

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный  
университет им. Н.И. Лобачевского»

Институт биологии и биомедицины

---

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИББМ \_\_\_\_\_

Ведунова М.В.

« 30 » августа 2020 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Математическое моделирование  
биологических систем**

\_\_\_\_\_  
(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования  
**Специалитет**

Направление подготовки / специальность  
**30.05.02 Медицинская биофизика**

Квалификация (степень)  
**Врач-биофизик**

Форма обучения  
**Очная**

Нижегород

2020 год

## 1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Математическое моделирование биологических процессов» относится к вариативной части профессионального цикла Блока 1 «Дисциплины (модули)» ООП по специальности 30.05.02 «Медицинская биофизика», дисциплины выбора, преподается на 3 курсе в 5 семестре.

Студенты к моменту освоения дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов», согласно ФГОС ВО, ознакомлены с основными теоретическими понятиями и прикладными знаниями, полученными в рамках изучения дисциплин математики, химии, физики. К моменту изучения дисциплины у студентов присутствуют устойчивые представления, касающиеся понятийного аппарата в области математики и физики, студенты владеют основами навыками работы со специализированной литературой.

### Целями освоения дисциплины являются:

- формирование у студентов целостного представления о математических моделях живых систем различного уровня и принципах их построения;
- освоение студентами методов исследования математических моделей и обучение их применению теоретических навыков построения и анализа математических моделей к конкретным исследуемым процессам.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

| Формируемые компетенции  | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций   |
|--|--|
| ПК-6: способность к применению системного анализа в изучении биологических систем<br><br>(начальный этап формирования) | <i>З (ПК-6) Знать</i> теоретические подходы и представления, лежащие в основе регрессионных, качественных и имитационных моделей; основы разработки регрессионных моделей, методы их построения на основе статистических данных и использования для прогнозирования практических результатов в области анализа и прогнозирования показателей здоровья населения.<br><i>У (ПК-6) Уметь</i> формулировать уравнения, описывающие выбранную модель; проводить анализ предложенных уравнений; выбирать тип и конкретный вид, осуществлять параметризацию и верификацию регрессионной математической модели, обеспечивающей оптимальное описание исследуемого процесса в рамках конкретной задачи в области анализа и прогнозирования показателей здоровья населения.<br><i>В (ПК-6) Владеть</i> навыками разработки математической модели конкретного биологического процесса; навыками разработки регрессионной модели исследуемого процесса в рамках конкретной задачи в области анализа и прогнозирования показателей здоровья населения. |

Окончательное завершение формирования компетенций, предусмотренных в рамках данной дисциплины, происходит при прохождении производственной практики и подготовке ВКР.

### 3. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) составляет 4 зачетные единицы, всего 144 часа, из которых 73 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (36 часов лабораторных работ, 36 часов практических работ, 1 час мероприятия промежуточной аттестации), 71 час составляет самостоятельная работа обучающегося.

Таблица

Содержание дисциплины (модуля)

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине | Всего (часы) | В том числе   |                            |           |   |
|--|--------------|---|----------------------------|-----------|---|
|  |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы, из них |                            |           | Самостоятельная работа обучающегося, часы |
|  |              | Практические занятия  | Занятия лабораторного типа | Всего     |   |
| Модуль 1: Основные типы математических моделей биологических процессов   | 27           | 8   | 2                          | 10        | 17  |
| Модуль 2: Методы исследования математических моделей   | 36           | 10  | 8                          | 18        | 18  |
| Модуль 3: Примеры математических моделей биологических процессов различного уровня                                 | 44           | 18  | 8                          | 26        | 18  |
| Модуль 4: Разработка математического описания конкретного биологического процесса и его анализ                     | 36           |   | 18                         | 18        | 18  |
| Промежуточная аттестация   | 1            | Зачет   |                            |           |   |
| <b>ИТОГО</b>   | <b>144</b>   | <b>36</b>   | <b>36</b>                  | <b>73</b> | <b>71</b>                                 |

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках семинарских занятий. Промежуточная аттестация осуществляется на зачете.

