают в московских школах (рис. 6).

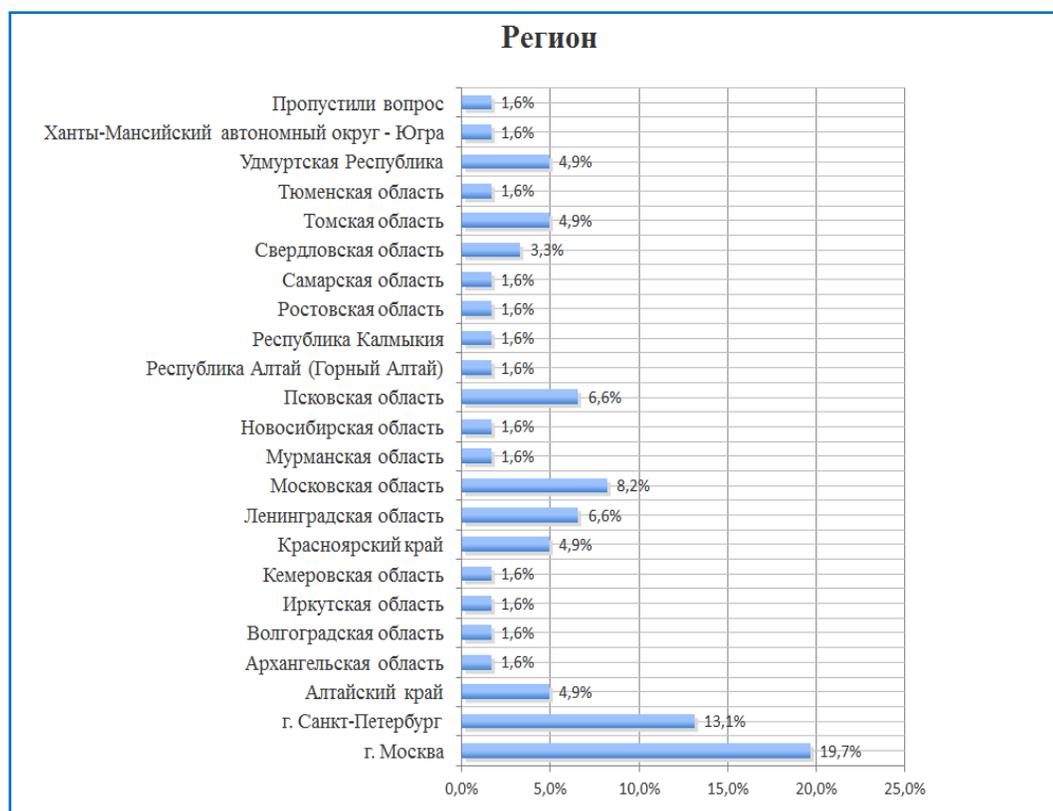
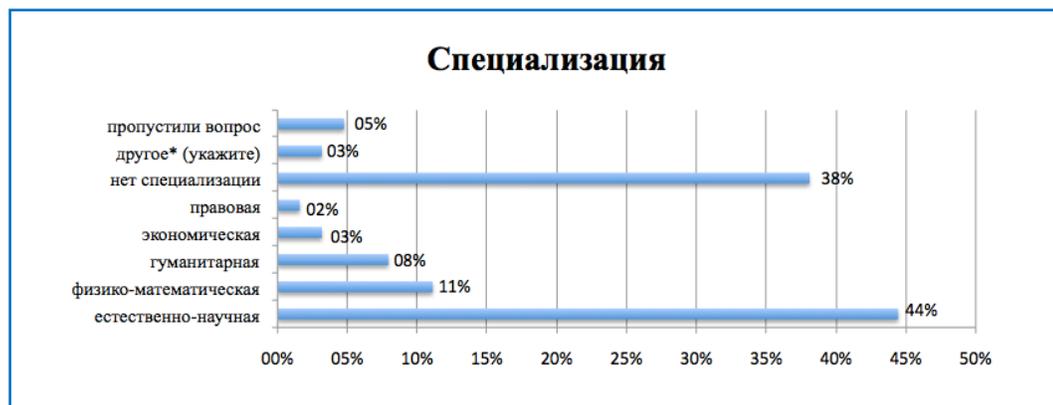


Рисунок 6 – Регионы России

Заинтересованность в прохождении опроса высказали, в основном, учителя школ естественно-научной специализации – 44 %, респондентов из школ без специализации было 38 % (рис. 7).



\* коррекционная; индивидуальные планы учащихся в старшей школе

Рисунок 7 – Специализация образовательного учреждения

Средний стаж педагогической работы респондентов составил от 20 до 29 лет (31 %), также более 30 лет для 25 % участников, что говорит о высоком качестве выборки (рис. 8).



Рисунок 8 – Стаж работы учителем биологии



Рисунок 9 – Общая нагрузка учителей биологии, принявших участие в опросе

При расчёте средней нагрузки на учителей биологии в 2016 году для 100 % респондентов выяснились следующие показатели: 22 часа (21,98 часов) в неделю составила общая учебная нагрузка (рис. 9), около 5 часов (4,86 часов) — дополнительная предметная.

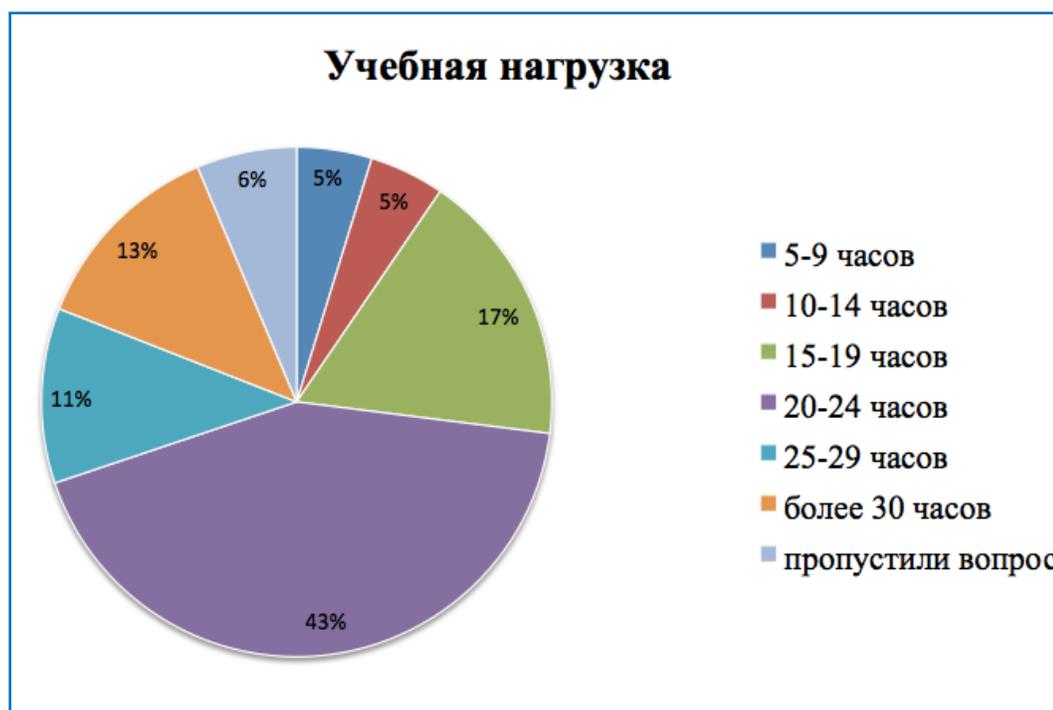


Рисунок 10 – Учебная нагрузка учителей биологии, принявших участие в опросе

Для подтверждения заданных значений данный показатель был рассмотрен более детально (рис. 10 – 11).

Стоит отметить, что у большинства респондентов — 51 % дополнительная предметная нагрузка отсутствует, а из тех учителей, которые ответили положительно на данный вопрос, усреднённая учебная нагрузка составила 18,5 часов.

В блоке «Образовательное учреждение» был также выявлен статус учителя биологии: 94 % респондентов отметили, что являются основными педагогическими работниками, 1 % — совместителями (рис. 12).

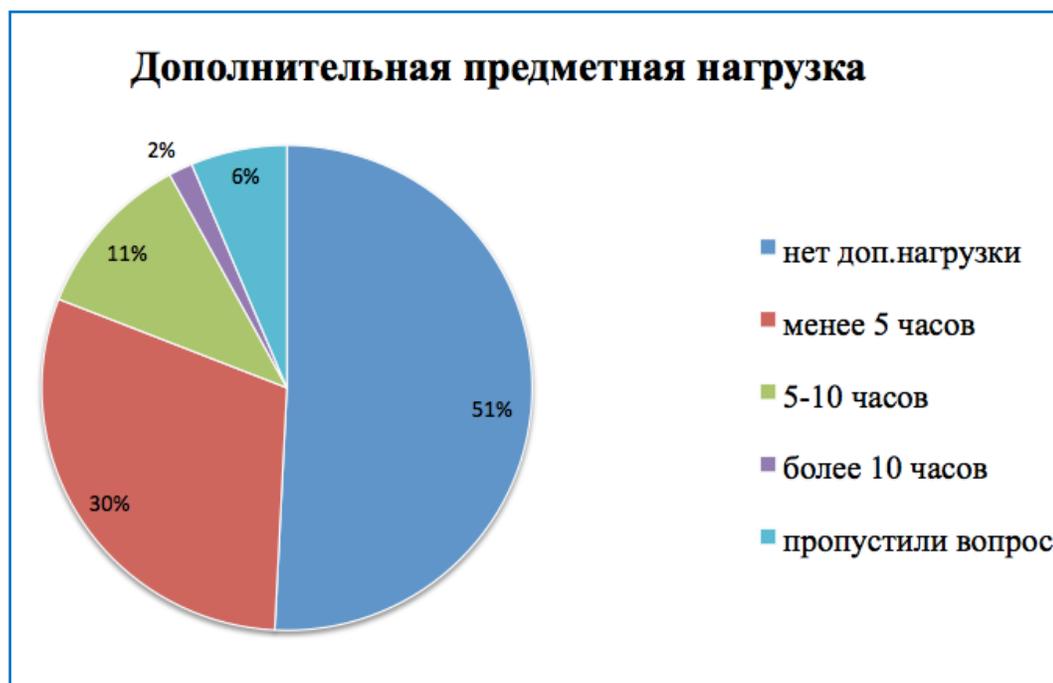


Рисунок 11 – Дополнительная предметная нагрузка учителей биологии



Рисунок 12 – Основное место работы учителей биологии

Наиболее частыми параллелями, в которых работают респонденты, стали 9-е классы — обучение в них проводят 86 % опрошенных, 81 % — участвует в обучении 5-8 классов и только 78 % — проводят обучение в рамках среднего (общего) образования (рис. 13).



Рисунок 13 – Распределение по параллелям учителей биологии

Важным пунктом стал вопрос о предметных линиях учебников, по которым работают учителя, поскольку они созданы на основе авторских программ, и, соответственно, наиболее часто встречающихся «проблемных» местах в обучении, для которых имеет смысл предоставлять альтернативные методы освоения содержания, в частности, экспериментальные практикумы. Так 38 % респондентов отметили работу по предметным линиям учебников Сониной Н. И и 38 % — Пасечника В. В. Также были указаны предметные линии учебников Романовой Н. И.; Сухоруковой Л. Н.; 5 – 6 классы Вахрушева А. А., 7 – 9 классы – Пономарёвой И. Н., 10 – 11 классы — Беляева Д. К., профильный уровень под редакцией Шумного В. К., Г.М. Дымшица (рис. 14).



Рисунок 14 – Предметные линии учебников, используемых учителями биологии

В опросе приняли участие преимущественно учителя, участвующие в базовом уровне подготовки. Значимым показателем для данного опроса является вопрос о формах образования по биологии в школе, в котором респонденты отметили участие в проектной деятельности (49 %) и факультативах (48 %).

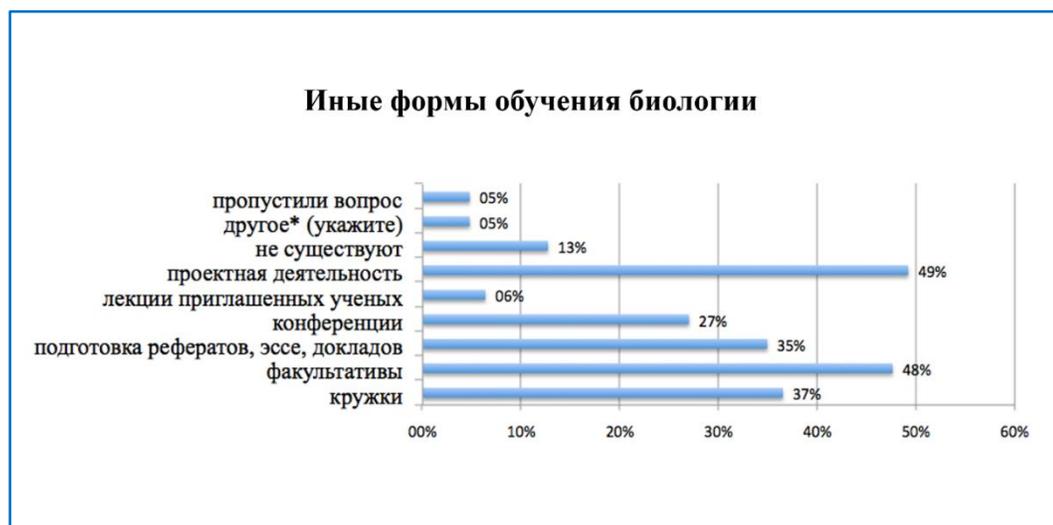


Рисунок 15 – Иные формы обучения, используемые учителями биологии

И тот, и другой показатель подразумевает под собой наличие конкретной практической деятельности, что является весомым аргументом для обозначения

потребности потенциальных потребителей в экспериментальных учебных комплектах и их массового предложения на рынке. Среди иных форм также была указана летняя практика на пришкольном участке и элективные курсы (рис. 15).

Результаты ответов респондентов на вопросы в Разделе 2 «Изучаемые темы», позволили определить наиболее проблемные темы для освоения обучающимися:

- Гипоталамо-гипофизарная система – 67 %
- Регуляция работы гена – 63 %
- Регуляция процессов пищеварения – 59 %
- Ферментативные реакции – 57 %
- Мейоз – 57 %
- Взаимодействие генов – 54 %
- Клеточное дыхание. Брожение – 52 %
- Фотосинтез – 49 %
- Газообмен в лёгких и тканях – 48 %
- Анаболизм. Катаболизм – 48 %
- Строение и химический состав клетки – 46 %
- Нуклеиновые кислоты – 43 %
- Головной мозг – 40 %
- Механизмы эволюционного процесса – 38 %
- Регуляция работы выделительной системы – 37 %
- Сцепленное наследование – 37 %
- Иммуитет – 35 %

Стоит отметить, что данные темы являются проблемными при сдаче Единого государственного экзамена по биологии. При сопоставлении результатов ЕГЭ за 2013-2018 гг. в исследовании ФИПИ и результатов ответов респондентов можно сделать вывод, что трудности вызывают одни и те же вопросы [30–35].

Данное положение полностью подтверждается в текущем исследовании. Темы, которые собрали наименьшее количество голосов респондентов:

- Системы опоры и движения;
- Органы чувств и восприятие;
- Цитология;
- Индивидуальное развитие организмов;
- Изменчивость;
- Генетика и селекция;
- Происхождение человека.

Анализ раздела 3 «Ваше мнение» показал, что большинство участников склоняются к мнению о частичной выполнимости требований ФГОС к базовому и профильным курсам – 38 % и 33 %, соответственно (рис. 16).

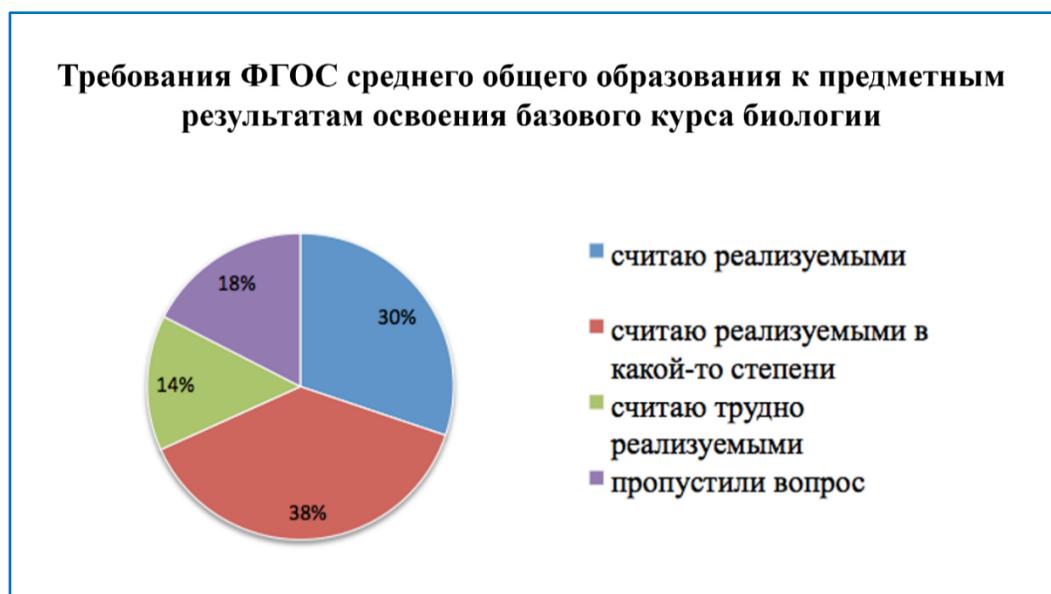


Рисунок 16 – Ответы респондентов на вопрос выполнимости требований ФГОС

Одним «камнем преткновения» из многих в данной ситуации является текущая позиция основных предметных линий учебников, которые в большинстве своём не

выходят за рамки школьного урока для развития дополнительных навыков учащихся, которые в свою очередь необходимы для глубокого освоения курсов. Это также объясняется необходимостью в проведении практических занятий, что подтверждается ниже приведённой на рисунке 17 статистикой ответов на вопрос о дополнительных видах активности, повышающих интерес обучающихся к предмету.

Также высокий процент респонденты отдают лекциям в очном и дистанционном формате, работе с научно-популярными статьями и сайтами (по 25 % в каждом). Примечательно, что тот и другой пункт выбирали преимущественно участники из региональных образовательных организаций, которые имеют базовые уровни подготовки учеников.



Рисунок 17 – Ответы респондентов на вопрос о дополнительных видах активности, повышающих интерес обучающихся к предмету

Необходимость проведения и внедрения практикумов также прослеживается и заключительном вопросе теста о регулярном проведении экспериментальных работ (см. рис. 18 – 19), где 67 % респондентов отметили значимость самих экспериментов (ответ «Да»), 25 % - отсутствие реагентов и расходных материалов (ответ «Нет»).



Рисунок 18 – Ответы респондентов на вопрос о важности введения экспериментально-практических работ в процесс обучения биологии



Рисунок 19 – Ответы респондентов на вопрос о возможности организации экспериментально-практических работ в процесс обучения биологии

### **§3. Создание экспериментально-практической среды обучения биологии для среднего общего образования**

В рамках общепринятой методики обучения биологии чрезвычайно тяжело донести до учащихся состояние современной области наук о жизни и актуальных технологических задач, решению которых было бы интересно посвятить своё профессиональное будущее. Наше исследование показало, что содержательное

знакомство с разделом молекулярной биологии в российской школе осуществляется преимущественно по учебникам. Мы считаем, что для повышения качества усвоения материала и заинтересованности в изучении биологии в 10–11 классах в дополнение к учебникам необходимо включать в содержание уроков сведения о прорывных научно-технологических открытиях в области биологии и медицины, а также обогатить их современными образовательными технологиями [47, 48, 51].

