

## ОПЫТ И ИДЕИ ПРЕПОДАВАНИЯ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА «БИОФИЗИКА» В ШКОЛЕ

<sup>1</sup>Старченко С.А., <sup>1</sup>Скрябин А.А.

<sup>1</sup>ГБПОУ «Троицкий педагогический колледж», Минобрразования России, Троицк, e-mail: sa.star59@mail.ru, mktorr@mail.ru

Цель исследования – обобщить методический опыт обучения биофизике, накопленный в последние десятилетия в практике профильного школьного образования, предложить свое видение представления целостности естественно-научного содержания посредством учебного предмета «Биофизика». Раскрыто понятие дидактического синтеза и обозначены его проявления в методологии и теории познания естествознания. Решены методологические, дидактические и методические вопросы изучения учебного предмета в профильной школе. Показаны пути межпредметной интеграции физики, химии и биологии через синтез естественно-научных знаний, системность их представления. Обобщен методический опыт представления учителями школ содержания биофизики в 7–10-х классах. Предложена авторская модель дидактического синтеза физики и биологии, построенная на идеях целостности биофизических теорий. Раскрыта идея повышения научно-теоретического уровня формирования мышления школьников в профильных классах при изучении биофизики, на основе межпредметного синтеза знаний и способов учебно-познавательной деятельности. Проведено исследование, подтверждающее, что изучение биофизики в 10–11-х классах способствует развитию научно-теоретического мышления учащихся. Выявлена эффективность изучения этого предмета в профильных классах. Методологический аспект изучения опыта преподавания биофизики позволил сформировать научно-методический подход к обучению по предмету «Биофизика» в школах, а также осуществить интеграцию содержания естественно-научного образования путем синтеза физики и биологии на уровне дидактики.

Ключевые слова: биофизика, дидактический синтез, межпредметная интеграция, целостность физических и биологических знаний, теория интеграции естественнонаучного образования, естественно-научное мышление.

## EXPERIENCE AND IDEAS OF TEACHING THE ACADEMIC SUBJECT «BIOPHYSICS» AT SCHOOL

<sup>1</sup>Sstarchenko S.A., <sup>1</sup>Skryabin A.A.

<sup>1</sup>Troitskiy Pedagogical College», Ministry of Education of Russia, Troitsk, e-mail sa.star59@mail.ru, mktorr@mail.ru

The purpose of the article is to summarize the methodological experience of teaching biophysics, accumulated in the last decades in the practice of specialized school education, to offer our vision of presenting the integrity of natural science content through the academic subject «Biophysics». The concept of didactic synthesis is revealed and its manifestations in the methodology and theory of knowledge of natural science are indicated. Methodological, didactic and methodological issues of studying an academic subject in a specialized school have been resolved. The ways of interdisciplinary integration of physics, chemistry and biology through the synthesis of natural science knowledge and systematic presentation are shown. The methodological experience of school teachers presenting the content of biophysics in grades 7–10 is generalized. The author's model of didactic synthesis of physics and biology is proposed, built on the ideas of the integrity of biophysical theories. The idea of increasing the scientific and theoretical level of formation of schoolchildren's thinking in specialized classes when studying biophysics is revealed, based on an interdisciplinary synthesis of knowledge and methods of educational and cognitive activity. A study has been conducted confirming that studying biophysics in grades 10–11 contributes to the development of scientific and theoretical thinking of students. The effectiveness of studying this subject in specialized classes has been revealed. The methodological aspect of studying the experience of teaching biophysics made it possible to formulate a scientific and methodological approach to teaching the subject «Biophysics» in schools, as well as to integrate the content of natural science education through the synthesis of physics and biology at the didactic level.

Keywords: biophysics, didactic synthesis, interdisciplinary integration, integrity of physical and biological knowledge, theory of integration of natural science education, natural science thinking.

Сегодня педагоги пытаются решить проблему внедрения синтезированных учебных предметов в образовательный процесс. Широко описан опыт осуществления профилизации образования посредством учебных предметов «Биофизика», «Биохимия», «Физхимия», «Геофизика» и др. Биофизика как самостоятельная система естественно-научного знания, соединяющая живую и неживую материю, выступает с собственным объектом познания, в котором протекают биофизические процессы и явления. Изучение биофизических процессов и явлений, по нашему мнению, есть путь совершенствования естественно-научного образования в школе, повышения научно-теоретического уровня развития мышления, удовлетворения профильного интереса школьников. Однако, как показывает практика, биофизические знания должны системно представляться в естественно-научном образовании школы.