### Наименования практических занятий

| <b>№№</b> | <b>Тип и название учебного модуля</b>  | <b>Учебно-методическое обеспечение учебного модуля</b> |
|-----------|--|--|
| 1.        | Семинар: “Математическое моделирование биологических процессов: общие представления”                                     | Обсуждение и вопросы                                   |
| 2.        | Семинар: “Регрессионные модели биологических процессов: типы, теоретическое обоснование, область применения, примеры”    | Обсуждение и вопросы                                   |
| 3.        | Семинар: “Качественные модели биологических процессов: общие особенности, область применения, примеры”                   | Обсуждение и вопросы                                   |
| 4.        | Семинар: “Имитационные модели биологических процессов: общие особенности, этапы разработки, область применения, примеры” | Обсуждение и вопросы                                   |
| 5.        | Семинар: “Методы аналитического решения систем дифференциальных уравнений”   | Обсуждение и вопросы                                   |
| 6.        | Семинар: “Методы качественного решения «точечных» систем дифференциальных уравнений”                                     | Обсуждение и вопросы                                   |
| 7.        | Семинар: “Методы качественного решения систем дифференциальных уравнений с распределенными в пространстве параметрами”   | Обсуждение и вопросы                                   |
| 8.        | Семинар: “Методы численного решения дифференциальных уравнений”  | Обсуждение и вопросы                                   |
| 9.        | Семинар: “Модели на основе термодинамического подхода как пример обобщенного описания процессов в биосистемах”           | Обсуждение и вопросы                                   |
| 10.       | Семинар: “Некоторые подходы в рамках моделирования молекулярной динамики и области их применения”                        | Обсуждение и вопросы                                   |
| 11.       | Семинар: “Моделирование на основе броуновской динамики: от пары "фермент-субстрат" до сложного                           | Обсуждение и вопросы                                   |

|     |   |   |
|-----|---|---|
|     | ансамбля ферментов в электронно-транспортных цепях”   |   |
| 12. | Семинар: “Математическое моделирование фотосинтеза как пример использования различных подходов и временных шкал к описанию биологического процесса”       | Обсуждение и вопросы  |
| 13. | Семинар: “Математическое моделирование процессов мембранного транспорта”  | Обсуждение и вопросы  |
| 14. | Семинар: “Математическое моделирование процессов биоэлектrogenеза у растительных и животных объектов: точечные и пространственные модели”                 | Обсуждение и вопросы  |
| 15. | Семинар: “Математическое моделирование процессов водного обмена у животных и растений: подходы и ограничения”   | Обсуждение и вопросы  |
| 16. | Семинар: “Роль флуктуаций в живых системах и математические модели, позволяющие осуществить ее теоретический анализ”                                      | Обсуждение и вопросы  |
| 17. | Семинар: “Популяционные и экологические модели”   | Обсуждение и вопросы  |
| 18. | Самостоятельная работа студента по теме: “Выбор оптимального подхода для моделирования биологической системы при решении конкретной биологической задачи” | Задание и материалы для самостоятельной работы студента, научная литература                       |
| 19. | Самостоятельная работа студента по теме: “Разработка схемы исследуемого процесса и формулировка уравнений”  | Задание и материалы для самостоятельной работы студента, научная литература                       |
| 20. | Самостоятельная работа студента по теме: “Анализ разработанной модели биологического процесса”  | Задание и материалы для самостоятельной работы студента, научная литература, программные средства |
| 21. | Подготовка студентом отчета по проведенной НИР «Разработка математического описания конкретного биологического процесса и его анализ»                     | Требования к содержанию и оформлению отчета   |

|     |   |   |
|-----|---|---|
| 22. | Зачет по курсу “Математическое моделирование биологических процессов” | Материалы, обеспечивающие подготовку студента к зачету<br><br>Материалы для проведения зачета |
|-----|---|---|

#### **4. Образовательные технологии**

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Учебный процесс в аудитории осуществляется в форме практических и лабораторных занятий.

Проведение лабораторных занятий направлено на практическую подготовку студентов и базируется на самостоятельном изучении методического пособия, сдаче допуска к работе, последующем выполнении лабораторной работы и написания отчета по лабораторной работе.

Практические работы направлены на теоретическую и практическую подготовку студентов для успешного усвоения компетенции в форме проведения презентаций, устных докладов. По итогам прохождения практических занятий оценивается умение и владение материалом курса Математическое моделирование биологических процессов.