Не умаляя значения традиционных подходов к обучению биологии отметим, что знакомство с материалом учебника, использование наглядных пособий, таблиц, схем, привычные формы опроса – ответы у доски, выполнение упражнений (традиционные «вставь пропущенное», «напиши верно или неверно», «выбери правильный ответ из нескольких предложенных вариантов») могут и должны являться лишь основой для изучения предмета. В той или иной степени они «формируют умение объяснять результаты биологических экспериментов, решать элементарные биологические задачи», однако, не способствуют более глубокому освоению материала, не обеспечивают «умения выдвигать гипотезы на основе знаний об основополагающих биологических закономерностях и законах, о происхождении и сущности жизни, глобальных изменениях в биосфере; проверять выдвинутые гипотезы экспериментальными средствами, формулируя цель исследования; владение методами самостоятельной постановки биологических экспериментов, описания, анализа и оценки достоверности полученного результата» [92], как того требуют федеральные государственные образовательные стандарты.

Мы считаем, что наиболее эффективным способом вовлечения старшеклассников в научно-технологическую активность по биологии является организация образовательной деятельности в экспериментально-практической среде обучения биологии с использованием экспериментальных практикумов по основам молекулярной биологии, генетики и эволюции. Невозможно представить себе современного исследователя живых систем, который не имеет широкого спектра практических

навыков. Без них его ценность на рынке труда резко падает, так как специалист–биолог для работодателя – это прежде всего биотехнолог, который может применить свои знания для создания, тестирования и продвижения высокотехнологического продукта, будь то лекарственное средство, метод лечения, метод диагностики, лабораторный набор или технология.

Необходимость введения экспериментальных практикумов в предметную среду обучения биологии, обусловлена существенным изменением требований к повышению качества общего биологического образования. Одним из наиболее эффективных инструментов для повышения этого параметра являются экспериментальные практикумы. Умение ставить биологический эксперимент и анализировать полученные результаты определяют успешность учебно-научной деятельности в исследовательской лаборатории. Результаты анализа сущностной характеристики экспериментально-практической компоненты образовательного процесса стало основой для разработки методики организации образовательной деятельности в экспериментально-практической среде обучения биологии.

Исторически зарождение биологии как учебного предмета связано с выходом в свет в 1786 году первого школьного учебника «Начертание естественной истории» академика В.Ф. Зуева [16]. Сейчас влияние практико-ориентированной деятельности учащегося на результаты образовательного процесса активно обсуждается специалистами. Нами был изучен опыт выдающихся методистов-биологов Андреевой Н.Д., Галкиной Е.А., Горленко Н.М., Мариной А.В., Пасечника В.В., Пономаревой И.Н., Станкевича П.В., Суматохина С.В., Сухоруковой Л.Н., Термова А.В., Якунчева М.А. и др., определивших цели, содержание, методы, средства и формы обучения биологии в условиях реализации ФГОС [1–5, 12, 13, 28 – 29, 37, 57 – 58, 62, 78 – 87, 90, 95, 101, 108]. Развитие методологии на современном этапе стало методической основой исследования.

Было изучено соотношение положений концепции поэтапного формирования умственных действий для поэтапного формирования процесса освоения учащимся

изучаемого материала, с практическими этапами обучения в экспериментально-практической среде обучения биологии. Основой психолого-педагогического исследования послужили работы Асмолова А.Г., Болотова В.А., Давыдова В.В., Загвязинского В.И., Леонтьева А.Н., Новикова А.М., Пурьшевой Н.С., Рубинштейна С.Л., Тряпициной А.П. и др. [6, 11, 14, 15, 23-24, 52, 61, 64-65, 68 – 70, 88, 89, 94, 96 - 99].

Исследование психолого-педагогической и учебно-методической литературы позволило сформулировать понятие экспериментально-практической среды обучения биологии, определить её структуру, разработать методику образовательной деятельности в этой среде. В данном исследовании под экспериментально–практической средой обучения биологии понимается образовательная среда, включающая выполнение экспериментальных практикумов как части образовательного процесса, направленного на повышение качества среднего общего биологического образования.

При проведении исследования было проанализировано исходное положение, состоящее из понимания того, что системно-деятельностный подход определяет формирование сознания учащегося. Освоение материала учащимися, в свою очередь, происходит поэтапно и состоит из:

- мотивации к проведению экспериментально-практической работы по молекулярной биологии в старшей школе;
- осмысления предметной среды изучаемого биологического материала;
- практического освоения действия;
- планирования экспериментально–практической работы по основам молекулярной биологии, генетики и эволюции в старшей школе;
- проведения биологического эксперимента;
- интерпретации полученного в ходе проведения эксперимента результата.

Исходя из поставленной в исследовательской работе цели, с учётом закономерностей формирования и развития экспериментально-практической среды

обучения биологии была предложена модель организации образовательной деятельности в этой среде (рис. 20).



Рисунок 20 – Модель организации образовательного процесса в экспериментально – практической среде обучения биологии

Экспериментально-практическая среда обучения биологии является образовательной средой, включающей выполнение экспериментальных практикумов как компонента образовательного процесса, направленного на повышение качества среднего общего биологического образования.

Экспериментальный практикум по биологии – это форма обучения, при которой обучающиеся под руководством учителя и по заранее составленному плану выполняют

экспериментальные задания. Выполнение экспериментальных заданий с целью осмысления нового учебного материала и приобретения практических умений включает в себя следующие методические приёмы:

1. формулировку темы и определение задач эксперимента;
2. определение общего порядка постановки эксперимента и его этапов;
3. выполнение экспериментальных заданий учащимися и контроль учителя за ходом занятия и соблюдением техники безопасности;
4. подведение итогов экспериментальной работы, формулирование выводов;
5. оформление отчёта.

Изложенное показывает, что экспериментальные практикумы по основам молекулярной биологии, генетики и эволюции носят исследовательский характер. Они пробуждают у учащихся стремление осмыслить, изучить биологические процессы, применять полученные знания и умения при решении жизненно важных проблем. Экспериментальные практикумы воспитывают добросовестность в выводах, чёткость изложения мысли, развивают логику. Они способствуют ознакомлению старшеклассников с научными основами прикладной биологии, направлены на выработку исследовательских навыков, формирование умений обращаться с реактивами, приборами и инструментами [5, 9, 17 – 20, 27, 29]. Недостаточность исследовательской деятельности в практике обучения биологии оказывает сдерживающее влияние на степень заинтересованности учащихся предметом биология, качестве усвоения ими учебного материала и, как следствие, на достижениях ими положительных образовательных результатов.

Важность понимания школьником его «личной роли» в получаемых знаниях невозможно переоценить. Без вовлечения в образовательный процесс, знания становятся абстрактными. Поэтому уже много десятилетий в процессе обучения биологии, химии, физики входят эксперименты. В памяти многих из нас остались первые биологические, физические и химические опыты, которые проводились в школе. При этом

биологическое образование в старших классах, к сожалению, существенно отстаёт от основной школы [4, 53, 89].

Разработанная структура экспериментально-практической среды обучения биологии состоит из:

1. учебного набора, содержащего все необходимые реагенты, расходные лабораторные материалы и конструкторы, позволяющие моделировать биологические процессы;
2. методических рекомендаций учителю биологии по подготовке и проведению экспериментальных практикумов;
3. рекомендаций учащемуся по выполнению экспериментальных практикумов;
4. перечня вопросов для обсуждения на понимание материала;
5. тестовых заданий для учащихся на базовом и углублённых уровнях среднего общего биологического образования (с ответами и рекомендованными критериями оценки);
6. примерных тем проектных работ.

В ходе исследования эта работа начиналась при реализации программы «Современная школа России» и дала положительные результаты. Нами были разработаны учебные наборы и организовано их производство. Учебные наборы позволяют формировать у учащихся интерес к экспериментальной работе по биологии [41, 43, 44, 46].

Работа осуществляется исследовательским коллективом, который уже более десяти лет в разнообразных форматах проводит работу с учащимися. Начало исследовательской деятельности по разработке методики организации образовательного процесса в экспериментально-практической среде обучения биологии на основе интеграции традиционных и современных интерактивных средств обучения было связано с изучением рекомендованных учебно-методических комплектов по биологии для 9 – 11 классов, выяснением наиболее трудных для понимания учащимися тем. После

составления первоочередного и расширенного перечня тем, был разработан план создания учебно-методических комплектов для выполнения экспериментальных практикумов по основам молекулярной биологии, генетики и эволюции.

Каждый учебно-методический комплект включает учебный набор с достаточным количеством реагентов и материалов для одновременной индивидуальной работы всех учащихся в классе, методическое пособие для подготовки и проведения биологических экспериментов, руководство для учащихся по выполнению эксперимента [41, 43]. Методическое пособие, помимо введения, протокола эксперимента и других необходимых составляющих разделов, содержит сценарии проведения экспериментального практикума для классов, изучающих биологию на базовом и профильном уровне, предложения для входного тестового контроля ключевых терминов и основных понятий, текущего контроля за пониманием процесса и итогового списка вопросов и тестов на понимание темы. Итоговые тесты подготовлены с учётом форматов тестирования ЕГЭ.

Дизайн большинства учебных наборов позволяет провести экспериментальный практикум за два академических часа без перерыва или в течение нескольких академических часов с длительными перерывами (например, для роста бактерий) [74]. Примером таких наборов может быть наблюдение за биохимическим процессом расщепления молочного сахара; выделение чистых культур микроорганизмов из йогурта; проведение бактериальной трансформации плазмидами, кодирующими флюоресцентные белки и отбор трансформированных клонов, продуцирующих целевой белок; демонстрация индукции генов на примере слияния между геном, кодирующим флюоресцентный белок, и *lac*-промотором; выделение флюоресцентного белка методом хроматографии и др. Наборы не требуют дополнительного оборудования. Учебные наборы оптимизированы для работы в образовательных учреждениях, безопасны, не вызывают аллергических реакций, вероятность ошибок сведена к минимуму за счёт очень подробного описания экспериментальных процедур, позволяющих поместить

экспериментальную деятельность и результаты, полученные учащимися, в контекст самых важных и актуальных проблем современной биологии.

### **Выводы по главе 1**

Биомедицинские технологии являются одним из основных драйверов развития глобальной и отечественной экономики. Однако ускоряющийся научно-технологический прогресс в этой области не нашел должного отражения в содержании школьного курса биологии для 10 – 11 классов. Несмотря на то, что образовательный процесс по биологии в России чётко структурирован и методически обоснован, а сформулированные в федеральных государственных образовательных стандартах требования предусматривают практико-ориентированную деятельность учащихся, современная российская школа не в состоянии сформировать адекватный ответ на запрос кадрового рынка в биомедицинской сфере. Исследование опыта использования современных образовательных технологий за рубежом показало, что в странах с развитым инновационным биомедицинским сегментом национальной экономики при обучении биологии обеспечивается контакт учащихся старшей школы с передовыми наукой и технологиями, а проведение экспериментально-практических работ значительно повышает интерес учащихся к изучению биологии в старшей школе.

С целью выяснения мнения профессионального сообщества об уровне применимости экспериментально-практических работ в предметной среде обучения биологии проводилось исследование, целевой аудиторией которого являлись учителя биологии. Была разработана и валидирована анкета-опросник, проведено анкетирование, в котором приняло участие 311 респондентов из 22 субъектов Российской Федерации. Учителя биологии ответили на вопрос о том, какие методы они считают наиболее эффективными для повышения интереса обучающихся к предмету. Анализ анкет показал, что 79% респондентов считают, что создание экспериментально-

практической среды обучения биологии является наиболее эффективным нововведением. Большинство учителей биологии видят затруднения в самостоятельном решении вопроса введения экспериментальных практикумов в образовательный процесс по биологии на регулярной основе из-за ряда факторов. Кроме этого в исследовании были выявлены наиболее сложные темы школьного курса биологии для 10 – 11 классов. Выявлена корреляция между ответами респондентов и темами, которые являются проблемными при сдаче Единого государственного экзамена по биологии.

Теоретический анализ позволил установить, что введение экспериментально-практической среды обучения биологии в систему организации учебной деятельности существенно влияет на повышение качества образовательных результатов и гармонично интегрируется в существующий на практике образовательный процесс обучения биологии. В результате анализа психолого-педагогической и учебно-методической литературы, знакомства с мировым опытом внедрения деятельностной компоненты при изучении экспериментальных областей познания, каковой является биология, и анализа перспектив внедрения экспериментальных практикумов по биологии в отечественные программы средней школы по биологии было подтверждено, что качество среднего общего биологического образования может быть повышено путем внедрения экспериментально-практической работы в образовательную среду по биологии.

## **Глава 2. Методика организации образовательной деятельности в экспериментально-практической среде обучения биологии**

### **§1. Методика проведения экспериментальных практикумов в 10-11 классах**

В ходе исследования разработано и апробировано несколько экспериментальных практикумов по темам школьного курса биологии для 10 – 11 классов. Объем, продолжительность и сложность экспериментальных практикумов и выполняемых заданий могут варьироваться на усмотрение учителя. В данной главе описано шесть экспериментальных практикумов по теме «Нуклеиновые кислоты». Учитель может принять решение о выполнении одного, нескольких или всех практикумов, предложить ученикам выполнение тестов базового или углублённого уровня сложности, решить с ними предложенные задачи по теме «Геномный анализ» или, на основе представленных задач, придумать простые вариации этих задач и, наконец, предложить обучающимся выполнить проекты по темам, перечисленным в учебно-методических комплектах.

В представленные экспериментальные практикумы и методику их проведения вошли учебно-методические комплекты, разработанные для облегчения понимания терминов и процессов, происходящих на молекулярном уровне организации живого. В ходе исследования созданы учебно-методические комплекты по темам «Химический состав клетки», «Возникновение мутаций», «Возникновение мира», «Строение клетки», «Процессы биосинтеза белка», «Структура и функции нуклеиновых кислот. Экспериментальные практикумы предназначены для ознакомления с современными методами молекулярной биологии, биохимии, биоинформатики и решения актуальных научных и технологических задач, а также для закрепления учебного материала программы по биологии. Материал практикума также может быть использован для создания индивидуального проекта для старшеклассников.

Разработанные экспериментальные практикумы направлены на решение следующих задач. Образовательные задачи обеспечивают в ходе выполнения экспериментальных заданий закрепление основных понятий по теме «Нуклеиновые кислоты» и формируют практические умения: измерение точных объёмов жидкости с помощью пипетки, умение точно следовать протоколу проведения эксперимента, фиксировать полученные результаты в лабораторном журнале, уметь проводить анализ полученных данных и интерпретировать полученные в ходе проведения исследования результаты.

Развивающие задачи способствуют интеллектуальному развитию личности обучающегося, пробуждают познавательный интерес, используя данные о применении ДНК–анализа в медицине, криминалистике, медико-биологическом консультировании, информацию о секвенировании и геномном анализе [109].

Воспитательные задачи направлены на развитие естественно–научного мышления учащихся, формирование ответственности за результаты учебного труда, понимание его значимости, соблюдение техники безопасности.

Для каждого экспериментального практикума разработаны и апробированы учебно-методические комплекты, состоящие из 5 компонентов:

- **учебный набор**, в состав которого входят реактивы и расходные лабораторные материалы, необходимые для проведения эксперимента в группе до 30 учащихся, и раздаточный материал, состоящий из удобных форм для заполнения при выполнении экспериментальной части практикума. Подобные формы помогают наглядно представить полученные экспериментальные данные и сделать грамотные выводы о ходе и результате эксперимента. В разработанных учебно–методических комплектах раздаточный материал представляет собой уникальные научные игры. В процессе игры учащиеся легко воспринимают и запоминают сложный материал, касающийся основ молекулярной биологии, биохимии и эволюции;

- **методическое пособие** включает разделы: аннотация, краткое содержание набора, возраст учащихся, круг понятий, соотнесение с темами школьной программы, информация по технике безопасности при проведении экспериментальных практикумов, инструкция учителю по подготовке к занятию и комплектации штативов для рабочих групп, список оборудования, необходимого для проведения практикума со стороны школы; входной тест для «базового изучения», входной тест для «профильного изучения», итоговый тест для «базового изучения», итоговый тест для «профильного изучения». Входные тесты представляют собой простые, иногда игровые задания, цель которых – быстро узнать уровень владения ранее изученным учебным материалом по теме. На основании результатов выполнения тестов учитель может сделать заключение об уровне понимания материала, что даёт возможность эффективно использовать теоретический материал, включая или исключая дополнительную информацию, содержащуюся в учебно-методических комплектах. Итоговые тестовые задания разработаны в соответствии с форматом ОГЭ и ЕГЭ. Представленные варианты заданий можно эффективно использовать в качестве диагностических и итоговых контрольных работ по теме. Тест состоит из двух частей. Задания первой части могут быть использованы учителем для проверки теоретических знаний базового уровня по теме и для ознакомления учащихся с разными формами оценочных заданий при повторении и подготовке к итоговой аттестации. Задания второй части касаются хода экспериментальной работы, помогают учителю осуществить обратную связь, оценить уровень осознания и понимания проведённого эксперимента. Список оборудования, необходимого для выполнения эксперимента, также содержит рекомендации, как провести эксперимент при отсутствии того или иного оборудования. Например, водяная баня или термостат могут быть легко заменены в условиях любого кабинета биологии.
- **руководство для учащихся по выполнению эксперимента**, разработанное и составленное таким образом, что ученик при его использовании способен провести ряд экспериментов самостоятельно, тем самым получая навык исследовательской работы

без ярко выраженной помощи со стороны учителя, что повышает интерес и мотивацию учащегося к выполняемому эксперименту;

- **сценарий урока**, включающий поминутное расписание действий учащихся и учителя, синхронизированное с мультимедийной презентацией, сквозные вопросы, помогающие учащимся легче воспринимать новый материал, а учителю контролировать процесс усвоения материала, инструкции, в которых указано, где следует быть более внимательным при проведении экспериментов, дополнительный материал для углубления знаний по теме. Сценарий позволяет чётко рассчитывать время урока и предотвратить возможные ошибки и недопонимание со стороны учащихся;
- **мультимедийная презентация;**
- в некоторые учебно-методические комплекты входят **ДНК и РНК–конструкторы**, позволяющие моделировать процессы, происходящие на молекулярном уровне.

Состав учебно-методических комплектов может быть использован частично или, наоборот, дополнен. Например, для нескольких экспериментальных практикумов были созданы 1–3-минутные анимации (например, визуально легко понятен процесс агглютинации, который трудно воспринимать, читая текст учебника, или принцип сборки геномных фрагментов для выполнения биоинформатических заданий). К практикуму по лактозной толерантности была написана научно-популярная повесть. В связи с тем, что исследовательский эксперимент в данной работе основан на тестировании учащихся по подтеме первого практикума «ДНК: твоя самая главная молекула» по теме «Нуклеиновые кислоты», ниже его описание приводится более подробно, а описание остальных практикумов даётся в кратком варианте.

Цель предлагаемого экспериментального практикума «ДНК – твоя самая главная молекула» – познакомить учащихся со строением молекулы ДНК, выявить связь между функцией ДНК и спецификой её строения, понять и освоить методологию выделения молекулы. Для этого с учащимися решаются следующие задачи:

- ввести общее понятие размерности окружающего нас мира от атомов к живым организмам;
- ввести термин ДНК, определить её функции в организме, положение в клетке;
- определить особенности строения молекулы, включая строение нуклеотидов, варианты спиралей ДНК;
- предложить варианты экстракции молекулы из клетки, обсудить проблемы, возникающие при использовании предложенных методов и их решения;
- применить согласованные методы при выделении ДНК из разных объектов;
- сравнить полученные результаты;
- выполнить построение молекулы ДНК с помощью 3D конструктора, учитывая 3' и 5' концы и правило Чаргаффа.