Авторы исследования подчеркивают, что интегративные курсы, сформировавшиеся как самостоятельные системы знаний с уникальной структурой и содержанием, обладают значительным потенциалом для развития обучающихся. Авторы предлагают включить в учебный план 10–11-х классов новый синтезированный учебный предмет «Биофизика» с целью улучшения целостности содержания естественно-научного образования, развития теоретического мышления в области естественных наук и создания естественно-научного профиля обучения [1].

Эту точку зрения разделяют практикующие учителя в общеобразовательных учреждениях, предлагая свои варианты адаптации биофизических научных знаний в содержание школьного образования.

**Цель исследования:** обобщить методический опыт обучения биофизике, накопившийся в последние десятилетия в практике профильного школьного образования, предложить авторское видение формирования биофизического материала в рамках учебного предмета «Биофизика».

**Материалы и методы исследования.** В системах советского и российского образования накоплен ценный педагогический опыт интеграции физики и биологии на различных уровнях учебного материала по биофизике. В советское время педагоги стремились к формированию целостности физического и биологического содержания через межпредметные связи физики и биологии. При этом акцент делался на выделении методологических основ связи между этими двумя науками, определении дидактических функций, выявлении основных аспектов взаимосвязи и направлений для реализации связи между предметами в основной и средней школе [2, 3, 4]. В это время школьникам предлагались межпредметные факультативные курсы: «Физика в живом организме», «Физика в живой природе», «Основы биофизики» и др. Содержание этих курсов включало

рассмотрение следующих тем: физика в живой материи; аналоги в живой природе и технике; физические факторы внешней среды и живой организм; физика – арсенал средств и методов исследования живой природы [5, 6].

Системный опыт преподавания биофизики на уроках физики описывала Ц.Б. Кац [7]. Она показала, как в процессе изучения основных разделов физики можно рассматривать элементы биофизики.

В школах Российской Федерации имеется большой педагогический опыт преподавания биофизики в 7–11-х классах. Обобщенное представление учебных программ и идей преподавания биофизики в школе систематизировано в таблице 1.

Таблица 1

Систематизированное представление биофизического учебного материала в школах

№	Образовательная программа	Основные идеи
1	Учебный модуль «Биофизика» 7-й класс (34 часа), гимназия № 40 им. Ю.А. Гагарина, Л.Н. Безган, А.И. Емельянов, Е.Е. Сергеева, Калининград 2019 г. [8]	Учебный модуль выполняет функцию целостного представления естественно-научных знаний, формирования естественно-научной культуры познания, интеллектуального развития, становления творческих способностей, саморазвития и самосовершенствования, а также сохранения и укрепления здоровья учащихся
2	Элективный курс для 7-х классов «Элементарная биофизика» (18 часов), разработанный Т.А. Карповой в школе № 55 с углубленным изучением отдельных предметов г. Рязани [9]	Предусмотрены работа со справочной литературой, подготовка межпредметных рефератов и докладов. Используются методы изучения физиологических возможностей человека. Предусмотрено выполнение индивидуальных и групповых проектов-исследований. Идея пропедевтики биофизики
3	Элективный курс «Физика в биологии и в медицине» для 7-го класса (34 часа), разработан учителем Е.И. Ярош, МКОУ «Средняя общеобразовательная школа с. Мельница», Иркутская область, Нижнеудинский район, с. Мельница [10]	Курс раскрывает потенциал объединения двух естественно-научных предметов через межпредметную интеграцию, что способствует решению задач и получению дополнительной информации из смежных областей знаний. Определяет содержание биофизического образования с учетом возрастных особенностей. Формирует общую естественно-научную культуру учащихся. Идея раскрытия целостности