Формой промежуточного контроля знаний студентов по дисциплине является зачет, в ходе которого оценивается уровень теоретических знаний и навыки решения практических задач.

#### **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

##### **5.1. Методические указания для обучающихся**

Самостоятельная работа направлена на изучение всех тем, рассмотренных на занятиях лабораторного и практического типа (согласно таблице Содержание дисциплины) и включает работу в читальном зале библиотеки и в домашних условиях, с доступом к ресурсам Интернет, а так же подготовка обучающимися докладов и презентаций по темам, представленным в таблице Содержание дисциплины (модуля).

*Цель самостоятельной работы* - подготовка современного компетентного специалиста и формирование способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа является наиболее деятельным и творческим процессом, который выполняет ряд дидактических функций: способствует формированию диалектического мышления, вырабатывает высокую культуру умственного труда, совершенствует способы организации познавательной деятельности, воспитывает ответственность, целеустремленность, систематичность и последовательность в работе студентов, развивает у них бережное отношение к своему времени, способность доводить до конца начатое дело.

##### **Изучение понятийного аппарата дисциплины**

Вся система индивидуальной самостоятельной работы должна быть подчинена усвоению понятийного аппарата, поскольку одной из важнейших задач подготовки современного грамотного специалиста является овладение и грамотное применение профессиональной терминологии. Лучшему усвоению и пониманию дисциплины помогут учебники, монографии, справочники и интернет ресурсы, указанные в списке литературы.

##### **Изучение тем самостоятельной подготовки по учебно-тематическому плану**

Особое место отводится самостоятельной проработке студентами отдельных разделов и тем по изучаемой дисциплине. В ходе самостоятельной работы студенты разрабатывают доклад и форму презентации изучаемого материала, что способствует увеличению объема знаний, выработке умений и навыков всестороннего овладения способами и приемами профессиональной деятельности.

##### **Работа над основной и дополнительной литературой**

Изучение рекомендованной литературы следует начинать с учебников и учебных пособий, затем переходить к научным монографиям и материалам периодических изданий.

Студент должен уметь самостоятельно подбирать необходимую для учебной и научной работы литературу. При этом следует обращаться к предметным каталогам и библиографическим справочникам, которые имеются в библиотеках.

Для аккумуляции информации по изучаемым темам рекомендуется формировать личный архив, а также каталог используемых источников, что может использоваться не только в рамках данного курса, но и для последующего написания дипломного проекта на выпускном курсе.

#### **Самоподготовка к практическим занятиям**

При подготовке к практическому занятию необходимо помнить, что данная дисциплина тесно связана с ранее изучаемыми дисциплинами.

На практических занятиях студент должен уметь последовательно излагать свои мысли и аргументировано их отстаивать. Для достижения этой цели необходимо:

- 1) ознакомиться с соответствующей темой программы изучаемой дисциплины;
- 2) осмыслить круг изучаемых вопросов и логику их рассмотрения;
- 3) изучить рекомендованную учебно-методическим комплексом литературу по данной теме;
- 4) ознакомиться с вопросами очередного практического занятия;
- 5) подготовить краткое выступление по каждому из вынесенных на практическое занятие вопросу.

Изучение вопросов очередной темы требует глубокого усвоения теоретических основ дисциплины, раскрытия сущности основных положений, проблемных аспектов темы и анализа фактического материала.

При презентации материала на практическом занятии можно воспользоваться следующим алгоритмом изложения темы: название, актуальность исследования, цели и задачи предмета исследования, оценка современного состояния вопроса, используемые материалы и методы исследования, выводы, перспективы развития и возможности внедрения. Время доклада – 7-10 минут. Презентация должна быть выполнена в программе PowerPoint. Презентация должна быть хорошо иллюстрирована (рисунками, схемами, таблицами), логически согласована с докладом. Желательно свободное изложение доклада без зачитывания печатного текста.

#### **Самостоятельная работа студента при подготовке к зачету.**

Промежуточной формой контроля успеваемости студентов является зачет.