Термины и понятия, которыми учащиеся должны легко оперировать для лучшего понимания предстоящего практикума: водородные связи, ковалентные связи, строение клетки, детергент, фермент, ионы, полярность, гидратирование.

Изучаемые понятия: признаки живого, молекула ДНК, генетическая информация, двойная спираль, особенности строения ДНК, правило Чаргаффа, гистоны, клеточная мембрана, лизис, протеаза, фермент, ядро, ядерная мембрана.

Экспериментальный практикум предназначен для учащихся 10 – 11 классов и может быть выполнен при изучении тем: «Химический состав клетки. Нуклеиновые кислоты», «Строение клетки. Ядро», «Митоз и мейоз», «Генетика», «Селекция. Биотехнологии. ДНК-технология». Экспериментальный практикум рассчитан на два урока. Рекомендуется выполнять его в специализированных школьных кабинетах биологии или химии.

При обсуждении теоретической части материала с учащимися необходимо напомнить, что не существует двух абсолютно идентичных людей. Каждый из нас уникален, индивидуален. А верно ли это для других живых организмов? Для собак? Кошек? Водорослей? Бактерий? Оказывается, что даже самые примитивные организмы,

такие как бактерии, отличаются друг от друга, пусть не по внешним признакам, но по некоторым биохимическим и молекулярным особенностям. Чем же объясняется уникальность каждого живого организма? Где содержится информация о нашем строении? Оказывается, она сосредоточена всего в нескольких молекулах, в нашем случае – в 46. Каждая из них называется дезоксирибонуклеиновой кислотой, или просто «ДНК». Именно различия в ДНК определяют различия в строении и функционировании организмов [76, 113, 117].

С учащимися обсуждается вопрос, какими свойствами обладает ДНК. Молекула уникальна для каждого организма. Она универсальна, то есть имеется у каждого живого организма. Она идентична для каждой клетки (кроме половых) организма. Наконец, она обладает высоким информационным содержанием, так как является полной инструкцией по строению и функционированию организма.

Все эти свойства позволяют использовать ДНК в самых различных сферах деятельности человека для достижения самых различных целей. Так, например, криминалисты используют её для идентификации личности в процессе расследования преступления. Палеонтологи используют ДНК вымерших животных и растений для предсказания особенностей их строения и жизнедеятельности и установления их родства с другими известными организмами. Медики используют её для диагностики заболеваний и предсказания индивидуальной реакции пациентов на различные лекарства. С каждым годом областей применения геномных технологий становится всё больше [17, 20, 73].

Говоря о строении и функционировании ДНК, участникам экспериментального практикума предлагается вспомнить, что собой представляет ДНК. ДНК, или дезоксирибонуклеиновая кислота – линейное полимерное соединение, состоящее из нуклеотидов.

В ходе обсуждения необходимо задавать вопросы, слушать ответы и помогать учащимся ответить на те вопросы, которые представляются им сложными. Примеры

вопросов приведены в учебно-методическом комплекте. Выполнение экспериментальных заданий состоит из нескольких этапов. На первом этапе подтверждается гипотеза о том, что ДНК есть у всех живых организмов. Для этого ставится эксперимент: необходимо постараться извлечь из всех доступных нам объектов молекулу ДНК. Для того, чтобы экстрагировать молекулу ДНК, необходимо разрушить клеточные оболочки. Будут ли эти оболочки одинаковыми у растительных, животных, бактериальных и грибных клеток? Нет, но ставится задача создать одинаково жёсткие условия для разрушения оболочек [102].

Для выполнения первого этапа эксперимента выбираются объекты исследования: учитель выкладывает на столе карточки с названиями возможных объектов исследования, ученикам предлагается вытянуть карточки с номерами. Номера карточек соответствуют номерам объектов исследования в поисках ДНК.

№1 – ёмкость с дрожжами и шпатель; №2 – ёмкость с лактобактериями; №3 – ёмкость с яблоками; №4 – ёмкость с шампиньонами; №5 – ёмкость с размороженным мотыльём; №6 – ёмкость с мёдом; №7 – ёмкость с измельчёнными волосами

Объекты ставятся на рабочее место участников экспериментального практикума, их задача – перенести частички объекта в микропробирку, следуя инструкциям, написанным в протоколе проведения эксперимента для учеников, и подписать её, например, своими инициалами.

На втором этапе учащимся необходимо разрушить клеточные и ядерные мембраны, которые состоят из особых жироподобных веществ – фосфолипидов. Подобно тому, как мыло расщепляет жиры при мойке посуды, оно расщепляет фосфолипиды, разрушая плазматические мембраны. Для разрушения мембран в эксперименте используется мыльный раствор.

Используя чистую одноразовую пипетку Пастера, учащиеся добавляют 2 мл буфера для лизиса из пробирки «Лизис» в свою пробирку с клетками. После использования пипетка не понадобится, в протоколе отмечено, что ее необходимо выкинуть в

специально приготовленную ёмкость для отходов. Далее учащимся предлагается закрутить пробирку с клетками крышкой и аккуратно перевернуть ёмкость 5 раз, но ни в коем случае не трясти её. Таким образом, перемешиваются растворы, позволяя детергенту быстрее растворить мембраны клеток. Учащимся предлагается обратить внимание на цвет и прозрачность раствора, подумать, как они изменились и почему.

На третьем этапе необходимо разрушить белки, связанные с ДНК, – гистоны. ДНК аккуратно накручена на гистоны, как нить на катушку. Благодаря этому она занимает в ядре мало места и не запутывается. Для отделения белков от ДНК в учебный набор входит пробирка с ферментом, расщепляющим белки, – протеазой. Учащиеся берут со стола микропробирку с надписью «Протеаза», с помощью чистой одноразовой пипетки Пастера добавляют к подписанной пробирке пять капель раствора протеазы. После использования пипетка также выбрасывается в ёмкость с отходами.

Учащимся предлагается повторно закрыть пробирку со своим образцом и несколько раз перевернуть её, чтобы перемешать содержимое. Для проведения процесса расщепления протеазе нужно время. Ускорить этот процесс можно, повышая температуру в пробирке. Для этого пробирки устанавливаются в штатив, а затем помещаются в водяную баню, нагретую до +50 °С. Так протеаза срабатывает гораздо быстрее. Процесс расщепления в таких условиях занимает около десяти минут. Пока протеаза работает, обсуждается последний этап выделения ДНК.

Последний этап эксперимента – осаждение ДНК. Этот этап нужен, чтобы отделить молекулу от остального содержимого клетки. Для осаждения ДНК достаточно просто добавить концентрированный холодный раствор спирта. Предлагается обсудить, почему спирт осаждает ДНК. Для начала обсуждается, за счёт чего ДНК растворяется в воде и в чём заключается механизм растворения водой различных веществ.

Что происходит при добавлении спирта? Спирт – гораздо менее полярная молекула, чем вода. Другими словами, на различных атомах спирта не скапливается частичный заряд. При добавлении большого количества спирта гидратные шубы вокруг фосфатов

ДНК и натрия становятся тоньше, так как молекул воды становится меньше по сравнению с молекулами спирта. Водяные шубы становятся слишком тонкими, чтобы препятствовать взаимодействию ионов натрия с фосфатами ДНК. В итоге, ДНК связывается с натрием, и теряет заряд. Таким образом, гидратная шуба вокруг незаряженной ДНК пропадает, и ДНК выпадает в осадок [91].

Когда аудитории ясен механизм осаждения, предлагается воплотить его на практике. Для этого учитель берет ёмкость с холодным спиртом. Держа пробирку с образцом под углом, помогает учащимся добавить в неё с помощью чистой одноразовой пипетки Пастера 10 мл спирта так, чтобы спирт медленно стекал по стенке пробирки. Затем предлагается завинтить крышку пробирки. Содержащаяся в растворе ДНК начинает выпадать в осадок.

По окончании проведения любого эксперимента необходимо провести анализ его результатов. Учащимся предлагается поднять руки, у кого в пробирке видна молекула ДНК. Задаётся вопрос, почему у остальных нет в пробирке ДНК. Правильным ответом является заключение, что ДНК содержится только в тех объектах, которые состоят из клеток. ДНК ещё может быть в вирусах, неклеточных организмах. Работа с ними затруднительна, поэтому в рамках практикума она не проводится. Учащимся предлагается перенести осаждённую молекулу ДНК в чистую пробирку при помощи пипетки Пастера, аккуратно нажимая на неё и поднося её носик к ДНК в исходной пробирке, а затем потихоньку разжимая пальцы, захватив ДНК пипеткой, перенести ДНК в чистую пробирку.

Особенности экспериментальной части: выполнение работы не требует никаких специальных мер предосторожности. Тем не менее, в лабораторном помещении, где выполняется работа, нельзя есть, пить и пользоваться косметикой. Рекомендуется пользоваться резиновыми перчатками, защитными очками и халатами. Учащиеся должны вымыть руки с мылом до и после экспериментального занятия. При попадании рабочих растворов в глаза необходимо тщательно промыть их водой. Учащимся

необходимо раздать инструкции для выполнения работ и предложить им самостоятельное выполнение, если в течение пяти минут у большинства есть затруднения, то стоит перейти к пошаговому руководству экспериментом. Стоит обратить особое внимание, если учащиеся впервые сталкиваются с лабораторной посудой, необходимо им показать, где штатив, как выглядит пробирка, что такое пипетка Пастера, как ею пользоваться, как посмотреть сколько миллилитров жидкости в ней набрано.



Рисунок 21 – Учебный набор «ДНК твоя самая главная молекула»

Подготовка к экспериментальной части: эксперимент проводится в группах по два человека. Каждый участник группы должен выделить ДНК из выбранного объекта, выполнив все необходимые для этого процедуры, каждая пара должна собрать свою модель ДНК. Для каждой пары учитель подготавливает набор реактивов и расходных материалов. Компоненты, необходимые для проведения экспериментальной части практикума, представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Компоненты для выполнения экспериментального практикума «ДНК – твоя самая главная молекула»

Компоненты, входящие в учебный набор «ДНК – твоя самая главная молекула»	Дополнительные компоненты и принадлежности, не входящие в набор, но необходимые для проведения практикума
--	---

Буфер для лизиса	Питьевая негазированная вода
Сухая протеаза	Этанол, 96%
Стерильная вода	Водяная баня с термометром
Пробирки объёмом 15 мл	Стакан или штатив для установки пробирок в водяную баню (может потребоваться установить в баню до 30 пробирок)
Цветные микропробирки объёмом 2 мл	Ёмкость для мусора
Прозрачные микропробирки объёмом 2 мл	Штатив для пробирок
Пипетки Пастера на 1 мл	Несмывающийся фломастер для маркировки пробирок
Вспененная серая как сахарофосфатный остов лента	Резиновые перчатки
Набор из 12 пар оснований для ДНК-цепи	Защитные очки
Ёмкости с образцами для извлечения ДНК	Халаты

Если в распоряжении учителя нет водяной бани, можно использовать любой термоизолирующий контейнер подходящего размера (например, пенопластовую коробку): налить в контейнер воду, нагретую до +50 °С, и установить в него стакан или штатив с пробирками.

После выполнения экспериментальной работы по выделению молекулы ДНК полезно закрепить материал, собрав трёхмерную модель ДНК и обсудив теоретическую часть о строение молекулы. Основной механизм, с помощью которого ДНК хранит и передает генетическую информацию, заключается в том, что основания совпадают друг с другом на противоположных сторонах двойной спирали: аденин с тимином, гуанин с цитозином, образуя набор комплементарных водородных связей.

Всю эту сложную структуру можно представить в виде бус, состоящих из двух нитей. У таких вымышленных бус всего 4 вида бусин. Нити нанизаны таким образом, что красная бусина всегда напротив жёлтой, а зелёная напротив синей. Эти бусины — группы атомов, они собраны по определённому принципу, и вес у всех бусин разный.

Ниточки между зелёными и синими бусинами короче, чем ниточки между красными и желтыми, что делает нити закрученными в спираль. Нити между бусами — это водородные связи, а сама нить, на которую нанизаны бусины, — это сахар с остатками фосфорной кислоты.

Каждый участник практикума собирает одну цепочку, потом соединяет ее с комплементарной и закручивает. Вместо бусин — азотистых оснований — мы предоставляем в работу пенопластовые фигуры разного цвета. Жёлтые фигуры — вместо жёлтых бусин, которые называются тимин, или просто буквой Т. Красные фигуры — вместо красных бусин, они называются аденином, или просто буквой А. Зелёные фигуры — вместо зелёных бусин, они называются гуанином, или просто буквой Г. Синие фигуры — вместо синих бусин, и их называют цитозином, или просто буквой Ц.

Фигуры конструктора, как и бусины, должны быть собраны в линию, на основу, на сахарофосфатный остов. Если вспомнить, что красные фигуры располагаются строго напротив жёлтых, то это значит, что учащимся необходимо договориться, какие фигуры располагаются в линии. Например, при работе в парах ученику, сидящему справа предлагается написать в любом порядке 4 буквы (А, Т, Г, Ц) 12 раз и раскрасить их в соответствующие цвета. Второй член рабочей группы должен дописать комплементарную цепочку.

Необходимо напомнить, что было условлено обозначать А красным цветом, Т — жёлтым, Г — зелёным, Ц — синим. По приготовленной схеме ученикам необходимо аккуратно собрать свои цепи и соединить их. На этом шаге обсуждается одно свойство цепи ДНК — антипараллельность. Одна цепь повёрнута относительно другой. Отмечается, что разноцветные основания отличаются по размеру, выявляется закономерность, что аденин похож на гуанин — они больше по размеру, чем тимин и цитозин.

После выстраивания моделей цепочек легко из них закрутить спираль. Нужно отметить, в какую сторону она закручивается, так как основной формой ДНК является

В-форма (или Уотсон-Криковская спираль). В-форма является правозакрученной спиралью. Иная правозакрученная форма ДНК (А-ДНК) была открыта Р. Франклин. Она возникает в условиях пониженной влажности. А-ДНК отличается от В-ДНК тем, что пары оснований сильно отодвинуты к периферии молекулы, поэтому сверху она выглядит как труба.

В конце 70-х годов исследовательской группе американского учёного А. Рича удалось получить короткие фрагменты ДНК, представляющие собой левозакрученную двойную спираль. В этой спирали сахарофосфатный остов отличается характерной зигзагообразной формой, откуда пошло название Z-ДНК. Можно попробовать закрутить модель спирали в разные формы.

Входное тестирование, входящее в учебно-методический комплект «ДНК – твоя самая главная молекула», рассчитано на учащихся 10 классов и представлено в игровом варианте. Учащиеся получают карточки с картинками и подписями: электрон, атом углерода, молекула воды, молекула глюкозы, молекула ванилина, ДНК, вирус гриппа, холерный вибрион, дрожжи, инфузория туфелька, амёба протей, эритроциты человека, улитка виноградная, паук птицевед, голубой кит, секвойя. Затем учитель просит разместить объекты на картинках по увеличению размера от самого маленького до самого большого. Затем предлагается всей группе разделиться на три группы: (1) неклеточных объектов, (2) объектов, содержащих ядро и (3) объектов без ядра. Ещё одним заданием является просьба разделиться на три группы: (1) те объекты, которые видны невооружённым глазом; (2) объекты, видимые в световой микроскоп; (3) объекты, которые можно увидеть только в электронный микроскоп.

Для учащихся 11 классов применяется тестирования в формате «верю – не верю». Если известно, что учащиеся хорошо подготовлены и умеют оперировать данными, полученными в ходе эксперимента, то стоит использовать тестирование в усложнённом варианте: попросить кратко описать эксперимент, подтверждающий выбранный ответ. Примеры вопросов теста представлены в учебно-методическом комплекте.

При проведении итогового теста предлагаются задания с выбором ответа, с кратким ответом (КО) и задания с открытым типом ответа, которые рассчитаны на профильный уровень подготовки учащихся. В учебно-методический комплект включены оценочные критерии, а также методика перевода полученных баллов в «пятибалльную шкалу». Первая часть итогового контроля затрагивает теоретическую часть, вторая часть итогового теста на понимание методики эксперимента, третья часть итогового теста – вопросы с открытым типом ответа.

Цель предлагаемого практикума «Удвоение мира» – вместе с учащимися визуализировать процесс репликации, построить дочернюю молекулу ДНК, опираясь на полученные знания. Для этого нужно решить с учащимися следующие задачи:

- выявить причину необходимости удвоения молекул ДНК,
- найти вероятные «узкие места» в процессе репликации ДНК,
- ввести понятие «фермент» и изучение функций, которые фермент может выполнять;
- теоретически изучить процесс репликации, практически построить 3D молекулу ДНК с репликационной вилкой, фрагментами Оказаки с использованием макета фермента хеликазы.

Термины и понятия, которыми учащиеся должны оперировать для лучшего понимания темы экспериментального практикума: фермент, ДНК, популяция, модификационная изменчивость, комплементарность, нуклеотид, тимин, аденин, цитозин, гуанин, фосфатная группа, сахарофосфатный остов, гидроксогруппа, дезоксирибоза, катализ.

Изучаемые понятия: репликация, репликационная вилка, репликон, репликационный глазок, фрагменты Оказаки, лидирующая цепь, полуконсервативная модель, 5' и 3' концы молекулы ДНК, ДНК-лигазы, ДНК-полимераза, ДНК-хеликаза, праймер, праймаза.

Экспериментальный практикум предназначен для учащихся 10 – 11 классов при изучении тем: «Химический состав клетки. Нуклеиновые кислоты», «Митоз и мейоз», «Генетика», «Изменчивость», «Селекция. Биотехнологии. ДНК-технология». Экспериментальный практикум рассчитан на два академических часа.

Начинается экспериментальный практикум с обсуждения теоретического материала, касающегося отличий живой и неживой природы и одного из признаков живого – размножении. Процесс передачи генетической информации от материнской клетки к дочерней обеспечивается точным копированием ДНК. Этот процесс состоит из нескольких последовательных процессов: процесса разъединения двойной спирали молекулы ДНК и копирования молекулы ДНК. Так как ДНК – очень длинная молекула, то значит, копирование её занимает много времени. С обучающимися обсуждается вопрос, как ускорить процесс копирования и избежать ошибок. По ходу обсуждения теоретического материала ученикам задаются вопросы:

- Какова суммарная длина молекулы ДНК в клетке человека?
- Как расположены нити ДНК относительно друг друга?
- Какие буквы, обозначающие названия нуклеотидов, стоят друг напротив друга?
- Почему нуклеотиды так называются и почему ДНК расшифровывается как дезоксирибонуклеиновая кислота?
- Сможете ли вы непрерывно синтезировать другую цепь ДНК при использовании модели?
- Посмотрев на модели репликации, скажите, какая модель рабочая (консервативная, полуконсервативная и дисперсионная). Почему? Какая модель у вас заняла больше времени?
- При какой модели можно допустить меньше ошибок?

Экспериментальная часть проводится с помощью специально разработанного конструктора, позволяющего моделировать процессы, происходящие с ДНК при делении клетки. Обучающие решают несколько задач: решая первую задачу «Спираль.

Раскручивание. Разрыв», они строят двуцепочечную модель ДНК. При решении второй задачи – «Удвоение: лидирующая и отстающая цепь» – моделируется репликация в лидирующей цепи. На этом этапе учащиеся создают второй фрагмент ДНК на отстающих нитях. Они получили две одинаковые цепи ДНК. Третья задача называется «Три модели для процесса репликации ДНК».