		естествознания
4	Развивающий курса «Элементы биофизики» для обучающихся 8-го класса (35 часов), разработан Н.В. Беловой, МОУ «Приозёрная средняя общеобразовательная школа», Ямало-Ненецкий автономный округ, Надымский район [11]	Программа ориентирована на развитие учащихся и предполагает более глубокое изучение общеобразовательных предметов, дополняющих традиционные учебные программы по физике, химии, биологии, математике и естествознанию. Основная идея курса – развитие мыслительной деятельности при синтезе знаний
5	Элективный курс «Биофизика» в 8-м классе (36 часов), разработан учителем С.А. Коряжиной гимназии № 3 Академгородка г. Новосибирска [12]	Программа реализуется с целью формирования научного мировоззрения учащихся, вооружения знаниями о единстве естественно-научной картины мира, развития интереса к исследовательской деятельности живого организма. Идея формирования естественно-научного мировоззрения
6	Курс «Основы биофизики» в 8-м классе (36 часов), разработан Б.Н. Хромовым, школа № 3 Барабинского района Новосибирской области [13]	Основная задача курса – показать взаимосвязь между законами природы и их применимость к живым организмам, перспективное развитие науки и техники, а также раскрыть сферы профессиональной деятельности, в которых применяются биофизические знания. Идея обобщения знаний
7	Элективный курс «Элементы биофизики» для 9-го класса (34 часа). Автор Н.М. Телегина, школа № 552 Пушкинского района Санкт-Петербурга [14]	Курс решает задачи профильного самоопределения школьников и может использоваться для осуществления профильной направленности образовательного процесса в школе. Идея естественно-научной направленности
8	Элективный курс «Биофизика» для 9-го класс (36 часов). Автор А.В. Косенко, Краснодарский край, р-н Темрюкский, станция Тамань, МБОУ СОШ № 28 [15]	Курс обеспечивает естественную направленность обучения школьников, развивает способности проведения исследований на основе физических, химических и биологических методов познания. Идея формирования естественно-научного способа деятельности
9	Курс «Элементы биофизики»	Предлагается реализация деятельностного подхода

	для 9-го класса (34 часа). МБОУ «Тюкалинский лицей». Омской области. Авторы: О.М. Прибыткина, И.А. Резаева, Т.В. Охотникова, С.И. Овчинникова [16]	при изучении биофизики. Курс решает задачи формирования опытно-экспериментальной деятельности школьников. Обеспечивает связь биофизических знаний с практическими знаниями, конкретными методами, применяемыми в изучении окружающего мира и живого организма. Идея медицинской направленности биофизики
10	Курс «Основы биофизики» для 9–11-х классов (102 часа). Авторы: А.В. Шикина, И.П. Мартынова, И.И. Лобышева. МБОУ г. Тольятти, «Школа с углубленным изучением отдельных предметов №70» [17]	Практически реализация новых направлений синтеза наук в обучении, который возникает как результат соединения физики и биологии. Показано практическое использование экспериментальных заданий, различных видов задач, для решения которых необходимы знания физики и биологии. Идея реализации обобщенного подхода при изучении биофизики
11	Курс «Биофизика» для 10-го класса (35 часов). Автор М.П. Андреева. ГБОУ АО «Школа-интернат одаренных детей им. А.П. Гужвина, г. Астрахань [18]	Раскрываются традиционные связи физики и биологии с учетом физической редукции. В программе предусмотрено решение большого количества биофизических задач при подготовке к олимпиадам. Идея физической редукции при изучении биофизики
12	Курс «Биофизика» для 10-го класса (34 часа). Автор И.В. Рюмина г. Курск [19]	Определяется интегративный и междисциплинарный характер содержания учебного материала, что позволяет учащимся увидеть универсальность естественно-научной деятельности и преодолеть психологические барьеры, которые мешают им видеть общее в разных предметных знаниях. Идея универсальности биофизических знаний
13	Курс «Биофизика» для 10-го класса (34 часа). Автор Р.И. Ислямов. ЧОУ «Медико-биологический лицей», г. Симферополь	Данный курс разработан для специализированного обучения в области медицины в рамках естественно-научного направления, что обеспечивает более глубокое изучение межпредметных связей и профильных учебных предметов, таких как биология и физика.