Для успешного прохождения промежуточной аттестации рекомендуется в начале семестра изучить перечень вопросов к зачету по данной дисциплине, а также использовать в процессе обучения материалы, разработанные в ходе подготовки к практическим занятиям. Это позволит в процессе изучения тем сформировать более правильное и обобщенное видение существа того или иного вопроса за счет:

- а) уточняющих вопросов преподавателю;
- б) подготовки докладов по отдельным темам, наиболее заинтересовавшие студента;
- в) самостоятельного уточнения вопросов на смежных дисциплинах;
- г) углубленного изучения вопросов темы по учебным пособиям.

#### **Изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет**

Ресурсы Интернет являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым материалам.

### **6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:**

**6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования**

**ПК-6: способность к применению системного анализа в изучении биологических систем.**

| Индикаторы компетенции   | Критерии оценивания (дескрипторы)  |  |   |  |   |   |  |
|--|--|--|---|--|---|---|--|
|  | не зачтено   |  | зачтено   |  |   |   |  |
|  | «плохо»  | «неудовлетворительно»  | «удовлетворительно»   | «хорошо»   | «очень хорошо»  | «отлично»   | «превосходно»  |
| <i>Знать</i> теоретические подходы и представления, лежащие в основе регрессионных, качественных и имитационных моделей; основы разработки регрессионных моделей, методы их построения на основе статистических данных и использования для прогнозирования практических результатов в области анализа и прогнозирования показателей здоровья населения                             | Отсутствие знаний материала  | Наличие грубых ошибок в основном материале   | Знание основного материала с рядом негрубых ошибок  | Знание основного материала с рядом заметных погрешностей   | Знание основного материала с незначительными погрешностями  | Знание основного материала без ошибок и погрешностей  | Знание основного и дополнительного материала без ошибок и погрешностей   |
| <i>Уметь</i> формулировать уравнения, описывающие выбранную модель; проводить анализ предложенных уравнений; выбирать тип и конкретный вид, осуществлять параметризацию и верификацию регрессионной математической модели, обеспечивающей оптимальное описание исследуемого процесса в рамках конкретной задачи в области анализа и прогнозирования показателей здоровья населения | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами | Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <i>Владеть</i> навыками разработки математической модели конкретного биологического процесса; навыками разработки регрессионной модели исследуемого процесса   | Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие  | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые                                    | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с   | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми   | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без   | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач   | Продемонстрированы творческий подход к решению   |



|   |  |                                   |                    |                 |                   |                        |                            |
|---|--|-----------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|------------------------|----------------------------|
| в рамках конкретной задачи в области анализа и прогнозирования показателей здоровья населения | навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | навыки. Имели место грубые ошибки | некоторые недочеты | мелкие недочеты | ошибки и недочеты | без ошибок и недочетов | иногда нестандартных задач |
| Шкала оценок по проценту правильно выполненных контрольных заданий                            | 0 – 20 %   | 21 – 49 %                         | 50 – 69 %          | 70-79 %         | 80 – 89 %         | 90–99%                 | 100%                       |

## 6.2 Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета. Зачет проводится в устной форме. Устная часть зачета заключается в ответе студентом на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующем собеседовании в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ. Практическая часть зачета предусматривает разбор конкретной математической модели биологического процесса.

### Критерии оценивания ответа на зачете:

|            |   |
|------------|---|
| Зачтено    | Удовлетворительный ответ на теоретический вопрос и успешная разработка математической модели конкретного биологического процесса. |
| Не зачтено | Недостаточный ответ на теоретический вопрос и (или) не подготовленная модель конкретного биологического процесса.                 |

## 6.3 Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих сформированность компетенций

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- устные ответы на вопросы при представлении презентации и доклада по темам курса;
- тестирование;
- письменные ответы на вопросы контрольных работ;
- устные ответы на вопросы при фронтальном опросе на занятиях;
- индивидуальный устный ответ по тематике занятия.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- практические контрольные задания, включающих одну или несколько задач (вопросов);
- допуск к лабораторным занятиям, включающий полный спектр знаний и навыков, необходимых для успешного выполнения лабораторной работы.

Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используются: устный опрос, решение практических задач.