При практическом решении первых двух экспериментальных задач необходимо показывать учащимся каждую деталь конструктора, как выглядят нуклеотиды, где указаны стрелочки, какие цвета и где подписаны буквы, необходимо проверить, все ли участники нашли на своём столе нужные части конструктора. При решении третьей экспериментальной задачи учащиеся уже выполняют задание самостоятельно. Компоненты, необходимые для проведения экспериментально-практической работы, представлены в таблице 4:

Таблица 4 – Компоненты конструктора, необходимые для выполнения экспериментального практикума «Удвоение мира»

Рабочее поле с ДНК–репликацией
Два рабочих поля – ДНК-полимераза.
35 пар цветных нуклеотидов
24 пары серых нуклеотидов
Вспененная лента из набора «ДНК – соблюдать инструкцию» с собранными на ней основаниями ААТ ГЦЦ ГТА АЦГ
12 свободных оснований: 4 тимина, 2 аденина, 3 цитозина, 3 гуанина – на одну рабочую группу
Свободная вспененная лента – на одну рабочую группу
Вспененная лента – 2 шт. на одну рабочую группу
30 пар оснований – на одну рабочую группу

Для проведения тестирования в учебно-методический комплект включены тесты входного контроля и итогового контроля. Тесты входного рассчитаны на учащихся 10 и 11 классов в формате ЕГЭ с дополненным практическим заданием. При «облегчённом» варианте входного тестирования учащимся раздают набор из нуклеотидов и карточки с

заданием. Время на решение заданий – 5 минут. Для учащихся 10 – 11 классов следует применять по данной теме тестирование в формате ЕГЭ, дополняя его одним практическим заданием.

Время на решение заданий от 5 до 10 минут. При проведении итогового контроля знаний предлагаются задания с выбором ответа и с кратким ответом, задания на соответствие и работу с текстом, задания с открытым типом ответа, рассчитанные на профильный уровень подготовки учащихся. Все варианты тестов представлены в учебно-методическом комплекте.

Цель предлагаемого экспериментального практикума «Вторая нуклеиновая» – определить различия между двумя типами нуклеиновых кислот: ДНК и РНК, познакомить учащихся со строением, типами и функциями молекул РНК. Для этого необходимо решить задачи:

- обнаружить белки, присутствующие в гомогенатах разных представителей царства живого с помощью качественной реакции на пептидную связь, используя альбумин как контроль;
- построить цепи ДНК из 40 пар оснований, провести процесс транскрипции с использованием РНК-полимеразы;
- построить РНК из 40 оснований. Для профильной группы – построить двуцепочечные РНК, решить практическую задачу по РНК–интерференции.

Термины и понятия, которыми учащиеся должны легко оперировать для лучшего понимания предстоящего практикума: транскрипция, трансляция, полипептид, белок, аминокислоты, полимер, кодон, антикодон.

Изучаемые понятия: определение гена, белок, взаимосвязь белка и гена, РНК, процесс транскрипции, виды и функции РНК, включая РНК–интерференцию, теория РНК–мира.

Экспериментальный практикум предназначен для учащихся 10 – 11 классов при изучении тем: «Химический состав клетки», «Строение клетки», «Возникновение

мира», «Процессы биосинтеза белка», «Структура и функции нуклеиновых кислот». Практикум рассчитан на два академических часа.

В рамках экспериментальной части учащиеся самостоятельно моделируют фрагмент молекулы информационной РНК, процесс транскрипции на 3D–конструкторе и разбираются, зачем клетке нужны две, на первый взгляд, похожие молекулы как ДНК и РНК. По ходу обсуждения теоретической части учащимся задаются вопросы:

- Сколько генов у человека?
- Почему количество генов у человека и маленького круглого червя *Caenorhabditis elegans* примерно одинаковое?
- Что записано в гене?
- Сколько у ДНК составных частей?
- Для создания белка нужен фрагмент молекулы ДНК, зачем его переписывать на РНК? В чём будут сложности с переписыванием информации с длинной двуспиральной цепи ДНК?
- Что обозначает три-штрих конец?
- Что мы можем собрать из азотистых оснований и аминокислот?
- Когда было сильнее ультрафиолетовое излучение, сейчас или тогда? Почему?

При выполнении экспериментального практикума решается несколько задач. При решении первой задачи утверждается, что всё живое состоит из белков, и эта гипотеза экспериментально подтверждается или опровергается. Для подтверждения гипотезы проводится химическая реакция, обнаруживающая белки.

Вторая задача практикума – изучить при помощи модельного конструктора процесс синтеза белка — транскрипцию, а затем трансляцию. Компоненты, необходимые для проведения экспериментально-практической работы, представлены в таблице 5:

Таблица 5 — Компоненты, необходимые для выполнения экспериментального практикума «Вторая нуклеиновая»

Компоненты, входящие в учебный набор «Вторая нуклеиновая»	Дополнительные компоненты и принадлежности, не входящие в набор, но необходимые для проведения экспериментального практикума «Вторая нуклеиновая»
Макет с красной овальной РНК–полимеразой	Салфетки
Набор из 40 пар оснований для ДНК–цепи	Ёршик для пробирок
Набор из 40 оснований для РНК–цепи	Куриные яйца
Пробирки объёмом 15 мл	Проектор
Наклейки на пробирки «белки»	Компьютер
Пробирка с измельчёнными сухими дрожжами	Доска
Пробирка с измельчённым сухим мотылём	
Пробирка с измельчёнными кошачьими волосами	
Пробирка с мёдом	
Пробирка с измельчёнными сухими яблоками	
Стеклянные палочки	
Перчатки	
Штатив для пробирок	
Флакон с раствором В (реактив Бредфорда)	
Флакон с раствором Б (10% раствор едкого натра)	

Входное тестирование по теме «Вторая нуклеиновая» состоит из тестов с открытым типом ответа. При проведении итогового теста в состав учебно-методического комплекта входят задания с выбором ответа, с кратким ответом, задания на соответствие и работу с текстом и задания с открытым типом ответа, рассчитанные на профильный уровень подготовки учащихся. Они затрагивают вопросы по теоретической части материала и по методике проведённого эксперимента.

Цель экспериментального практикума «Геномы и баги» — знакомство с центральной догмой биологии, а также понимание процесса мутации. Для достижения цели необходимо решают задачи:

- освоить процесс транскрипции;
- изучить процесс переноса аминокислот;
- изучить строение рибосом;
- освоить процесс трансляции;
- изучить генетический код;
- понять, что такое мутации.

Термины и понятия, которыми учащиеся должны легко оперировать для лучшего понимания предстоящего практикума: ген, нуклеотид, ДНК, РНК, ферменты, аминокислоты, белки.

Изучаемые понятия: белок, фермент, репликация, молекула ДНК, рибосома, трансляция, генетический код, свойства генетического кода, мутация. Экспериментальный практикум предназначен для учащихся 10 – 11 классов и может быть выполнен при изучении тем: «Химический состав клетки. Нуклеиновые кислоты», «Биосинтез белка», «Изменчивость», «Генетика». Практикум рассчитан на два академических часа.

При обсуждении теоретической части учащиеся знакомятся с историей открытия процесса передачи наследственной информации, вспоминают, что такое ген и как гены кодируют продукцию белков. Выполняя задания, выясняют, что:

1. код триплетен — состоит из трёх букв;
2. в распоряжении мало слов (всего 20-21), а триплетов — 64;
3. есть слова, означающие окончание фраз;
4. один триплет кодирует одну аминокислоту;
5. белки состоят из аминокислот.

По ходу выполнения практикума задаются вопросы промежуточного контроля:

- Что такое ген?
- Что записано в генах?
- Посмотрите на таблицу и подумайте, сколько в ней слов.
- Какова особенность кода?
- Во сколько раз аминокислот в белке меньше, чем букв, кодирующих белок, в иРНК?

При выполнении экспериментальной части практикума решается ряд задач, первая из которых — получить иРНК и соединить тРНК с соответствующими аминокислотами. Вторая задача — собрать белковую цепь по последовательности иРНК, используя тРНК и аминокислоты. Задание выполняется под руководством учителя. Третья задача — посмотреть, что будет, если перепись данных пройдет неправильно.

Подготовка к экспериментальной части: первые две экспериментальные задачи проводятся в группах по два человека. Для каждой пары учитель подготавливает набор расходных материалов. Компоненты, необходимые для проведения экспериментально-практической работы, представлены в таблице 6:

Таблица 6 – Компоненты для выполнения экспериментального практикума «Геномы и баги»

Компоненты, входящие в учебный набор «Геномы и баги»	Дополнительные компоненты и принадлежности, не входящие в набор, но необходимые для проведения экспериментального практикума «Геномы и баги»
Карточки с таблицами	Компьютер
Набор нуклеотидов AUGUGUGAGAUACA UUGGCCAAGACACUGUUAG	Бумага
Аминокислоты	Проектор
Транспортные РНК	
Поле для трансляции	

Стоп РНК	
Последовательность цепочки для игры	
Таблицы для игры	
Составные части рыбы из пенокартона	

Тестирование по практикуму «Геномы и баги» состоит из входного тестирования и итогового тестирования. Входное тестирование проводится в формате «верю – не верю».

Цель экспериментального практикума «Секвенирование» – познакомить учащихся с процессом расшифровки генетического кода, применением полученной информации о генетическом коде в разных ситуациях, понять и освоить методологию разных типов секвенирования. Для достижения цели необходимо решить задачи:

- ввести общие понятия генетического кода, репликации ДНК, флуоресцентных меток, секвенирования;
- объяснить различия в прочтениях длинных и коротких фрагментов ДНК;
- ввести термин «перекрытие» фрагментов ДНК;
- вспомнить поэтапно процесс репликации ДНК.

Термины и понятия, которыми учащиеся должны легко оперировать для лучшего понимания предстоящего практикума: репликация ДНК, фрагменты ДНК, ген, геном, генетический код, праймер, 3' и 5' — концы цепей ДНК, репликация.

Изучаемые понятия: молекула ДНК, генетическая информация, двойная спираль, особенности строения ДНК, правило Чаргаффа, расшифровка генома, сборка расшифрованного генома, секвенирование, антипараллельность, флуоресцентная метка, остановка цепи, перекрытие. Экспериментальный практикум предназначен для учащихся 11 классов в качестве дополнения к урокам общей биологии. Практикум рассчитан на два академических часа.

Секвенирование – определение генетического кода, его расшифровка. Зачем может понадобиться знание кода ДНК? Для того, чтобы понять, как его можно

использовать, учащимся напоминают, что ДНК уникальна для каждого организма и схожа между родственниками. Эти свойства могут быть использованы:

1. для установления индивидуальности
  - a. для установления родства;
  - b. в криминалистике.
2. для определения видов живых организмов
  - a. филогенетика – узнавание родства определенных видов;
  - b. археология – обычно недавняя археология.

С другой стороны, ДНК – это код, по которому можно узнать свойство организма – отсюда появляются и другие применения.

3. диагностика заболеваний и предрасположенностей к ним;
4. биосинтез веществ;
5. получение ГМО.

Практическое задание по этой теме связано с решением криминалистической задачи методом анализа генетических данных. За основу взят роман Агаты Кристи «Рождество Эркюля Пуаро». До начала решения задачи, рассматриваются различные методы секвенирования, учащиеся выполняют небольшие практические задачи. Обсуждается проблема сборки геномов, ошибки ассемблинга и методы их исправления, наличие повторов и неопределённость в их расположении.

Во время обсуждения уместно задавать учащимся вопросы на понимание осваиваемого материала:

- Где в клетке содержится ДНК? Из чего состоит ДНК?
- Из чего состоят нуклеотиды?
- Всё живое стоит из клеток?
- В клетке есть ядро?
- Одинаковые ли ДНК у разных людей?
- Какова суммарная длина молекулы ДНК в клетке человека?

- Может ли ДНК копироваться неправильно?
- Какие буквы стоят друг напротив друга?
- Как вы думаете, сколько нуклеотидов содержится в организме человека?
- Сколько букв в коде ДНК?
- Для чего нам может быть нужно секвенирование?
- Какие основные свойства у ДНК?
- Какие основные участники в процессе репликации?
- Перечислите основные этапы секвенирования
- При помощи чего достигается сборка секвенированных фрагментов?

Экспериментальную часть практикума стоит предварить лёгкими заданиями:

1. Сколько различных вариантов последовательности из 2х нуклеотидов?
2. Сколько вариантов последовательности из 5 нуклеотидов?
3. А из 100?

Предлагается вернуться к началу практикума — к криминалистическому расследованию убийства Симеона Ли с применением методов геномного анализа. В наши дни такое преступление легко раскрыть при помощи секвенирования, проанализировав ДНК, оставленную убийцей на месте преступления, и ДНК всех подозреваемых. Учащимся представляются модели фрагментов последовательностей ДНК подозреваемого, потерпевшего, либо образцы с места преступления. Учащимся необходимо собрать из 9 геномных фрагментов последовательность, длиной в 70 нуклеотидов, пользуясь следующими правилами/подсказками:

1. чтобы найти последовательности, ищите идентичные пересечения между последовательностями.
2. длина получившегося маркера должна составлять 70 нуклеотидов.
3. чем больше пересечение, тем вероятнее, что оно — правильное.
4. пересечения меньше 3 нуклеотидов, скорее всего, неверные.

После того, как все команды собрали последовательности, необходимо свериться с предоставленной библиотекой ДНК подозреваемых и всех тех, кто был рядом во время преступления. Идентифицировать личность можно по определённым позициям: 3, 24, 53. После того, как правильно собрана последовательность необходимо выписать нуклеотиды из этих позиций на доску. Компоненты, необходимые для проведения экспериментально-практической работы, представлены в таблице 7:

Таблица 7 – Компоненты для выполнения экспериментального практикума «Секвенирование»

Компоненты, входящие в учебный набор «Секвенирование»	Дополнительные компоненты и принадлежности, не входящие в набор, но необходимые для проведения экспериментального практикума «Секвенирование»
комплект (9 шт.) пластиковых моделей с последовательностями ДНК подозреваемых — на каждую рабочую группу (2 чел.)	доска
карточки с описанием персонажей	компьютер
карточки с заданиями	проектор
библиотека («база данных») последовательностей ДНК подозреваемых	бумага
	карандаши

Тестирование проводится в формате входного и итогового теста. Время проведения входного тестирования – 3 мин. Итоговый тест проводится в формате теста с выбором ответа, на работу с текстом и тестов с закрытым типом ответов. Время проведения теста – 15 мин.

Цель экспериментального практикума «Великое расселение человека» – научиться использовать ДНК для восстановления хронологии событий, произошедших тысячи, миллионы, миллиарды лет назад, используя ДНК живущих сегодня организмов, в

частности для понимания как древний человек расселялся по Земному шару. Для достижения цели необходимо решить задачи:

- вспомнить строение молекулы ДНК;
- научиться находить отличия между двумя схожими последовательностями;
- научиться понимать филогенетические деревья;
- познакомиться с принципом максимальной бережливости;
- изучить миграцию человека, с помощью эволюционных деревьев.

Термины и понятия, которыми учащиеся должны легко оперировать для лучшего понимания предстоящего практикума: ДНК, популяция, мутации.

Изучаемые понятия: молекулярные часы, эволюционное дерево, предковая линия, последний общий предок, геном, скорость накопления мутаций. Практикум предназначен для учащихся 10-11 классов в качестве дополнения к урокам общей биологии. Практикум рассчитан на два академических часа.

Начиная обсуждение темы, необходимо вспомнить с учащимися, что с давних пор человеку интересно знать о своём прошлом, откуда появился *Homo sapiens*, кто был предком современного человека, где жили наши предки, чем они занимались и как выглядели. Приступая к знакомству с теоретической частью практикума, необходимо обсудить с учащимися, что все организмы, живущие на Земле, размножаются, давая начало новым организмам.

Учащимся даётся несколько простых заданий, например, определить, кто больше похож друг на друга: пингвин и лягушка или дельфин и селедка. В рамках выполнения практикума учащиеся отвечают на вопросы промежуточного контроля:

1. Кто больше похож друг на друга: 2 брата или племянник с дядей?
2. Нарисуйте предковые линии черепах и костных рыб (рис. 22). Где располагается последний общий предок этих систематических групп?

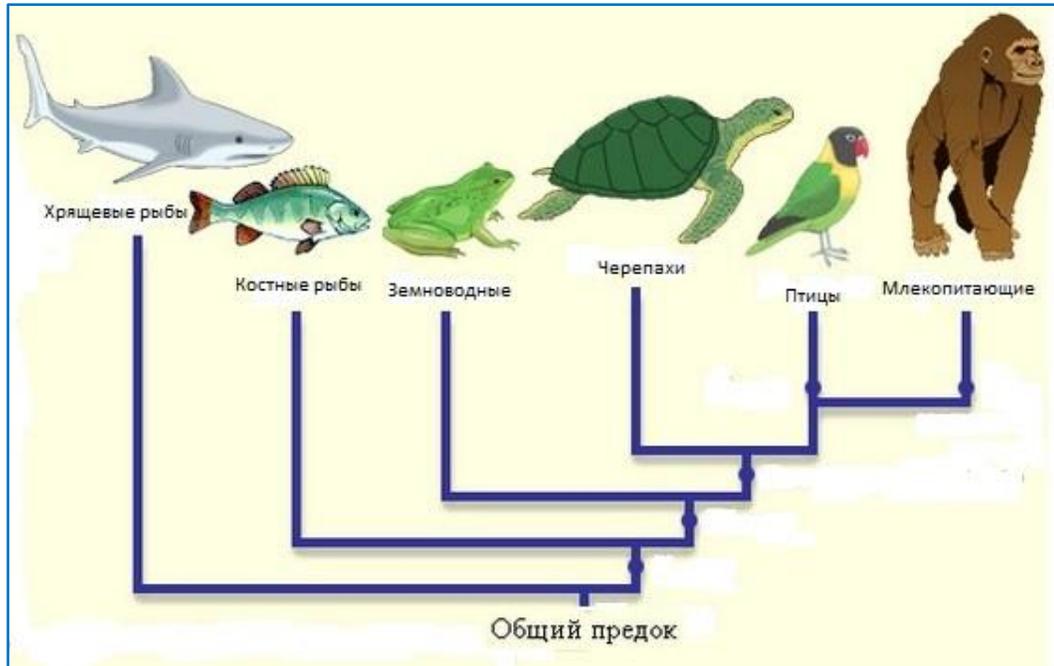


Рисунок 22 – Филогенетическое дерево позвоночных

3. Воспользовавшись эволюционным деревом позвоночных, определите, кто больше похож друг на друга: пингвин и лягушка или дельфин и селёдка?
4. Где записана информация о всех признаках организма?
5. Даны 3 последовательности. Одна из них, первая, принадлежит деду (Александру II). Другая — отцу (Александру III). А третья — сыну (Николаю II). Кто же отец, а кто сын?  
 №1: GCTTCGATG — Александр II  
 №2: GCTACGACG  
 №3: GCTACGATG
6. Как известно, дальними предками птиц были динозавры. Учёные выделили небольшой ген из окаменелости динозавра и сравнили её с тем же геном пингвина из зоопарка. Последовательности отличаются друг от друга на 12 мутаций. Средняя скорость мутагенеза такого гена – 1 мутация в 15 миллионов лет. Какой примерный возраст окаменелости динозавра? (рис. 23).