		Идея естественно-научной профильности.
14	Элективный курс «Биофизика» для 10–11-х классов (68 часов), разработан в лицее финуниверситета, г. Москва	Курс раскрывает актуальные проблемы биофизики, которые связаны с логикой естественно-научного познания
15	Элективный курс «Биофизика» для 10–11-х классов (135 часов), МАОУ «Профильная школа №23», г. Стерлитамак	Цель курса – изучение биофизических явлений и закономерностей, происходящих в живых организмах на различных уровнях организации, с акцентом на идее комплексности в изучении биофизики
16	Элективный курс «Биофизика» для 10-х и 11-х классов (68 часов), автор Ю.Ф. Косых, МБОУ «Репенская средняя общеобразовательная школа» Алексеевского городского округа Белгородской области	В курсе делается акцент на формирование естественно-научного мышления школьников через реализацию мыслительных операций анализа и синтеза, а также межпредметного обобщения знаний и формирование метапредметных способов учебной деятельности. Идея формирования научно-теоретического мышления
17	Элективный курс «Биофизика» для 10–11-х классов (68 часов). Авторы О.К. Аксенова, А.Н. Плеханова. Гимназия № 26, г. Томск	Курс призван решать задачи предпрофессиональной подготовки школьников к обучению в медицинском университете. Целевая установка преподавания курса определяет успешную социализацию выпускников и решение вопросов универсализации гимназического образования, формирование естественно-научной картины мира. Идея универсализации гимназического образования
18	Элективный курс «Биофизика» для 10–11-х классов (68 часов). Автор Е.П. Левченко. Разработан в МБОУ СОШ № 16 им. И.П. Федорова, поселок Красносельский Гулькевичского района Краснодарского края	Курс обеспечивает фундамент изучения естественно-научных предметов, повышает теоретическую подготовку по биологии. Раскрываются сложные механизмы протекания физиологических процессов, показываются физико-химические методы, биофизические явления, лежащие в основе жизненных процессов в организме. Идея фундаментализации естественно-научного образования.

19	Элективный курс «Биофизика» для 10-го класса (34 часа). Автор И.В. Рюмшина, МБОУ «Средняя общеобразовательная школа с углубленным изучением отдельных предметов №3» г. Ханты-Мансийска	Предлагается структура биофизического содержания, отражающая системные биофизические знания. Показан интегративный и междисциплинарный характер учебного материала, раскрывающий универсальность естественно-научной деятельности. Предлагаются методы исследования человека на основании современного медицинского оборудования
20	Учебный курс «Биофизика» (70 часов) для обучающихся 10–11-х классов. Автор С.П. Акиньшина, МБОУ «Хохольский лицей», Хохольский муниципальный район Воронежской области	При моделировании курса использованы следующие подходы: деятельностный – для раскрытия особенностей учебно-познавательной деятельности учащихся; интегративный, обеспечивающий преемственность содержания учебного материала, межпредметные связи физики и биологии, соединение физических и биологических знаний; личностный, обеспечивающий удовлетворение потребностей в естественно-научных знаниях. Идея формирования естественно-научного стиля учебно-познавательной деятельности

Авторами проведен ретроспективный анализ научно-методической литературы по проблеме преподавания синтезированных предметов и интегративных курсов в школе, обобщен методический опыт изучения школьниками учебного предмета «Биофизика», смоделирована логика представления учебного предмета «Биофизика» в 10-х и 11-х классах при профильном обучении.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Обобщив педагогический опыт и идеи преподавания, авторы предлагают дидактический механизм синтеза научных знаний в рамках учебного предмета «Биофизика» с основой на педагогическом опыте и идеях преподавания в общеобразовательных учреждениях. Этот механизм связан с идеей объединения физики и биологии на основе биофизических теорий в учебном материале. Дидактический синтез в контексте естественно-научного образования рассматривается как высокий уровень целостности учебного материала, который включает соединение образовательных компонентов, построение структур обучения в соответствии с логикой познания и

деятельности, а также последовательное изучение содержания для достижения образовательных целей [1, 4].

В методологии теории познания дидактический синтез физики и биологии проявляется через интеграцию физических и биологических знаний с учетом химических процессов и явлений в учебном материале; объединение физики, химии и биологии в единое научное биофизическое знание.

Основные принципы дидактического синтеза физики и биологии в авторском понимании:

- 1) качественная несводимость живой и неживой материи;
- 2) биологическая целесообразность в познании сущности протекания биофизических процессов и явлений;
- 3) индуктивно-дедуктивный синтез в познании объектов живой природы;
- 4) историзм в раскрытии эволюционного характера развития живой материи;
- 5) физическая редукция в определении логики представления биофизического материала; принцип интеграции на основе целостности биофизических теорий;
- 6) дополнительность в формировании научно-теоретического мышления [4].