## 6.4 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции

Примеры вопросов для устных опросов:

1. Общие представления о математическом моделировании биологических процессов. Понятие моделирования. Физические и математические модели. Преимущества и недостатки математического моделирования.
2. Регрессионные модели биологических процессов. Типы регрессионных моделей. Теоретическое обоснование их применимости. Область применения таких моделей. Определение параметров регрессионных моделей и оценка эффективности описания ими исследуемого процесса. Примеры моделей.
3. Качественные модели биологических процессов. Общие особенности. Область применения качественных моделей и их ограничения. Примеры качественных моделей.
4. Имитационные модели биологических процессов. Общие особенности данной группы моделей. Этапы их разработки и подходы к параметризации и верификации. Область применения имитационных моделей. Примеры имитационных моделей.
5. Методы аналитического решения систем дифференциальных уравнений.
6. Методы качественного решения «точечных» систем дифференциальных уравнений.
7. Методы качественного решения систем дифференциальных уравнений с распределенными в пространстве параметрами.
8. Методы численного решения дифференциальных уравнений.
9. Модели на основе термодинамического подхода как пример обобщенного описания процессов в биосистемах. Область применения и исходные допущения таких моделей. Примеры.
10. Некоторые подходы в рамках моделирования молекулярной динамики. Область применения таких моделей. Подходы к ускорению их численного анализа.

#### Примеры тестов:

1. Для упрощения систем уравнений, описывающих биологические процессы с различными характерными временами, может быть использован: метод

- А. Эйлера.
- Б. разделения переменных.
- В. быстрых и медленных переменных.
- Г. Монте-Карло.

2. Для оценки эффективности описания экспериментальных данных регрессией может быть использован метод:

- А. Фурье.
- Б. наименьших квадратов.
- В. разделения переменных.
- Г. Ляпунова.

#### Примеры ситуационных задач:

1. При анализе скорости перехода электрона с  $Q_A$  на  $Q_B$  в фотосистеме Пвысших растений выявлено, что при увеличении концентрации рост скорости переноса происходит линейно. Оценить применимость закона действующих масс в данной ситуации, обосновать полученный вывод. Записать уравнение для скорости переноса.

2. Адаптировать уравнение Гольдмана-Ходжкина-Катца для стационарного диффузионного потенциала к описанию потенциала покоя, включающего в себя метаболическую компоненту. Примем при этом, что метаболическая компонента –  $H^+$ -АТФаза плазматической мембраны (случай высших растений).

### **6.5 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания**

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 29.12.2017 г. № 630-ОД.

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) основная литература:**

Динамические системы и модели в биологии [Электронный ресурс] / Братусь А.С., Новожилов А.С., Платонов А.П. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922111928.html>

Физика и биофизика. Руководство к практическим занятиям [Электронный ресурс] : учебное пособие / Антонов В.Ф., Черныш А.М., Козлова Е.К., Коржуев А.В. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970426777.html>

Физика и биофизика [Электронный ресурс]: учебник / В. Ф.Антонов, Е. К. Козлова, А. М. Черныш. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970435267.html>

### **б) дополнительная литература:**

Некоркин В. И. - Лекции по основам теории колебаний: учеб. пособие для студентов ННГУ, специализирующихся в области радиофизики, приклад. математики и мат. моделирования. - Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2012. - 311 с.

Оптимальное управление биологическими сообществами [Электронный ресурс] / Андреева Е.А. - Архангельск: ИД САФУ, 2014. Режим доступа:

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785261008804.html>

Нелинейная динамика и управление. Вып. 8. - М.: Физматлит, 2013. - 336 с. Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115643.html>

### **в) Интернет-ресурсы:**

ЭБС «Юрайт». Режим доступа: <http://biblio-online.ru>.

ЭБС «Консультант студента». Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>.

ЭБС «Лань». Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>.

ЭБС «Znanium.com». Режим доступа: [www.znanium.com](http://www.znanium.com).

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения занятий семинарского и лабораторного типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения (демонстрационное оборудование – проектор, ноутбук, экран), помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по специальности 30.05.02 «Медицинская биофизика».

Автор \_\_\_\_\_ к.б.н., доц. кафедры биофизики Сухов В.С.

Рецензент \_\_\_\_\_ Якимов В.Н., д.б.н., доцент кафедры экологии

Заведующий кафедрой биофизики \_\_\_\_\_ д.б.н., доц. Воденеев В.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии Института биологии и биомедицины от «30» августа 2020 года, протокол № 14.