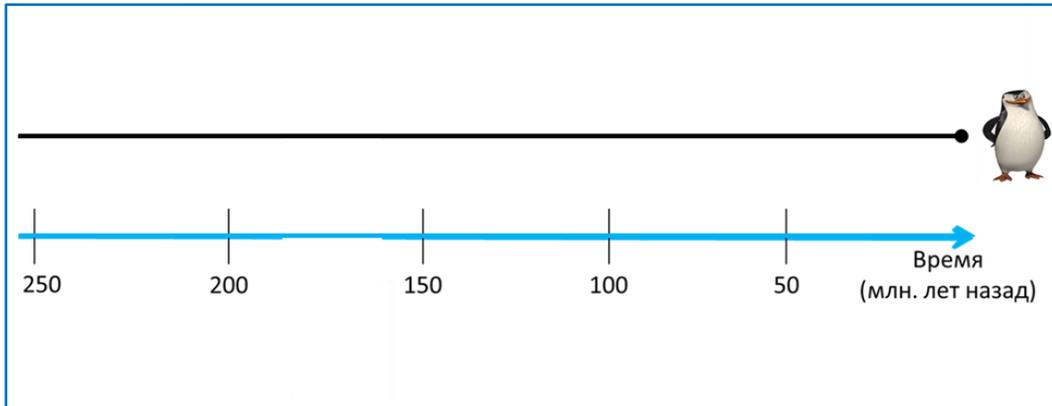


Рисунок 23 – Какой примерный возраст окаменелости динозавра?

7. Можем ли мы узнать, когда примерно жил последний общий предок всех птиц?  
Скорость мутагенеза в данном гене — 1 мутация в 15 миллионов лет (рис. 24).



Рисунок 24 – Сколько лет назад жил последний общий предок всех современных птиц?

8. Млекопитающие отделились от предков динозавров примерно 340 миллионов лет назад. Сколько мутаций (различий) в данном гене человека по сравнению с геном ископаемого динозавра? Средняя скорость мутагенеза в данном гене – 1 мутация за 15 миллионов лет (рис. 25).

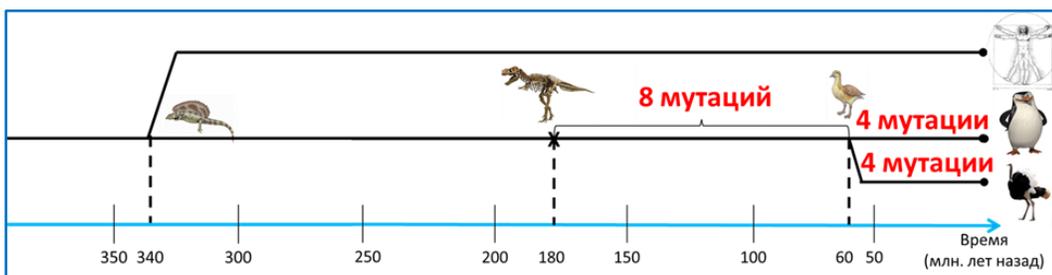


Рисунок 25 – Сколько мутаций (различий) в данном гене человека по сравнению с геном ископаемого динозавра?

9. Сколько мутаций разделяют последовательности изучаемого гена страуса и человека? (рис. 26).



Рисунок 26 – Сколько мутаций разделяют последовательности изучаемого гена страуса и человека?

В ходе проведения экспериментальной части практикума решается несколько задач: строится эволюционное древо происхождения человека по последовательностям ДНК. Предки человека эволюционировали в пределах Африки долгое время, несколько миллионов лет. Одни виды сменяли другие, и, наконец, примерно 100 тыс. лет назад современный человек вышел за пределы Африки и дал начало всем современным культурам, населяющим Земной шар.

Современные учёные знают, что выход человека за пределы Африки вовсе не был столь прост и однозначен. История эта сложна и запутана и до сих пор не имеет однозначного ответа, однако, для нашей работы, мы можем сделать такое упрощение. Как же древний челове расселялся по планете?

Вновь воспользуемся методом эволюционных деревьев [110, 121]. Представьте себе: древний человек вышел из Африки, попал на арабийский полуостров и родил 2

детей. Один из них дал начало аравийской культуре, а другой отправился дальше, в сторону Индии, и дал начало индийцам. Это такое же разделение общего предка на ветви, какое мы видели в случае эволюции видов. А значит можно использовать метод эволюционных деревьев, используя последовательности ДНК современных представителей различных культур, проживающих на Земле, и с помощью него узнать, как наши предки распространялись по Земному шару. Компоненты, необходимые для проведения экспериментально-практической работы, представлены в таблице 8:

Таблица 8 – Компоненты для выполнения экспериментального практикума «Великое расселение человека»

Компоненты, входящие в учебный набор «Великое расселение человека»	Необходимые компоненты для итогового тестирования по практикуму «Великое расселение человека»	Дополнительные компоненты и принадлежности, не входящие в набор, но необходимые для проведения экспериментального практикума «Великое расселение человека»
карточки со сквозными вопросами	последовательности ДНК народов Африки – 7 шт.	бумага
последовательности, необходимые для построения филогенетического дерева	последовательности ДНК народов Северной Америки – 7шт.	ручки
	последовательности ДНК народов Южной Америки – 7шт.	проектор
	последовательности ДНК народов Европы – 7 шт.	ноутбук
	последовательности ДНК народов Азии – 7 шт.	
	последовательности ДНК народов Австралии – 7 шт.	

	карта для нанесения путей миграции	
--	------------------------------------	--

Тестирование по практикуму «Великое расселение человека» проводится в формате входного, промежуточного и итогового тестирования. Входное тестирование для учащихся 10 – 11 классов следует применять по данной теме тестирования в формате ЕГЭ, дополняя его одним практическим заданием. Время на решение заданий — от 5 до 10 минут для тестовой части и 30 мин для практической части.

Итоговое тестирование проводится в формате выполнения задания с выбором ответа и с кратким ответом, а также задания по выполнению проекта, время для выполнения задания — 35 минут.

Тестирование по теоретической части:

Выполнение проекта «Великое расселение человека».

Цель проекта – проследить путь миграции человека по планете с помощью эволюционных деревьев, построенных по одному и тому же гену современных представителей различных человеческих культур. Каждая из рабочих групп анализирует и воспроизводит расселение человека по одной из частей света. После того, как все группы успешно выполняют свои части, карты соединяются в одну, на которой прослеживается весь путь миграции человека по планете.

Протокол учащегося по выполнению практикума:

1. Постройте эволюционное дерево представителей различных народов на данной части света, не нанося дерево на карту;
2. Выберите любой народ (любое число от 1 до 7), нарисуйте первую ветвь (горизонтальную) с этим народом;
3. Выберите любой другой народ, считая число мутаций между ним и первым народом, нарисуйте разветвление, подпишите число мутаций над ветвями;
4. Выберите новый народ, посчитайте число мутаций между ним и первым народом и продолжайте «ветвить» дерево. Если число мутаций между ним и первым народом

совпадает с другим, уже нарисованным на дереве народом, считайте число мутаций между ними и разветвляйте их на общей боковой ветви. Повторите алгоритм, пока не будут нанесены все народы.

5. Учителю необходимо проверить правильность построенного дерева.
6. Теперь нанесите построенное эволюционное дерево на карту:
  - 6.1. Соедините линией народ, с которого начали строить дерево, с его наиболее удалённым родственником. Обозначьте стрелкой направление миграции человека: от самого удалённого от всех остальных представителей к остальным.
  - 6.2. Ответвляйте от построенной линии остальные линии согласно нашему дереву. Внимание: нужно не соединить все точки в определённой последовательности, а именно ответвлять дерево!
7. Когда дерево нарисовано на черновой карте, покажите его учителю, после чего нарисуйте дерево на чистовом варианте карты и прикрепите её на стену. Соедините все континенты карты мира.

После успешно нарисованной чистовой версии пути расселения человека, учитель предлагает рабочей группе повесить и приклеить карту на стену и помогает ей в этом, внимательно следя за тем, чтобы карты с частями света правильно накладывались друг на друга, в случае необходимости — дорисовывает недостающие линии миграции человека между континентами.

## **§2. Экспериментальная деятельность по организации образовательного процесса в экспериментально-практической среде обучения биологии**

Целью педагогического эксперимента было качественное и количественное определение уровня усвоения учащимися содержания биологического образования при организации образовательной деятельности в экспериментально-практической среде

обучения биологии. При планировании исследовательской работы использовались три метода оценки, а именно:

- стандартизированная оценка;
- опрос учащихся и выполнение ими задания по написанию эссе;
- анкетирование профессионального сообщества.

Под стандартизированной процедурой оценки в исследовании понимался «процесс создания оценок, устанавливающий правила на уровне отдельных проектов». Эта процедура «защищает от произвольного изменения оценок из-за того, что участнику проекта не понравился конкретный результат. Она способствует логическому единству процесса оценки» [100]. При разработке оценочных средств был изучен и использовался опыт российских методологов [12, 108].

В данной работе под проектом подразумевается проект по проведению сравнительного исследования уровня усвоения материала экспериментальными группами (ЭГ). Стандартизированная оценка выполнялась в двух экспериментальных группах (ЭГ1 и ЭГ2): было проведено сравнение результатов тестирования на уровень усвоения материала в ЭГ1 и ЭГ2, при этом ЭГ1 не выполняла экспериментального практикума, а каждый из участников ЭГ2 самостоятельно выполнил эксперимент.

Опрос учащихся проводился только в ЭГ2, в которой было предложено написать 1-страничное эссе с целью выяснения изменения их заинтересованности и лёгкости понимания пройденной темы программы общей биологии до и после участия в лабораторной работе.

Анкетирование профессионального сообщества было проведено с целью выяснения заинтересованности учителей биологии в организации образовательного процесса в экспериментально-практической среде обучения биологии, а также о реализуемости данного подхода в российских общеобразовательных учреждениях. Информация об организации, проведении и результатах анкетирования подробно представлена в первой главе.

Для достижения цели педагогического эксперимента решались задачи:

- (1) выбрать оптимальный дизайн эксперимента для обеспечения независимого достоверного сравнения уровня освоения материала участниками эксперимента. Ставится задача определения разницы в уровне понимания материала участниками эксперимента до и после проведения экспериментального практикума, вне зависимости от их исходного (фонового) уровня знаний;
- (2) в целях формирования одинаковых по уровню знаний ЭГ организовать тестовые испытания участников эксперимента и разделить их на ЭГ1 (контрольная группа, не участвующая в обучающем эксперименте) и ЭГ2 (группа, участвующая в обучающем эксперименте);
- (3) провести обучающий эксперимент в формате экспериментально-практической работы в ЭГ2;
- (4) опросить участников ЭГ2 после выполнения ими экспериментального практикума, попросить их написать эссе;
- (5) провести анкетирование профессионального сообщества – учителей биологии.

Цель и задачи исследования позволили разработать дизайн эксперимента и программу его проведения:

1. Организация тестовых испытаний экспериментальных групп (ЭГ1 и ЭГ2):
  - 1.1. Проведение констатирующего эксперимента с участием всех учащихся с целью выявления исходного уровня подготовки «как продукта предыдущего обучения» [94] и разделения всех участников на ЭГ1 и ЭГ2;
  - 1.2. Проведение обучающего эксперимента в ЭГ2, при котором участники ЭГ2 обучаются в экспериментально-практической среде обучения биологии;
  - 1.3. Проведение контрольного эксперимента в ЭГ1 и ЭГ2 для фиксации разницы в уровне понимания материала участниками, обучавшимися и не обучавшимися в экспериментально-практической среде обучения биологии;

2. опрос учащихся ЭГ2 после обучения в экспериментально-практической среде, выполнение ими задания по написанию эссе;
3. проведение анкетирования профессионального сообщества – учителей биологии.

Для проведения констатирующего, обучающего и контрольного экспериментов была выбрана область образовательных результатов для экспериментального тестирования по теме «Структура и функции нуклеиновых кислот: состав и структура ДНК». Все участники эксперимента на момент проведения эксперимента обучались в 10 – 11 классах. При этом все участники эксперимента изучали учебный материал по теме «Нуклеиновые кислоты». В кодификаторе к ЕГЭ этот материал относится к разделу: «2.3 Химический состав клетки. Макро- и микроэлементы. Взаимосвязь строения и функций неорганических и органических веществ (белков, нуклеиновых кислот, углеводов, липидов, АТФ), входящих в состав клетки. Роль химических веществ в клетке и организме человека; 2.6 Генетическая информация в клетке. Гены, генетический код и его свойства. Матричный характер реакций биосинтеза. Биосинтез белка и нуклеиновых кислот» [21].

Выбор темы для проведения экспериментального тестирования обосновывается её востребованностью и актуальностью использования в современной жизни. Понимание механизмов репликации ДНК, транскрипции, трансляции, методик геномного анализа, геномного редактирования, технологий высокопроизводительного секвенирования и анализа ДНК, профилактики, диагностики и лечения многих заболеваний на основе вышеперечисленных методов становятся определяющими факторами современного образа жизни, формируют запрос на новый формат услуг здравоохранения, а квалифицированные специалисты в этих областях высоко востребованы на рынке труда.

Эксперимент проводился на базе ГБОУ «Школа № 192» города Москвы, ГБОУ «Школа № 199» города Москвы, а также с участием МОУ СОШ № 34 г. Томска, МОУ СОШ № 40 г. Томска, МОУ «Синеутёсовская СОШ» п. Синий Утёс Томского района в

рамках мероприятий Ассоциации инновационных регионов России. Исследование осуществлено в 2015 году. Выборка составила 188 учащихся.

В соответствии с п. 1.1. программы эксперимента проводился констатирующий эксперимент с целью выяснения фонового уровня знания предмета «как продукта предыдущего освоения школьной программы по общей биологии» с целью равномерного непредвзятого разделения участников на две ЭГ, одинаковые по уровню знаний.

Констатирующий эксперимент состоял из тестирования в игровом варианте и тестирования в формате «верю — не верю». Перевод полученных баллов в «пятибалльную шкалу» обычно осуществляется следующим образом:

- 5 баллов – при получении 60 – 80 баллов;
- 4 балла – при получении 40 – 60 баллов;
- 3 балла – при получении 20 – 40 баллов;
- 2 балла – при получении менее 20 баллов.

При тестировании в игровом варианте предлагалось выполнить задания с 20 перечисленными объектами (нумерация от 1 до 20). Максимальное количество баллов в каждом из трёх заданий — 20 баллов, по 1 баллу за каждый в правильной последовательности размещённый объект или отнесённый в правильную группу объект. За неправильный ответ или за отсутствие ответа начислялось 0 баллов. Таким образом, максимальное количество баллов, которое мог получить каждый участник, — 60 баллов. Время на выполнение одного задания — 5 минут, то есть 15 минут на все три задания.

Тестирование в игровом варианте: все участники эксперимента получили карточки с картинками и подписями: электрон (1), атом углерода (2), молекула воды (3), молекула глюкозы (4), молекула ванилина (5), нуклеосома (6), вирус гриппа (7), митохондрия (8), холерный вибрион (9), дрожжи (*Saccharomyces cerevisiae*) (10), инфузория туфелька (11), амёба протей (12), эритроцит человека (13), колибри (14), улитка виноградная (15), паук

птицеед (16), двигательный нейрон жирафа (17), кошка домашняя (18), голубой кит (19), секвойя (20). Также все получили карточку с тремя заданиями:

Задание № 1. Разместить объекты на картинках по увеличению размера от самого маленького до самого большого и затем выписать последовательность номеров в порядке увеличения размера объектов.

Задание № 2. Разделить объекты на картинках на три группы: (А) неклеточных объектов, (В) объектов, содержащих ядро и (С) объектов без ядра. (20 баллов)

Задание № 3. Разделить объекты на картинках на три группы: (D) те объекты, которые видны невооружённым глазом; (F) объекты, видимые в световой микроскоп; (G) объекты, которые можно увидеть только в электронный микроскоп. (20 баллов)

Для проведения тестирования в формате «верю — не верю» участникам эксперимента были даны карточки с таблицей, в левой колонке которой были написаны утверждения, а в правой колонке было необходимо проставить «да» или «нет» (таблица 9). Каждый правильный ответ в этом задании оценивался в 2 балла, неправильный ответ или отсутствующий ответ оценивались в 0 баллов, таким образом, максимальное количество баллов составило 20 баллов, а время на выполнение теста — 10 минут.

Таблица 9 – Констатирующий эксперимент: тестирование в формате «верю – не верю»

№	Утверждение	«Да» или «Нет»
1.	Жизнь сама зарождается в гнилом мясе	
2.	Самая большая клетка имеет длину 12 м	
3.	Глюкоза нужна в клетке для передачи наследственной информации от клетки к клетке	
4.	Количество букв в названии молекул соответствует количеству атомов в этой молекуле	
5.	Силой мысли можно поменять информацию, заложенную в ДНК	
6.	Наследственная информация о признаках организма закодирована в белках	

7.	Молекула аминокислоты кодируется последовательностью трёх нуклеотидов	
8.	Молекула ДНК снабжает клетку энергией	
9.	В митозе, в отличие от мейоза, происходит одно деление, состоящее из четырёх фаз	
10.	Совокупность генов одного человека называется его генофондом	

При проведении эксперимента необходимо было обеспечить равномерное распределение уровня знаний участников ЭГ1 и ЭГ2. По результатам констатирующего эксперимента было проведено корректное разделение всех участников на две одинаковые по уровню знаний группы (таблица 10).

Таблица 10 — Разделение участников эксперимента на ЭГ1 и ЭГ2 по итогам констатирующего эксперимента

№ группы	Количество человек	Распределение оценок по группам				Количество отобранных участников ЭГ1	Количество отобранных участников ЭГ2
		5	4	3	2		
1	24	7	11	6	0	8	16
2	26	5	17	3	1	9	17
3	18	6	10	2	0	6	12
4	22	3	13	6	0	7	15
5	20	2	17	1	0	6	14
6	28	8	16	4	0	9	19
7	16	4	9	3	0	5	11
8	16	4	10	2	0	5	11
9	18	4	7	6	1	6	12
Итого:	188	43	110	33	2	61	127

В общей сложности первая экспериментальная группа (ЭГ1) состояла из 61 учащегося, вторая экспериментальная группа (ЭГ2) — из 127 учащихся. Группы, как отмечено, были сформированы в соответствии с требованием примерно одинаковой успеваемости по биологии.

Далее в соответствии с п. 1.2. программы эксперимента в ЭГ2 проводился обучающий эксперимент, в процессе которого участники самостоятельно с использованием протокола проводили экспериментально-практическую работу.

Сценарий проведения обучающего эксперимента «ДНК — твоя самая главная молекула» представлен ниже:

### *1. Организационный момент (2 минуты)*

Выполнение работы не требует никаких специальных мер предосторожности. Тем не менее, в помещении, где выполняется работа, нельзя есть, пить и пользоваться косметикой. Рекомендуем пользоваться резиновыми перчатками, защитными очками и халатами. Вымойте руки с мылом до и после урока. При попадании рабочих растворов в глаза необходимо тщательно промыть их водой.

### *2. Актуализация полученных знаний (5 минут)*

Информация обо всем многообразии свойств организма заключена в его генетическом материале — двуцепочечной молекуле дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК). Слово «ДНК» — один из немногих биологических терминов, которые знает каждый. Это неудивительно: вот уже много лет изучение именно этой молекулы является одним из самых быстро развивающихся направлений в науке. В наше время с ДНК работают не только биологи. Криминалисты используют методы генетического анализа для поиска преступников, медики — для диагностики болезней и предсказания индивидуальной реакции пациентов на различные лекарства. Образцы древней ДНК позволяют археологам и историкам получить новые данные о путях миграции и расселения целых народов. С каждым годом областей применения геномных технологий становится все больше, а рассказывать о них — все сложнее.