Дидактический синтез физики и биологии на уровне соединения физических и биологических теорий позволяет представить целостность биофизического материала на высоком уровне обобщения естественно-научных знаний. Например, соединение классической механики с биологией ткани позволяет описывать механическое движение живых организмов с использованием биомеханических характеристик. Соединение теории течения идеальной жидкости и функционирования сердечно-сосудистой системы дает возможность раскрыть закономерности движения крови и представить методы исследования сосудистой системы. Теория колебательных движений в синтезе с теорией ощущения позволяет описать механизмы возникновения различных видов реакций на окружающую среду. Соединение теории термодинамических процессов и теории метаболизма дает возможность раскрыть процессы превращения энергии в механизмы аутостабилизации в живых организмах. Синтез теории электростатического взаимодействия и мембранной теории позволяет описать транспортный механизм в клетке, электрогенезис в организме, электрокинетические явления в биологических системах. В результате соединения теории Максвелла и учения о ноосфере становится доступно объяснение действия электромагнитных волн радиодиапазона на живые существа. Синтез теории строения атомного ядра и учения В.И. Вернадского позволяет раскрыть в образовательном процессе теорию ионизации биологического вещества [1].

Проведенный научно-методологический анализ дидактического синтеза биофизических теорий позволил авторам представить основные разделы школьного учебного предмета «Биофизика».

1. Механическое движение живых организмов.
2. Гемодинамика.
3. Биоакустика.
4. Термодинамика биологических систем.
5. Электрокинетические процессы и явления в живом организме.
6. Раздел «Электрические токи в биологическом веществе».
7. Действие электромагнитных волн радиодиапазона на живой организм.
8. Действие электромагнитных волн оптического диапазона на живой организм.
9. Основы радиобиологии.

Опытно-экспериментальная оценка эффективности учебного материала биофизики проводилась в Троицком естественно-научном лицее Челябинской области с 2018 по 2023 годы. В эксперименте приняли участие 178 учащихся химико-биологического класса.

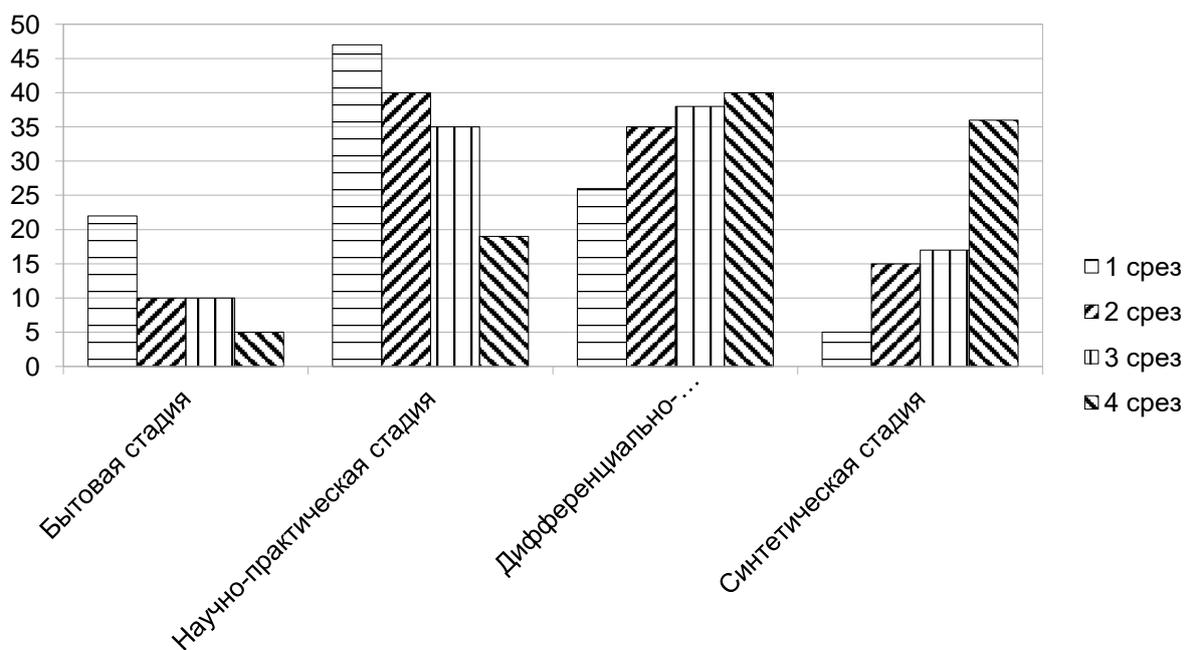
Влияние синтезированного учебного материала предмета «Биофизика», предлагаемого авторами для профильного школьного образования, на сформированность естественно-научного мышления старшеклассников оценивалось с помощью критериально-ориентированных тестов (ТЕНМ-10, ТЕНМ-11) [4], которые представлены в таблице 2.

Таблица 2

Распределение учащихся по стадиям сформированности естественно-научного мышления

Стадии сформированности естественно-научного мышления	Процент учащихся 10-го класса (%)		Процент учащихся 11-го класса (%)	
	1-й срез	2-й срез	3-й срез	4-й срез
Бытовая стадия	22	10	10	5
Научно-практическая стадия	47	40	35	19
Дифференциально-синтетическая стадия	26	35	38	40
Синтетическая стадия	5	15	17	36

Распределение учащихся по стадиям сформированности естественно-научного мышления для 4 срезов представлено на рисунке.



*Распределение учащихся по стадиям сформированности естественно-научного мышления*

Проведенное тестирование школьников на четырех этапах образовательного процесса при изучении учебного предмета «Биофизика» в 10–11-х классах показывает: изменение профильной подготовки школьников по естественно-научным предметам; увеличение доли школьников, находящихся на синтетической стадии развития естественно-научного мышления при изучении биофизики; уменьшение доли школьников, имеющих эмпирическое мышление, и увеличение доли школьников, имеющих теоретическое мышление при изучении биофизики.

**Заключение.** Внедрение научных биофизических знаний в образовательный процесс позволяет обновить содержание естественно-научного образования в школе. Авторы считают, что преподавание учебного предмета «Биофизика» создает условия для личностно-личностного обучения, что способствует в дальнейшем удовлетворению образовательных потребностей обучающихся.

В практике общего образования накоплен большой педагогический опыт преподавания биофизики как науки, расширяющей, углубляющей содержание и удовлетворяющей запросы учащихся в естественно-научном образовании. Этот опыт становится основой для системного представления учебного предмета «Биофизика» в школе. Авторы предприняли попытку разработки учебного предмета «Биофизика» для школы, используя идею интеграции содержания естественно-научного образования.

Интегрирующим фактором моделирования биофизического содержания учебного материала в случае, описанном авторами, выступают биофизические теории, которые являются продуктом синтеза физических и биологических теорий, рассматриваемых

учащимися в школе. Таким образом, возникают разделы учебного предмета «Биофизика», в которых реализуются методологические принципы биофизических представлений реального мира.

Авторы провели педагогический эксперимент, который позволил выявить взаимосвязь между изучением биофизики и формированием научно-теоретического мышления.

### Список литературы

1. Старченко С.А. Дидактический синтез физики и биологии в образовательном процессе: монография. Челябинск: Издательство ЗАО «Библиотека А.Миллера», 2019. 222 с.
2. Яковлев Г.С., Гладышева Ю.А. Использование биофизического материала на уроках физики // Вестник Оренбургского государственного университета. 2018. № 5 (217). С. 79-85.
3. Уткина Т.В. Проблемный метод обучения в условиях реализации информационно коммуникативных технологий на основе интеграции физики и биологии // Символ науки. 2016. № 4-2. С. 56-72.
4. Тулькибаева Н.Н. Старченко С.А. Формирование естественнонаучного мышления старшеклассников в условиях интеграции физики и биологии // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2019. № 5. С. 180-194.
5. Шамина С.А. Дидактическое моделирование естественнонаучного мышления обучающихся в вузе // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 1. [Электронный ресурс]. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27411> (дата обращения: 21.05.2024). DOI: 10.17513/spno.27411.
6. Антонова Н.А. Особенности преподавания физики в классах химико-биологического профиля // Физика в школе. 2019. № 3. С.31-38.
7. Кац Ц.Б. Биофизика на уроках физики: Кн. Для учителя: Из опыта работы. Просвещение, 1988. 159 с.
8. Безган Л.Н., Емельянов А.И., Сергеева Е.Е. Учебный модуль «Биофизика» основного общего образования для учащихся 7-х классов. Калининград 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://gymn40.gosuslugi.ru/ofitsialno/obrazovanie-programmu> (дата обращения: 21.05.2024).
9. Карпова Т.А. Элективный курс для 7 классов «Элементарная биофизика». Рязань 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://infourok.ru/programma-elektivnogo-kursa-biofizika-2617865.html> (дата обращения: 22.05.2024).
10. Ярош Е.И. Элективный курс «Физика в биологии и в медицине» для 7 класса. Мельница, 2015. [Электронный ресурс]. URL: [https://kopilkaurokov.ru/fizika/planirovanie/rabochaia\\_proghramma\\_fizika\\_v\\_biologhii\\_i\\_v\\_miedit sinie\\_eliektivnyi\\_kurs](https://kopilkaurokov.ru/fizika/planirovanie/rabochaia_proghramma_fizika_v_biologhii_i_v_miedit sinie_eliektivnyi_kurs) (дата обращения: 22.05.2024).