Предлагаемый экспериментальный практикум поможет сделать занятия более глубокими и наглядными. Выполнив задание, вы познакомитесь с процедурой выделения и очистки ДНК — первым этапом практически любого современного

молекулярно-генетического исследования. Вы узнаете о строении и важных химических свойствах ДНК, а также сможете увидеть это вещество собственными глазами.

### 3. *Обсуждение экспериментально-практической работы (5 минут):*

На первом этапе работы вы должны осторожно собрать эпителиальные клетки с внутренней поверхности щеки, а затем сполоснуть рот водой и перенести её в пробирку. В результате, вместе с водой в пробирку попадут клетки эпителия ротовой полости. Именно из них будет происходить выделение ДНК.

Для выделения ДНК используют слабощелочной лизирующий буфер. Вы добавите этот буфер к собранным клеткам. Лизирующий буфер содержит детергент — поверхностно-активное вещество, разрушающее фосфолипидные мембраны клеток.

Чтобы отделить высвобождающуюся ДНК от белковых примесей в ёмкость с клетками также потребуется внести разрушающий белки фермент — протеазу. После этого суспензию клеток необходимо выдержать десять минут при оптимальной для работы фермента температуре —  $+50^{\circ}\text{C}$ . Кислотность среды, оптимальную для работы фермента, обеспечит лизирующий буфер.

Для того чтобы выделить ДНК из раствора достаточно разбавить его большим количеством спирта. В этих условиях растворимость ДНК резко снижается и вещество выпадет в осадок. В водно-спиртовой смеси образуются тонкие белые нити, которые можно хорошо рассмотреть невооружённым глазом.

### 4. *Обсуждение рабочего места и состава штативов (3 минуты)*

Эксперимент проводится в рабочих группах по два человека. Каждый участник группы должен выделить собственную ДНК, выполнив все необходимые для этого процедуры. Для каждой группы подготовлен набор реактивов и расходных материалов, который представлен в таблице 11:

Таблица 11 – Обучающий эксперимент: состав штатива для выполнения практикума участниками ЭГ2

Тип пробирки	Содержимое	Объём жидкости	Кол-во пробирок	Подпись
пробирка на 15 мл	Питьевая вода	3 мл	2 шт.	Подписываются участниками ЭГ2
пробирка на 15 мл	Буфер для лизиса	10 мл	1 шт.	«Лизис»
цветная микропробирка на 2 мл	Раствор протеазы	1 мл	1 шт.	«Протеаза»
прозрачная микропробирка на 2 мл	–	–	2 шт.	Подписываются участниками ЭГ2
Дополнительные компоненты штатива:				
одноразовые пипетки Пастера				8 шт.
ёмкость для мусора				1 шт.
перчатки				2 пары
очки защитные лабораторные				2 шт.
халат				2 шт.
несмывающийся фломастер для маркировки пробирок				1 шт.

5. *Выполнение экспериментально-практической работы по выданному участникам протоколу (30 минут)*

## ПРОТОКОЛ

### Шаг 1 «Сбор клеток»

Простейший способ увидеть вашу ДНК – выделить её из эпителиальных клеток, покрывающих ротовую полость. Старые и повреждённые твёрдой пищей клетки постоянно отслаиваются, а их место занимают новые. В нашем эксперименте мы будем использовать эпителиальные клетки потому, что их можно очень легко и быстро собрать.

1. Возьмите с вашего стола 15–мл пробирку, содержащую 3 мл воды. Подпишите её, указав инициалы. Чтобы собрать достаточное количество эпителиальных клеток

ротовой полости, нужно осторожно пожевать внутренние поверхности щёк в течение 30 секунд.

2. Наберите воду из 15-мл пробирки в рот, и тщательно полощите его в течение 30 секунд. Внимание: не глотайте воду!
3. Аккуратно перенесите воду обратно в пробирку.

Вопросы на понимание процесса сбора клеток:

- Назовите источник ДНК, которую выделяют в ходе эксперимента:
  - a. Ядра клеток эпителия ротовой полости
  - b. Митохондрии клеток эпителия ротовой полости
  - c. Бактерии ротовой полости
  - d. Все выше названные типы ДНК

## Шаг 2: «Разрушение (лизис) клеток»

Для того чтобы проникнуть в клетку и добраться до ДНК, нам придется разрушить клеточную и ядерную мембраны. Они состоят из особым образом устроенных жиров, которые называют фосфолипидами. В эксперименте мы будем разрушать мембраны с помощью детергента. Детергенты являются основным компонентом моющих средств. Они растворяют фосфолипидные мембраны точно так же, как это происходит с обычным жиром на грязной посуде.

1. Используя чистую одноразовую пипетку Пастера, добавьте 2 мл буфера для лизиса в пробирку с клетками (буфер содержит детергент и находится в 15-мл пробирке с надписью «Лизис»). Выбросьте пипетку после использования.
2. Закрутите пробирку с клетками крышкой, затем аккуратно переверните ёмкость 5 раз, но ни в коем случае не трясите ее.

Вопросы на понимание процесса разрушения плазматических мембран:

- Если раствор детергента разрушает клеточную мембрану, то почему мыло не разъедает человеку руки?

- Почему желчь (естественный детергент), которая выделяется в двенадцатиперстную кишку, не растворяет клетки эпителия кишечника?
- Какие молекулы, кроме ДНК, выйдут в раствор после разрушения мембраны клеток детергентом?

### Шаг 3: «Удаление белков»

Находящаяся внутри клеток ДНК практически всегда плотно связана со специальными белками – гистонами. Она аккуратно намотана на них, как нить на катушку. Благодаря этому ДНК занимает в клетке мало места и не запутывается. Чтобы получить чистую ДНК, необходимо разрушить гистоны и другие ДНК-связывающие белки. Для этого мы будем использовать протеазу – фермент, способный разрушать белковые молекулы.

1. Возьмите со стола микропробирку с протеазой (подписана «Протеаза»). С помощью чистой одноразовой пипетки Пастера добавьте к подписанной вами пробирке пять капель раствора протеазы. Выбросьте пипетку после использования.
2. Закройте пробирку с вашим образцом и несколько раз переверните, чтобы перемешать содержимое.
3. Установите пробирку в штатив, а затем поместите в водяную баню, нагретую до 50°C. Подождите десять минут и перенесите пробирку обратно на стол.

Вопросы на понимание процесса разрушения белков:

- Вещество, разрушающее белки, называется \_\_\_\_\_ и является биологическим катализатором, или \_\_\_\_\_.
- Где протеазы находятся в вашем теле? Поясните, почему вы так думаете.
- Изучите график зависимости относительной активности термостабильной протеазы *Bacillus sp.* от температуры (по оси *x* отложена температура (в °C), а по оси *y* – относительная скорость активность фермента (в %)). Какое из нижеприведённых

описаний наиболее точно характеризует данную зависимость в указанном диапазоне температур?

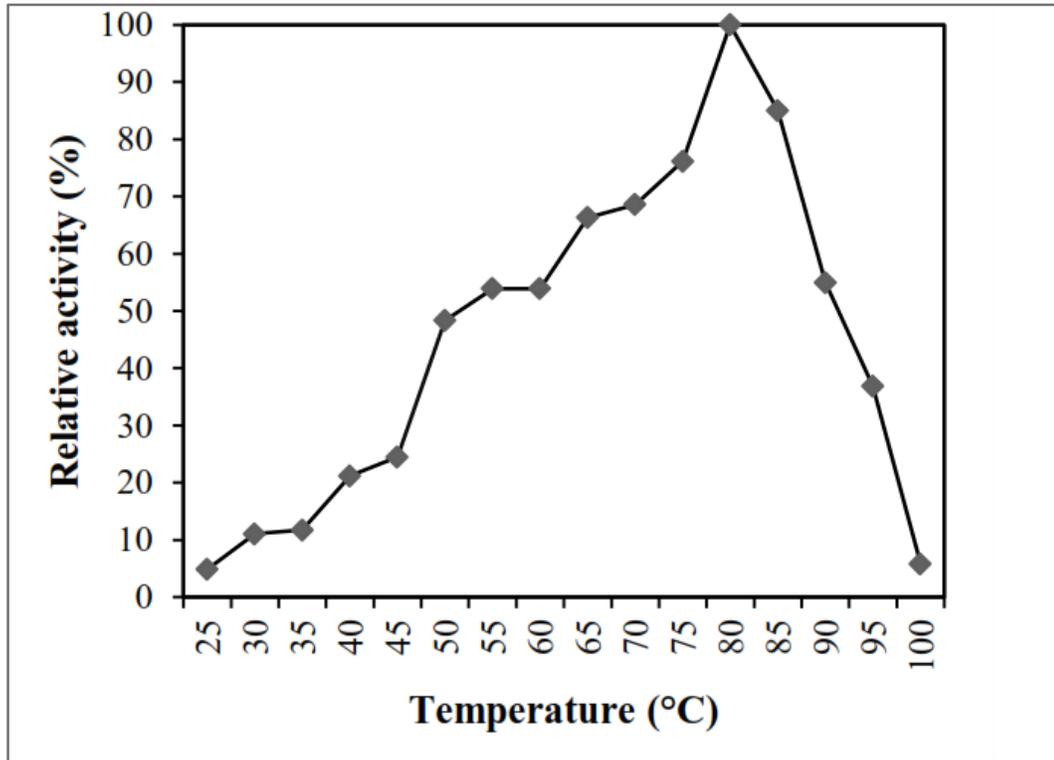


Рисунок 27 – График зависимости относительной активности термостабильной протеазы *Bacillus sp.* от температуры

- Активность фермента протеазы с повышением температуры:
  - a. Резко снижается, достигая своего минимального значения, после чего резко растёт
  - b. Медленно растёт
  - c. Растёт, достигая своего максимального значения, после чего резко начинает снижаться
  - d. Плавно колеблется около средних значений
- Добавление к клеткам детергента позволяет
  - a. Осадить ДНК из раствора

- b. Растворить белки, связанные с молекулой ДНК
- c. Растворить мембраны клетки
- d. Осадить белки, растворённые в цитоплазме

#### Шаг 4: «Осаждение ДНК»

На этом этапе эксперимента в пробирке находится раствор, содержащий не только ДНК, но и многие другие вещества, высвободившиеся из разрушенных детергентом клеток. Для того, чтобы отделить ДНК от остальных соединений в растворе, достаточно добавить в пробирку холодный спирт. Это приведет к тому, что растворимость ДНК резко снизится. Она выпадет в осадок, который можно рассмотреть невооружённым глазом.

1. Возьмите у учителя ёмкость с холодным спиртом. Держа пробирку с вашим образцом под углом, добавьте туда с помощью чистой одноразовой пипетки Пастера 10 мл спирта, так, чтобы он медленно стекал по стенке. Завинтите крышку на пробирке. Содержащаяся в растворе ДНК начнёт выпадать в осадок.
2. Установите пробирку прямо перед вами в штатив на 5 минут и не прикасайтесь к ней в течение этого времени, чтобы не нагревать теплом своих рук.
3. Медленно переверните пробирку 5 раз. Обратите внимание на плавающие в растворе белые или прозрачные нити. Это ваша ДНК! Она выпала в осадок. Вы можете отобрать пипеткой со дна 1 мл содержащего осадок раствора, перенести его в прозрачную микропробирку и хранить ДНК там, удивляя друзей.

Вопрос на понимание процесса осаждения ДНК:

- Засчёт чего спирт позволяет перевести ДНК в нерастворимую форму?

Вопросы на понимание всей экспериментально-практической работы:

1. Соотнесите реагент, необходимый для выделения молекулы ДНК и температурные условия, при которых его работа оптимальна (таблица 12):

Таблица 12 – Задание 1 для ЭГ2 на понимание экспериментального практикума

Реагент	Температура
1. Буфер для лизиса	а. –20 °С
2. Протеаза	в. Комнатная температура
3. Спирт	с. + 50 °С

2. Соотнесите экспериментальные процедуры (справа) и их результаты (слева) (таблица 13):

Таблица 13 – Задание 2 для ЭГ2 на понимание экспериментального практикума

1. Собрать клетки	а. Добавить протеазу и инкубировать при 50 °С
2. Растворить клеточные мембраны	б. Добавить холодный спирт
3. Разрушить белки	с. Добавить раствор детергента
4. Осадить ДНК	д. Пожевать внутренние поверхности ваших щёк и тщательно прополоскать водой

б. *Обсуждение результатов экспериментального практикума*

Предложенный формат экспериментального исследования позволил сравнить эффективность усвоения материала в экспериментально-практической среде обучения биологии с уровнем усвоения материала при традиционной организации образовательного процесса. На момент начала проведения эксперимента все участники ЭГ1 и ЭГ2 уже изучили тему «Нуклеиновые кислоты». В соответствии с п. 1.3. программы проведения эксперимента контрольный эксперимент проводился в формате тестирования ЭГ1 и ЭГ2. Обеим группам было предложено ответить на вопросы с выбором варианта ответа и вопросы с открытым типом ответа. Задания с выбором ответа

оценивались в 2 балла за каждый правильный ответ и 0 баллов за неправильный или отсутствующий ответы, на выполнение давалось 5 минут. Задания с открытым типом ответа оценивались в 1 – 3 балла за каждый правильный или частично правильный ответ и 0 баллов за неправильный или отсутствующий ответы, на их выполнение давалось 15 минут. Перевод полученных баллов в «пятибалльную шкалу» осуществляется следующим образом:

- 5 баллов – при выполнении 75 – 100 %;
- 4 балла – при выполнении 50 – 75 %;
- 3 балла – при выполнении 25 – 50 %;
- 2 балла – при выполнении менее 25 %.

Вопросы с вариантами ответа.

1. В состав нуклеотидов ДНК не входит:
  - a. рибоза
  - b. дезоксирибоза
  - c. фосфат
  - d. азотистое основание
2. Какое азотистое основание комплементарно аденину (А) в молекуле ДНК?
  - a. цитозин (С)
  - b. гуанин (G)
  - c. тимин (Т)
  - d. урацил (U)
3. В каких органеллах клетки содержится ДНК?
  - a. эндоплазматическая сеть
  - b. ядро
  - c. аппарат Гольджи
  - d. клеточный центр

4. Какой тип химической связи в наибольшей мере поддерживает вторичную структуру молекулы ДНК?
  - a. ковалентный
  - b. ионный
  - c. водородный
  - d. гидрофильно-гидрофобное взаимодействие
5. В двуцепочечной молекуле ДНК гуанин (G) и цитозин (C) соединены:
  - a. двумя пептидными связями
  - b. двумя водородными связями
  - c. тремя водородными связями
  - d. тремя ионными связями
6. Какие функции выполняет ДНК в клетке?
  - a. биосинтез нуклеотидов
  - b. формирование веретена деления
  - c. клеточное дыхание
  - d. хранение и реализация наследственной информации
7. Выберите правильный состав нуклеотида ДНК:
  - a. дезоксирибоза, урацил, остаток фосфорной кислоты
  - b. рибоза, аденин, остаток фосфорной кислоты
  - c. дезоксирибоза, аденин, остаток фосфорной кислоты
  - d. рибоза, урацил, остаток фосфорной кислоты
8. В 1962 году за расшифровку структуры ДНК Нобелевскую премию по физиологии и медицине получили:
  - a. Джеймс Уотсон, Фрэнсис Крик и Морис Уилкинс
  - b. Реймонд Гослинг, Лайнус Полинг и Розалинд Франклин
  - c. Джеймс Уотсон и Фрэнсис Крик
  - d. Джеймс Уотсон, Фрэнсис Крик и Розалинд Франклин

9. Процесс повреждения ДНК называется:
- мутацией
  - транскрипцией
  - трансляцией
  - репликацией
10. Один виток двуцепочечной спирали молекулы ДНК составляет:
- 20 пар оснований
  - 10 пар оснований
  - 5 пар оснований
  - 12 пар оснований

Ключ к вопросам с выбором ответа входит в состав учебно-методического комплекта (таблица 14).

Таблица 14 – Контрольный эксперимент: ключи к вопросам с выбором ответа для ЭГ1 и ЭГ2

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
a	c	b	c	c	d	c	a	a	b

Вопросы с открытым типом ответа.

- Где в клетке содержится ДНК?
- Из чего состоит ДНК?
- Из чего состоят нуклеотиды?
- Зачем ДНК ассоциирована с гистонами в клеточном ядре?
- Составьте комплементарную цепь ДНК: ССТТТТАГГГАСТGGTCTAA
- Нейрон и клетка эпителия желудка одного человека содержат одни и те же хромосомы?

7. Вам надо выделить ген, который кодирует белок, вырабатываемый клетками желудка (например, трипсин). Можете ли вы найти этот ген в клетках эндотелия сосудов? Объясните ваше предположение.
8. Две цепи ДНК удерживаются друг против друга водородными связями. Определите число двойных и тройных водородных связей этой цепи ДНК, если известно, что нуклеотидов с тиминном – 18, с цитозином – 32 в обеих цепях ДНК.
9. Какие особенности строения молекулы ДНК позволяют ей выполнять её функции?
10. В молекуле ДНК содержится 17 % аденина. Определите, сколько (в %) в этой молекуле содержится других нуклеотидов.
11. В молекуле ДНК адениновые нуклеотиды составляют 15 %. Определить процентное содержание остальных нуклеотидов и длину этого фрагмента ДНК, если в нем содержится 700 цитидиловых нуклеотидов, а длина одного нуклеотида равна 0,34 нм.

По результатам контрольного эксперимента на основе единых методик и собственных разработок проводилась оценка результатов проверки уровня усвоения материала участниками ЭГ1 и ЭГ2. Тестовые задания с большой достоверностью определили уровень знаний участников эксперимента в связи с тем, что разнообразные проверочные задания давали надежное представление о понимании учащимися как простой, так и сложной информации, умении пользоваться полученными теоретическими знаниями, методами анализа данных, об использовании естественно-научных методов и проведении исследований.

Результат контрольной работы оценивался суммой баллов, которые были получены за ответы на вопросы с выбором варианта ответа и вопросы с открытым типом ответа. При этом правильный ответ при выборе вариантов ответа оценивался в 2 балла; за полностью правильный ответ на вопрос с открытым типом ответа присваивалось 3

балла; за частично правильный (неполный) ответ – 2 балла; за попытку правильного ответа – 1 балл и 0 баллов давалось за неправильный ответ или его отсутствие.