11. Белова Н.В. Рабочая программа развивающего курса «Элементы биофизики» для обучающихся 8 класса. [Электронный ресурс]. URL: <http://xn----7sbohebaefbker6g8d.xn--p1ai/tinybrowser/files/rabochie-programmy/5-9/gr-elementy-biofiziki-2021-2022.pdf> (дата обращения: 22.05.2024).
12. Коряжкина С.А. Элективный курс «Биофизика» в 8 классе. Новосибирск, 2017. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gy3.ru/files/pdf/PROG-17-18/gr-vneurok-biofizika-8EN.pdfkurs> (дата обращения: 22.05.2024).
13. Хромов Б.Н. Рабочая программа курса внеурочной деятельности «Основы биофизики». 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.art-talant.org/publikacii/51868-rabochaya-programma-kursa-vneurochnoy-deyatelnosti-osnovy-biofiziki> (дата обращения: 23.05.2024).
14. Телегина Н.М. Элективный курс "Элементы биофизики". СПб., 2012. [Электронный ресурс]. URL: <https://urok.1sept.ru/articles/613564> (дата обращения: 23.05.2024).
15. Косенко А.В. Элективный курс «Биофизика» для 9 класса. Тамань, 2021. [Электронный ресурс]. URL: [https://xn--28-8kc3bfr2e.xn--p1ai/tochka\\_rosta/doc/doc/doc/programmy\\_dopolnitelnogo\\_obrazovaniya/Biophysics.pdf](https://xn--28-8kc3bfr2e.xn--p1ai/tochka_rosta/doc/doc/doc/programmy_dopolnitelnogo_obrazovaniya/Biophysics.pdf) (дата обращения: 23.05.2024).
16. Прибыткина О.М., Резаева И.А., Охотникова Т.В., Овчинникова С.И. Курс «Элементы биофизики» для 9 класса. 2021. [Электронный ресурс]. URL: <http://oulicei.tuk.obr55.ru/files/2021/08/Курс-внеурочной-деятельности-Биофизика.pdf> (дата обращения: 23.05.2024).
17. Шикина А.В., Мартынова И.П., Лобышева И.И. Курс «Основы биофизики» для 9-11 классов. Тольятти, 2019. [Электронный ресурс]. URL: [https://school70.tgl.ru/sp/pic/File/Platnie\\_obrazovatelnie\\_uslugi/19-20/programmi/PU\\_Osnovi\\_biofiziki\\_9-11.pdf](https://school70.tgl.ru/sp/pic/File/Platnie_obrazovatelnie_uslugi/19-20/programmi/PU_Osnovi_biofiziki_9-11.pdf) (дата обращения: 23.05.2024).
18. Андреева М.П. Курс «Биофизика» для 10 класса. Астрахань, 2022. [Электронный ресурс]. URL: [https://shod30.ru/images/sved\\_obr\\_org/programm2022/10/vn/kurs\\_po\\_biofizike.pdf](https://shod30.ru/images/sved_obr_org/programm2022/10/vn/kurs_po_biofizike.pdf) (дата обращения: 24.05.2024).
19. Рюмина И.В. Курс «Биофизика» для 10 класса. Курск, 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://multiurok.ru/index.php/files/rabochaia-programma-elektivnogo-kursa-biofizika-10.html> (дата обращения: 24.05.2024).