Важным этапом после проведения контрольного эксперимента явилось выполнение шкалирования результатов тестирования путём определения количества полученных баллов и процентной доли правильных ответов, затем переведённых в «пятибалльную» шкалу. Отметим, что значение «дельты» в ЭГ1 равно 0, так как с этой группой не проводился обучающий эксперимент, и результаты контрольного тестирования являются исходными (фоновыми) результатами. Значение «дельты» в ЭГ2 считалось как разница между результатом контрольного и констатирующего тестирования, выраженная в процентной доле. Результаты контрольного эксперимента представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Контрольный эксперимент: интерпретация результатов

№ ЭГ	Кол-во участников	Количество участников в ЭГ1 и ЭГ2		Среднее кол-во набранных баллов	Средняя процентная доля	Средняя оценка по 5-балльной шкале	Дельта
		ЭГ1	ЭГ2				
1.	24	ЭГ1	8	22	42%	3	0
		<b>ЭГ2</b>	<b>16</b>	<b>44</b>	<b>83%</b>	<b>5</b>	<b>41%</b>
2.	26	ЭГ1	9	34	65%	3	0
		<b>ЭГ2</b>	<b>17</b>	<b>49</b>	<b>92%</b>	<b>5</b>	<b>27%</b>
3.	18	ЭГ1	6	14	27%	2	0
		<b>ЭГ2</b>	<b>12</b>	<b>34</b>	<b>64%</b>	<b>4</b>	<b>37%</b>
4.	22	ЭГ1	7	40	76%	4	0
		<b>ЭГ2</b>	<b>15</b>	<b>50</b>	<b>95%</b>	<b>5</b>	<b>19%</b>
5.	20	ЭГ1	6	42	80%	5	0
		<b>ЭГ2</b>	<b>14</b>	<b>51</b>	<b>96%</b>	<b>5</b>	<b>16%</b>
6.	28	ЭГ1	9	19	36%	2	0
		<b>ЭГ2</b>	<b>19</b>	<b>33</b>	<b>63%</b>	<b>4</b>	<b>27%</b>
7.	16	ЭГ1	5	13	25%	2	0
		<b>ЭГ2</b>	<b>11</b>	<b>29</b>	<b>54%</b>	<b>3</b>	<b>29%</b>
8.	16	ЭГ1	5	36	67%	4	0
		<b>ЭГ2</b>	<b>11</b>	<b>52</b>	<b>98%</b>	<b>5</b>	<b>31%</b>
9.	18	ЭГ1	6	28	52%	3	0

		<b>ЭГ2</b>	<b>12</b>	<b>46</b>	<b>87%</b>	<b>5</b>	<b>35%</b>
--	--	------------	-----------	-----------	------------	----------	------------

Интерпретация полученных результатов однозначно показывает, что организация образовательного процесса в экспериментально-практической среде обучения биологии привела к существенной разнице в предметных результатах учащихся ЭГ1 и ЭГ2. Данные представлены в процентном соотношении, исходным (фоновым) уровнем усвоения материала по теме «Нуклеиновые кислоты» являются результаты тестирования ЭГ1, не участвовавших в обучающем эксперименте (рис. 28 – синие столбцы). Оранжевые столбцы соответствуют результатам тестирования ЭГ2, участвовавших в обучающем эксперименте.

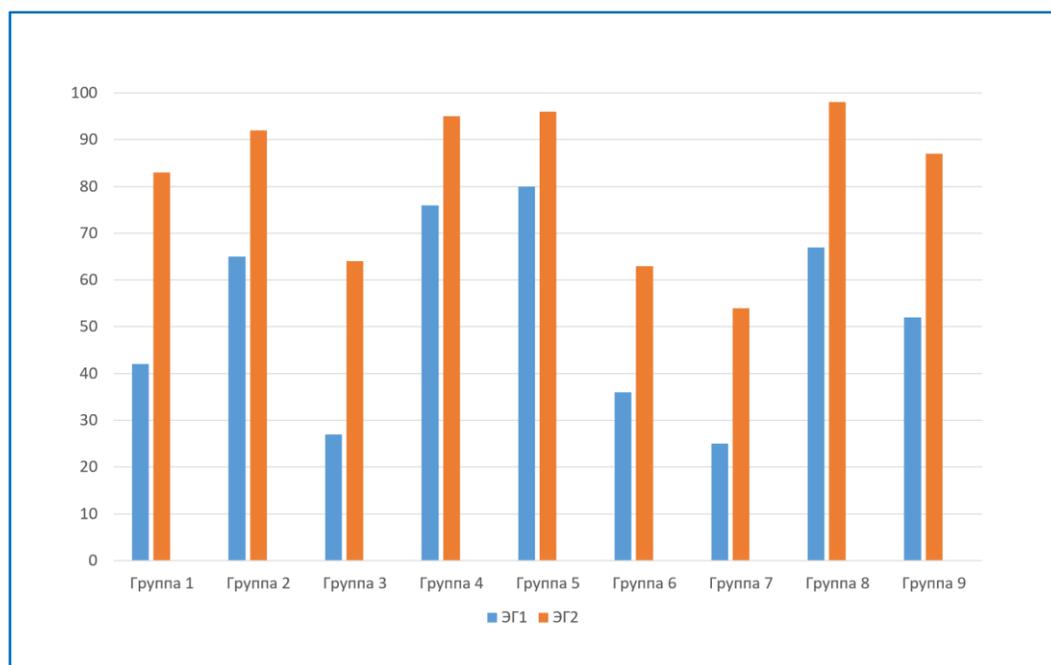


Рисунок 28 – Результат контрольного тестирования ЭГ1 и ЭГ2

Образовательный процесс в экспериментально-практической среде обучения биологии позволил участникам ЭГ2 глубже понять материал темы «Нуклеиновые кислоты», при этом уровень знаний возрос от 16% (в исходно более сильных группах) до 41 % в группах, которые на входе показали более слабый уровень подготовки. Кроме очевидной количественной оценки для осмысления результатов эксперимента согласно п.

3 Программы эксперимента был проведен опрос участников ЭГ2 после выполнения ими экспериментального практикума, и они по желанию выполнили задание по написанию эссе.

Собеседования с участниками ЭГ2 показали, что учащиеся в ряде случаев не представляли, что биология может быть увлекательным учебным предметом, не планировали сдачу ЕГЭ по биологии как предмета по выбору, не представляли возможностей и перспектив исследовательской работы в области биомедицины и не осознавали, насколько биология, анализ геномных данных и метапредметная командная проектная деятельность расширяют потенциал их профессиональной деятельности. Несколько участников эксперимента выразили желание готовиться к ЕГЭ по биологии, хотя ранее не планировали этого.

Все написанные отзывы (эссе) позитивны и схожи по содержанию, демонстрируют значительно возросший интерес к предмету, размышления о том, насколько привлекательно связать свою профессиональную деятельность с биомедицинскими технологиями и что не только исследовательская, но и коммерческая сфера работы (стартапы в области геномного анализа) могла бы стать их целью. Помимо биологической сферы деятельности несколько человек отметили, что собираются закрепить знания по химии, физике, математике и английскому языку, так как знания в смежных областях значительно расширят горизонты их возможностей.

Учитель одной из групп (группа № 6, 28 человек, ГБОУ «Школа № 199» города Москвы) отметил, что «практикум прошел удачно. Ученики проявили заинтересованность, все работали активно. Ученики продемонстрировали хороший уровень знаний, более чем достаточный для усвоения учебного материала. Время на проведение обучающего эксперимента в ЭГ2 без учета подготовительного этапа составило 50 минут, в течение которых контрольная экспериментальная группа (ЭГ1) была занята иной внеурочной деятельностью».

Отзывы участников ЭГ2 можно обобщить одним из эссе, написанным десятиклассником ГБОУ «Школа № 199»: «Мы только что были молекулярными биологами, работающими в самой современной лаборатории и использующими рутинные методы исследовательских процедур. Сегодня мы узнали, какую информацию хранит в себе наша ДНК, что такое код жизни, что молекула ДНК хранится не только в ядре клетки, что такое чтение и понимание нашей самой главной молекулы, и как долго ученые шли к разгадке этой тайны природы. Это было круто! А еще мы узнали, как работать командой в экспериментальной лаборатории, когда от аккуратности каждого зависит результат эксперимента и как можно брейнстормить, вместе достигая большего. Класс, и я хочу, чтобы такие эксперименты проводились в моей школе все время».

## **Выводы по главе 2**

Проведённое исследование дало обоснование целесообразности введения в образовательный процесс по биологии в 10 – 11 классах экспериментальных практикумов по основам молекулярной биологии, генетики и эволюции. Была разработана методика организации образовательного процесса в экспериментально-практической среде обучения биологии на основе интеграции традиционных и современных интерактивных средств обучения, реализация которой позволяет повысить качество биологического образования.

Результаты педагогического эксперимента показали, что апробированная методика способствует повышению интереса учащихся к предмету, обучает логическому и практическому подходу в учебе, позволяет более эффективно усваивать программный материал и мотивирует на будущую профессиональную деятельность по биологии.

## Заключение

На основе проведенного исследования сформулированы выводы:

1. Анализ литературы по проблеме исследования показал, что в XXI веке биологические исследования занимают ведущее место в мировой науке. Огромные успехи достигнуты как в науках о жизни в целом, так и в генетике, молекулярной биологии, биохимии, биомедицинских технологиях. Установлено, что для повышения качества среднего общего биологического образования, развития мотивационных и познавательных ресурсов личности учащихся, усиления мотивации старшеклассников к исследовательской деятельности, необходимо создать экспериментально-практическую среду обучения биологии на основе интеграции традиционных и современных интерактивных средств обучения.
2. Выявленные закономерности формирования экспериментально-практической среды обучения биологии (поэтапность, целостность, системность, научная достоверность) могут использоваться при отборе и структурировании содержания биологического образования в профильных классах.
3. Научно обоснована и реализована методика организации образовательной деятельности в экспериментально-практической среде обучения биологии в 10 – 11 классах с использованием традиционных и современных интерактивных средств обучения.
4. Разработаны и внедрены в образовательный процесс экспериментальные практикумы по темам «Строение клетки», «Химический состав клетки», «Возникновение мутаций», «Возникновение мира», «Процесс биосинтеза белка», «Структура и функции нуклеиновых кислот», тестовые задания с ответами и критериями оценки, мультимедийные презентации, 3D ДНК и РНК конструкторы.
5. В ходе опытно-экспериментальной работы подтверждена правильность выдвинутой гипотезы о возможности повышения качества обучения биологии при организации образовательного процесса в экспериментально-практической среде

обучения биологии на основе интеграции традиционных и современных интерактивных средств обучения. Результаты педагогического эксперимента показали, что использование экспериментальных практикумов по основам молекулярной биологии, генетики и эволюции способствует повышению предметных образовательных результатов по биологии, развитию мотивационных и познавательных ресурсов личности учащихся к исследовательской деятельности.

Полагаем, что проведенное исследование не исчерпывает всего многообразия рассматриваемой проблемы. Дальнейшее изучение вопросов экспериментально-практической направленности биологического образования целесообразно осуществлять в направлении разработки практической направленности с использованием современных научных достижений в основном общем образовании.

## Литература

1. Андреева, Н. Д. Задачный подход к формированию содержания как способ развития универсальных учебных действий при обучении биологии в школе [Текст] / Н. Д. Андреева // Естественнонаучное образование в условиях перехода на новые государственные образовательные стандарты: опыт и перспективы с элементами научной молодежной школы «профессиональные компетенции учителя-естественника»: Сборник материалов форума с международным участием, посвященного 25-летию кафедры методики преподавания биологии, химии и географии Института естественных наук СВФУ им. М. К. Аммосова. – Якутск : Изд-во СВФУ им. М. К. Аммосова, 2016. – С. 62–64.
2. Андреева, Н. Д. Проблема формирования универсальных учебных действий в методике и практике обучения биологии [Текст] / Н. Д. Андреева // Биология в школе. – 2014. – № 4. – С. 30–40.
3. Андреева, Н. Д. Новые концептуальные основы обучения биологии в общеобразовательной школе в условиях реализации ФГОС [Текст] : учебно-методическое пособие / Н. Д. Андреева, И. Ю. Азизова, Н. В. Малиновская. – СПб. : Свое издательство, 2014. – 219 с.
4. Андреева, Н. Д. Отечественное биологическое образование школьников: проблемы, недостатки и достоинства [Текст] / Н. Д. Андреева // Биология в школе. – 2013. – № 6. – С. 13–26.
5. Андреева, Н. Д. Исследовательская работа учащихся при обучении биологии и экологии [Текст] / Н. Д. Андреева, С. С. Рябова // Биология в школе. – 2012. – № 2. – С. 34–39.
6. Асмолов, А. Г. Формирование универсальных учебных действий в основной школе: от действия к мысли [Текст] / А. Г. Асмолов, Г. В. Бурменская, И. А.

Володарская, О. А. Карабанова, Н. Г. Салмина, С. В. Молчанов // под ред. А. Г. Асмолова. – М. : Просвещение, 2010. – 159 с. с ил.

7. Асмолов, А. Г. Преадаптация к неопределенности как стратегия навигации развивающихся систем: маршруты эволюции [Текст] / А. Г. Асмолов, А. М. Черноризов, Е. Д. Шехтер // Вопросы психологии. – 2017. – № 4. – С. 3–26.

8. Бабанский, Ю. К. Оптимизация процесса обучения (Общедидактический аспект) [Текст] / Ю. К. Бабанский. – М. : Педагогика, 1977. – 257 с.

9. Бинас, А. В. Биологический эксперимент в школе [Текст] / А. В. Бинас, Р. Д. Маш, А. И. Никишов. – М. : Просвещение, 1990. – 192 с. с ил.

10. Богоявленская, Д. Н. Интеллектуальная активность как проблема творчества [Текст] / Д. Н. Богоявленская. – Ростов-на-Дону : Рост. ун-т, 1983. – 179 с.

11. Болотов, В. А. Основные тенденции развития системы профессионального развития педагогических кадров [Текст] / В. А. Болотов, Е. Н. Лавренюк // В кн.: Федеральный справочник. Образование в России Т. 11. – М. : АНО «Центр стратегических программ», 2016. – С. 307–309.

12. Галкина, Е. А. Педагогический эксперимент в обучении школьной биологии: контрольно-оценочный аспект : учебное пособие [Текст] / Е. А. Галкина. – Красноярск : КГПУ им. В. П. Астафьева, 2011. – 116 с.

13. Голикова, Т. В. Методика обучения биологии : учебное пособие к выполнению лабораторно-практических работ [Текст] / Т. В. Голикова, Е. А. Галкина, В. М. Пакулова. – Красноярск : КГПУ им. В.П. Астафьева, 2013. – 218 с.

14. Давыдов, В. В. Учение А.Н. Леонтьева о взаимосвязи деятельности и психического отражения [Текст] / В. В. Давыдов // А.Н.Леонтьев и современная психология. – М. : МГУ, 1983. – С. 128–140.

15. Загвязинский, В. И. Исследовательская деятельность педагога. 3-е изд., испр. : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 033400 (050701) [Текст] / В. И. Загвязинский. – М. : Академия, 2010. – 173 с.

16. Зуев, В. Ф. Начертание естественной истории, изданное для народных училищ Российской Империи по Высочайшему повелению царствующей императрицы Екатерины Второй. В 2 частях. Ч. 1. [Текст] / В. Ф. Зуев. – Санкт-Петербург : Типография при Императорской Академии Наук, 1786. – 240 с.
17. Иванищев, В. В. От биотехнологии к нанобиотехнологии [Текст] / В. В. Иванищев // Известия ТулГУ. Естественные науки. – 2008. – № 2.
18. Иванчихин, В. Г. Инновационный лабораторный практикум в содержании биологических учебных предметов, его роль в активизации познавательной деятельности школьников и формировании исследовательских умений и навыков [Текст] / В. Г. Иванчихин // Молодой учёный. – 2016. – № 7.
19. Избасарова, Р. Ш. Роль лабораторных работ в обучении биологии [Текст] / Р. Ш. Избасарова, Л. М. Жылкайдарова // Научный альманах. – 2016. – № 11–3 (25). – С. 62–65.
20. Карапетьян, О. Ш. Учебно-методическое пособие к проведению лабораторных работ и контроля самостоятельной работы студентов по молекулярной биологии для студентов дневного и очно-заочного отделений Академия биологии и биотехнологии ЮФУ [Текст] / О. Ш. Карапетьян, Е. М. Вечканов, И. А. Сорокина. – Ростов-на-Дону : Изд-во ЮФУ, 2015. – 128 с.
21. Кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников образовательных организаций для проведения единого государственного экзамена по биологии [Электронный ресурс] / Подготовлен Федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Федеральный институт педагогических измерений». – Режим доступа: [http://window.edu.ru/resource/317/80317/files/БИ\\_КОДИФ%202014.pdf](http://window.edu.ru/resource/317/80317/files/БИ_КОДИФ%202014.pdf) (дата обращения: 26.10.2018).
22. Костин, К. Б. Драйверы роста мировой экономики [Электронный ресурс] / К. Б. Костин // Известия СПбГУ, 2017. – № 6 (108). – Режим доступа:

<https://cyberleninka.ru/article/n/dravyvery-rosta-mirovoy-ekonomiki> (дата обращения: 28.10.2018).

23. Леонтьев, А.Н. Деятельность. Сознание. Личность [Текст] / А. Н. Леонтьев. – М. : Политиздат, 1975.

24. Леонтьев, А.Н. Проблемы развития психики. 4-е издание [Текст] / А. Н. Леонтьев. – М. : Изд-во МГУ, 1981. – 584 с.

25. Леонтьева, О. М. Продуктивное образование в Германии: взгляд со стороны [Текст] / О. М. Леонтьева // Продуктивное учение для всех. – № 2 (32).

26. Лихачев, Б. Г. Педагогика. Курс лекций : учебное пособие для студентов педагогических учебных заведений [Текст] / Б. Г. Лихачев. – М. : Прометей. 1992.

27. Маковкина, Л. Н. Значимость лабораторно-практических работ в учебном процессе [Текст] / Л. Н. Маковкина, Е. И. Сорокина, Д. В. Сыроежкина // Педагогика сегодня: проблемы и решения : материалы III Международной научной конференции (Казань, март 2018). – Казань : Молодой учёный, 2018. – С. 46–47.

28. Марина, А. В. Вопросы школьного учителя биологии о проектной деятельности учащихся в условиях перехода на ФГОС [Текст] / А. В. Марина, С. Н. Трифонова, Т. В. Новаева // Биология в школе. – 2014. – № 5. – С. 13–23.

29. Марина, А. В. Продуктивный характер современных инновационных технологий школьного биологического образования [Текст] / А. В. Марина, С. Н. Трифонова, Т. В. Новаева // Приволжский научный вестник. – 2014. – № 8 (36), часть 2 – С. 19–23.

30. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2018 года [Электронный ресурс] / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный институт педагогических измерений». – Режим доступа: [http://fipi.ru/documents?field\\_yesar\\_tid=All&term\\_node\\_tid\\_depth=20617&field\\_discipline\\_tid=31](http://fipi.ru/documents?field_yesar_tid=All&term_node_tid_depth=20617&field_discipline_tid=31) (дата обращения: 17.04.2019).

31. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2017 года [Электронный ресурс] / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный институт педагогических измерений». – Режим доступа: [http://fipi.ru/documents?field\\_yesar\\_tid=All&term\\_node\\_tid\\_depth=20605&field\\_discipline\\_tid=31](http://fipi.ru/documents?field_yesar_tid=All&term_node_tid_depth=20605&field_discipline_tid=31) (дата обращения: 17.04.2019).

32. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2016 года [Электронный ресурс] / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный институт педагогических измерений». – Режим доступа: [http://fipi.ru/documents?field\\_yesar\\_tid=All&term\\_node\\_tid\\_depth=20598&field\\_discipline\\_tid=31](http://fipi.ru/documents?field_yesar_tid=All&term_node_tid_depth=20598&field_discipline_tid=31) (дата обращения: 17.04.2019).

33. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2015 года [Электронный ресурс] / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный институт педагогических измерений». – Режим доступа: [http://fipi.ru/documents?field\\_yesar\\_tid=All&term\\_node\\_tid\\_depth=20589&field\\_discipline\\_tid=31](http://fipi.ru/documents?field_yesar_tid=All&term_node_tid_depth=20589&field_discipline_tid=31) (дата обращения: 17.04.2019).

34. Методические рекомендации по некоторым аспектам совершенствования преподавания общеобразовательных предметов (на основе анализа ЕГЭ 2014) [Электронный ресурс] / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный институт педагогических измерений». – Режим доступа: [http://fipi.ru/documents?field\\_yesar\\_tid=All&term\\_node\\_tid\\_depth=20584&field\\_discipline\\_tid=31](http://fipi.ru/documents?field_yesar_tid=All&term_node_tid_depth=20584&field_discipline_tid=31) (дата обращения: 17.04.2019).

35. Методические рекомендации по некоторым аспектам совершенствования преподавания общеобразовательных предметов (на основе анализа ЕГЭ 2013) [Электронный ресурс] / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Федеральный институт педагогических измерений». – Режим доступа: [http://fipi.ru/documents?field\\_yesar\\_tid=All&term\\_node\\_tid\\_depth=655&field\\_discipline\\_tid=31](http://fipi.ru/documents?field_yesar_tid=All&term_node_tid_depth=655&field_discipline_tid=31) (дата обращения: 17.04.2019).

36. Министерство науки и высшего образования РФ. Привлечение ведущих ученых и создание центров. Какие цели обозначены в нацпроекте «Наука». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://minobrnauki.gov.ru/ru/press-center/card/?id\\_4=1055](https://minobrnauki.gov.ru/ru/press-center/card/?id_4=1055) (дата обращения: 26.04.2019).

37. Миркин, Б. М. Экология: 10–11 классы: базовый уровень : учебник [Текст] / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова, С. В. Суматохин. – 2-е изд., дораб. – М. : Вентана-Граф, 2014. – 400 с.

38. Мухамбетова, А. Б. Диагностика развития исследовательских умений по биологии [Текст] / А. Б. Мухамбетова, Н.М. Семчук // Материалы по изучению Чеченской Республики. Выпуск 2. – Назрань, 2007. – С. 103–116.

39. Никишов, А. И. Методика обучения биологии в школе [Текст] / А. И. Никишов. – Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС, 2014.

40. Николенко, Т. Г. Инновационные технологии в программе общего биологического образования в современной школе [Текст] / Т. Г. Николенко // VI Всероссийская (с международным участием) научно-методическая конференция «Современное естественно-научное образование: достижения и инновации» : сб. трудов участников конференции. – Красноярск, 2013. – С. 221–223.

41. Николенко, Т. Г. О повышении заинтересованности старшеклассников проблемами современной биологии: опыт обогащения программы общебиологического образования экспериментальными работами [Текст] / Т. Г. Николенко // II Международная научно-практическая конференция, посвящённая 100-летию со дня рождения профессора М. П. Меркулова «Биологическое и экологическое образование студентов и школьников: актуальные проблемы и пути их решения» : материалы конференции. – Самара, 2014. – С. 255–257.

42. Николенко, Т. Г. Общебиологическое образование: о некоторых актуальных проблемах и путях их решения в отечественной и зарубежной образовательных практиках [Текст] / Т. Г. Николенко // Международная научная конференция «Современная педагогика: теория методика, практика» : сб. материалов. – М., 2014. – С. 32–37.
43. Николенко, Т. Г. О проведении экспериментальных молекулярно-биологических практикумов в школе [Текст] / Т. Г. Николенко, С. В. Суматохин // Международная научно-практическая конференция «Биологическое и экологическое образование в средней и высшей школе: состояние, проблемы и перспективы развития» (Санкт-Петербург, 18–20 ноября 2014) : сб. материалов.
44. Николенко, Т. Г. О задаче обогащения общего биологического образования экспериментальными работами [Текст] / Т. Г. Николенко // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы методики преподавания биологии, химии и экологии в школе и вузе» (МГОУ, 3–5 февраля 2015). – С. 103–106.
45. Николенко, Т. Г. Инновационные технологии в преподавании и изучении биологии в современной школе [Текст] / Т. Г. Николенко // Сборник материалов Всероссийского научно-образовательного форума «Естественно-научное образование в условиях перехода на новые государственные образовательные стандарты: опыт и перспективы» международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы методики преподавания биологии, химии и экологии в школе и вузе» (Якутск, 21–26 марта 2016). – С. 107–109.
46. Николенко, Т. Г. Место и значение экспериментальных работ в школьном биологическом образовании [Текст] / Т. Г. Николенко // Международная научно-практическая конференция «Проблемы развития методики обучения биологии и экологии в условиях социокультурной модернизации образования» (Санкт-Петербург, 2013): сб. материалов. – С. 287–290.

47. Николенко, Т.Г. Экспериментальный молекулярно-биологический практикум по трансформации бактерий и выделению белка / Т. Г. Николенко // Биология в школе. — 2014. — № 10. — С. 71–75.
48. Николенко, Т. Г. Мастер-классы по биологии для старшеклассников / Т. Г. Николенко // Биология в школе. — 2015. — № 3. — С. 70–76.
49. Николенко, Т. Г. Экспериментальный практикум и информационно-коммуникационные технологии при обучении общей биологии / Т. Г. Николенко // Биология в школе. — 2016. — № 4. — С. 28–35.
50. Николенко, Т. Г. Профорентация старшеклассников в условиях быстро меняющегося рынка труда биологии / Т. Г. Николенко // Биология в школе. — 2018. — № 6. — С. 48–52.
51. Николенко, Т. Г. Биоэкологический чекап: проектная исследовательская работа в школе «Летово» / Т. Г. Николенко // Биология в школе. — 2019. — № 7. — С. 44–57.
52. Новиков, А. М. Постиндустриальное образование [Текст] / А. М. Новиков. – М. : Эгвес, 2008. – 136 с.
53. Овсянников, А. А. Система образования в России и образование России [Текст] / А. А. Овсянников. – Мир России. Социология. Этнология. – 1999. – № 3.
54. Оптимизация учебно-воспитательного процесса. Методические основы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://libsib.ru/pedagogika/shpargalka-po-pedagogike-dlya-pedagogov/20-optimizatsiya-pedagogicheskoy-sistemi> (дата обращения: 16.02.2019).
55. Орлова, Л. Н. Курс методики обучения биологии в системе профессиональной подготовки учителей [Текст] / Л. Н. Орлова // Интеграция образования. – 2004. – № 1.
56. Открытый экспертно-аналитический отчёт о ходе реализации Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/43662959-Otkrytyy-ekspertno-analiticheskiy->

[otchet-o-hode-realizacii-strategii-innovacionnogo-razvitiya-rossiyskoy-federacii-na-period-do-2020-goda.html](#) (дата обращения: 11.03.2019).

57. Пасечник, В. В. Биология 5–6 классы : учебник. 6-е изд., перераб. [Текст] / В. В. Пасечник, С. В. Суматохин, Г. С. Калинова, З. Г. Гапонюк. – М. : Просвещение, 2017. – 160 с.

58. Пасечник, В. В., Суматохин С. В., Калинова Г. С. Биология 7 класс : учебник. 6-е изд., перераб. [Текст] / В. В. Пасечник, С. В. Суматохин, Г. С. Калинова. – М. : Просвещение, 2017. – 159 с.

59. Педагогика : учебное пособие для студентов педагогических вузов и педагогических колледжей [Текст] / Под ред. П. И. Пидкасистого. – М. : Российское педагогическое агентство, 1996.

60. Поволжская государственная социально-гуманитарная академия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://egfak.narod.ru/mob3.htm> (дата обращения: 21.03.2019).

61. Поддъяков, А. Н. Общие представления об исследовательском поведении и его значение [Текст] / А. Н. Поддъяков // Исследовательская работа школьников. – 2002. – № 1.

62. Пономарева, И. Н. Общая методика обучения биологии, 3-е издание : пособие для студ. пед. вузов [Текст] / И. Н. Пономарева, В. П. Соломин, Г. Д. Сидельникова. – М. : Академия, 2008. – 280 с.

63. Примерная основная образовательная программа среднего общего образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fgosreestr.ru/registry/primernaya-osnovnaya-obrazovatel'naya-programma-srednego-obshhego-obrazovaniya> (дата обращения: 06.07.2019).

64. Пурышева, Н. С. Модель методической системы подготовки будущих учителей к реализации уровневой интеграции при обучении естествознанию учащихся старших классов [Текст] / Н. С. Пурышева, Л. В. Дубицкая // Школа будущего. – 2015. – № 4. – С. 36–46.

65. Пурешева, Н. С. Тенденции развития школьного естественнонаучного образования в странах Юго-Восточной Азии [Текст] / Н. С. Пурешева // Школа будущего. – 2017. – № 3. – С. 325–332.
66. Российская Федерация. Правительство. Национальные проекты: ключевые цели и ожидаемые результаты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/projects/selection/743/35675> (дата обращения: 17.04.2019).
67. Российская Федерация. Правительство. По итогам заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2018 года утвержден паспорт национального проекта «Наука» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/info/35565> (дата обращения: 25.03.2019).
68. Рубинштейн, С. Л. Основы общей психологии. В 2 томах. Т. 1. [Текст] / С. Л. Рубинштейн. – М. : Педагогика, 1989. – 488 с.
69. Рубинштейн, С. Л. Бытие и сознание [Текст] / С. Л. Рубинштейн. – СПб. : Питер, 2017. – 288 с.
70. Рубинштейн, С. Л. Принципы и пути развития психологии [Текст] / С. Л. Рубинштейн. – М. : Изд-во АН СССР, 1959. – 356 с.
71. Савенков, А. И. Психологические основы исследовательского обучения школьников [Текст] / А. И. Савенков. // Физика: проблемы преподавания. – 2007. – № 3. – С. 14–24.
72. Савенков, А. И. Содержание и организация исследовательского обучения школьников. [Текст] / А. И. Савенков. – М. : Биб-ка журнала «Директор школы». – 2003. – № 8. – 204 с.
73. Сассон, А. Биотехнология: свершения и надежды [Текст] / А. Сассон. – М. : Мир, 1987. – 411 с.

74. Северинов, К. В. Новые направления преподавания биологии в американских школах [Электронный ресурс] / К. В. Северинов. – Режим доступа: <http://schoolnano.ru/node/1937> (дата обращения: 11.05.2019).
75. Сенчански, Т. Лучшие научные эксперименты для детей. Физика, химия, биология [Текст] / Т. Сенчански, Т. Михайлов-Крстев. – Аванта, 2017. – 223 с.
76. Сингер, М. Гены и геномы [Текст] / М. Сингер, П. Берг. – М. : Мир, 1998. – Т. 1. – С. 373.
77. Системно-деятельностный подход как методологическая основа ФГОС. Общее описание определения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sites.google.com/site/fedgosobstndt/sistemno-deatelnostnyj-podhod-kak-metodologiceskaa-osnova-fgos> (дата обращения: 16.12.2018).
78. Станкевич, П. В. Особенности организации процесса обучения биологии на довузовском этапе образования [Текст] / П. В. Станкевич, С. Б. Бахвалова // Методология и методика научных исследований в области биологического и экологического образования : сб. материалов III методологического семинара (Санкт-Петербург, 11–13 ноября 2003) / РГПУ им. А. И. Герцена. – СПб., 2003. – Выпуск 2. – С. 161–165.
79. Суматохин, С. В. Естественнонаучная грамотность как цель развития школьного биологического образования [Текст] / С. В. Суматохин // Биология в школе. – 2019. – № 1. – С. 15–22.
80. Суматохин, С. В. Учебно-исследовательская деятельность по биологии в соответствии с ФГОС: с чего начинать, что делать, каких результатов достичь [Текст] / С. В. Суматохин // Биология в школе. – 2014. – № 4. – С. 23–30.
81. Суматохин, С. В. Требования ФГОС к учебно-исследовательской и проектной деятельности [Текст] / С. В. Суматохин // Биология в школе. – 2013. – № 5. – С. 60–67.
82. Суматохин, С. В. Формирование у учащихся навыка смыслового чтения при обучении биологии [Текст] / С. В. Суматохин // Педагогическое образование и наука. – 2015. – № 1. – С. 12–16.

83. Суматохин, С. В. Учебники биологии в федеральном перечне 2018 года [Текст] / С. В. Суматохин // Биология в школе. – 2019. – № 3. – С. 19–24.
84. Суматохин, С. В. Биомедицина и школьное биологическое образование [Текст] / С. В. Суматохин, Т. Г. Николенко // Биология в школе. — 2020. — № 1. — С. 47–59.
85. Сухорукова, Л. Н. Построение содержания общего биологического образования на основе принципов системности и историзма [Текст] / Л. Н. Сухорукова // Биология в школе. – 2019. – № 5. – С. 9–15.
86. Теремов, А. В. Биология. Биологические системы и процессы. 10 кл. : учебник для общеобраз. учреждений (углублённый уровень) [Текст] / А. В. Теремов, Р. А. Петросова. – М. : Мнемозина, 2018. – 400 с.
87. Теремов, А. В. Биология. Биологические системы и процессы. 11 кл. : учебник для общеобраз. учреждений (углублённый уровень) [Текст] / А. В. Теремов, Р. А. Петросова. – М. : Мнемозина, 2019. – 215 с.
88. Трайтак, Д. И. Как сделать интересной внеклассную работу по биологии [Текст] / Д. И. Трайтак. – М. : Просвещение, 1971. – 119 с. с ил.
89. Тряпицына, А. П. Экспериментальное изучение представлений педагогов о конкурентоспособности отечественной школы [Электронный ресурс] / А. П. Тряпицына, И. Э. Кондракова // Письма в Эмиссия.Оффлайн: электронный научный журнал. – Режим доступа: <http://www.emissia.org/offline/2013/1981.htm> (дата обращения: 27.03.2019).
90. Учебные занятия в условиях реализации ФГОС (естественнонаучные предметы) : учебное пособие [Текст] / Под ред. Н. М. Горленко, Е. А. Галкина, Т. В. Голикова. – Красноярск, 2015. – 190 с.
91. Учебно-методическое пособие по молекулярной биологии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www2.bigpi.biysk.ru/rp/file/doc/kedbzit\\_12\\_10\\_2017\\_10\\_57\\_03.pdf](http://www2.bigpi.biysk.ru/rp/file/doc/kedbzit_12_10_2017_10_57_03.pdf) (дата обращения: 20.04.2019).

92. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 17 мая 2012 г. № 413) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70088902> (дата обращения: 17.04.2019)
93. Об образовании в Российской Федерации. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zakonrf.info/zakon-ob-obrazovanii-v-rf> (дата обращения: 17.04.2019).
94. Хорошавин, С. А. Дидактический принцип наглядности в демонстрационном эксперименте [Текст] / С. А. Хорошавин // Физика в школе. – 1997. – № 2. – С. 73–75.
95. Чистяков, Ф. Е., Суматохин С. В. Виртуальная реальность при обучении биологии [Текст] / Ф. Е. Чистяков, С. В. Суматохин // Биология в школе. – 2018. – № 8. – С. 12–17.
96. Шамова, Т. И. Воспитание сознательной дисциплины школьников в процессе обучения [Текст] / Т. И. Шамова, К. А. Нефедова. – М. : Педагогика, 1985. – 104 с.
97. Шамова, Т. И. Урок в современной школе и его педагогический анализ [Текст] / Т. И. Шамова, Т. К. Чекмарева. – М. : МГПИ им. В. И. Ленина, 1987. – 81 с.
98. Шамова, Т. И. Управление образовательными системами : учебное пособие для студентов высш. учеб. заведений [Текст] / Т. И. Шамова, П. И. Третьяков, Н. П. Капустин; под ред. Т. И. Шамовой. – М. : ВЛАДОС, 2002. – 320 с.
99. Щукина, Г. И. Проблема познавательного интереса в педагогике [Текст] / Г. И. Щукина. – М. : Педагогика, 1971. – 352 с. с ил.
100. Энциклопедический словарь по психологии и педагогике [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://psychology\\_pedagogy.academic.ru/21059/эксперимент\\_обучающий](https://psychology_pedagogy.academic.ru/21059/эксперимент_обучающий) (дата обращения: 11.03.2019).

101. Якунчев, М. А. Методика преподавания биологии : учебник для студ. учреждений высшего образования [Текст] / М. А. Якунчев, И. Ф. Маркинов, А. Б. Ручин. – М. : Академия, 2014. – 336 с.
102. Basic DNA and RNA Protocols, Methods in Molecular Biology. V. 58 / A. J. Harwood (editor). – New-Jersey : Humana Press, Totowa, 1994. – P. 3–7.
103. Bechtel, W. Discovering Cell Mechanisms: The Creation of Modern Cell Biology / W. Bechtel. – Cambridge : Cambridge University Press, 2006. – 327 p.
104. Bechtel, W. Discovering complexity: decomposition and localization as strategies in scientific research / W. Bechtel, R. C. Richardson. – Cambridge: MIT Press, 2010. – 286 p.
105. Cao, H. Methodology of research activity development in preparing future teachers with the use information resources / H. Cao, M. B. Amanbayeva, A. D. Maimatayeva, Z. O. Unerbayeva, K. I. Shalabayev, S. K. Imankulova, J. B. Childibayev, S. V. Sumatohin // Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education. – 2017. – Vol. 13. – № 11. – P. 7399–7410.
106. Crever, C. Constitutive Explanatory Relevance / C. Crever // Journal of Philosophical Research. – 2007. – Vol. 32. – P. 3–20.
107. Disruptive technologies: advances that will transform life, business, and the global economy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mckinsey.com/business-functions/digital-mckinsey/our-insights/disruptive-technologies> (дата обращения: 13.03.2019).
108. Galkina, Elena A. Assessment procedures results of training in biology / E. A. Galkina // Journal of Subject Didactics. – 2017. – Vol. 2. – № 2. – P. 109–114.
109. Kitchen, E. Teaching cell biology in the large-enrollment classroom: methods to promote analytical thinking and assessment of their effectiveness / E. Kitchen, J. D. Bell, S. Reeve, R. R. Sudweeks, W. S. Bradshaw // Cell Biol Educ. – 2003. – Vol. 2. – P. 180–194.
110. Maher, B. A. Uprooting the Tree of Life / B. A. Maher // The Scientist. – 2002. – № 16. – P. 18.

111. Pingry S.M.A.R.T. Team Website [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pingrysmartteam.com/2005-2006.htm> (дата обращения: 11.02.2019).
112. Pujol, S., Baldwin M., Nassiri J., Kikinis R., Shaffer K. Using 3D Modeling Techniques to Enhance Teaching of Difficult Anatomical Concepts / S. Pujol et al. // Acad Radiol. – 2016. – Vol. 23 (4). – P. 507–516.
113. Sinden, R. R. DNA structure and function / R. R. Sinden. – Elsevier, 2012. – P. 398.
114. Suppe, F. The Structure of Scientific Theories / F. Suppe. – Urbana : University of Illinois Press, 1974. – 682 p.
115. Waters, C. K. The Nature and Context of Exploratory Experimentation: an Introduction to Three Case Studies of Exploratory Research / C. K. Waters // History and Philosophy of the Life Sciences. – 2007. – Vol. 28 (3). – P. 275–284.
116. Waters, C. K. How Practical Know-How Contextualizes Theoretical Knowledge: Exporting Causal Knowledge from Laboratory to Nature / C. K. Waters // Philosophy of Science. – 2008. – Vol. 75. – № 5. – P. 707–719.
117. Watson, J. D. et al. Molecular biology of the gene, 2nd ed. / J. D. Watson et al. // Molecular biology of the gene. – W. A. Benjamin, Inc., 1970.
118. Weber, M. Philosophy of Experimental Biology / M. Weber. – Cambridge University Press, 2005. – 374 p.
119. Weber, M. Experimentation versus Theory Choice: A Social-Epistemological Approach / H.-B. Schmid, D. Sirtes and M. Weber (eds.), Collective Epistemology. – Frankfurt am Main : Ontos, 2011. – P. 195–216.
120. Weber, M. Experimental Modeling in Biology: *In Vivo* Representation and Stand-Ins as Modeling Strategies / M. Weber // Philosophy of Science. – 2014. – Vol. 81 (5). – P. 756–769.
121. Woese, C. R. The universal ancestor / C. R. Woese // Proceedings of the National Academy of Sciences. – 1998. – Vol. 95. – P. 6854–6859.