

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Приволжский исследовательский медицинский университет»
Министерства здравоохранения Российской Федерации

 УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной и
воспитательной работе
Е.С. Богомолова
«25» Август 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Название дисциплины: **МОДЕЛИРОВАНИЕ В БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ**

Направление подготовки (специальность): **31.05.01 ЛЕЧЕБНОЕ ДЕЛО**

Квалификация (степень) выпускника: **ВРАЧ-ЛЕЧЕБНИК**

Факультет: **ЛЕЧЕБНЫЙ**

Кафедра: **МЕДИЦИНСКОЙ БИОФИЗИКИ**

Форма обучения: **ОЧНАЯ**

Рабочая программа разработана в соответствии с ФГОС ВО по специальности 31.05.01 «ЛЕЧЕБНОЕ ДЕЛО» утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 988 от 12 августа 2020 г.

Разработчики рабочей программы:

Иудин Д.И.- заведующий кафедрой медицинской биофизики, д.ф.-м.н., д.б.н., профессор;
Малиновская С.Л.- доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры медицинской биофизики.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры медицинской биофизики ПИМУ «20» апреля 2022 г. (протокол № 5)

Заведующий кафедрой медицинской биофизики,
д.ф.-м.н., д.б.н., профессор



(подпись)

/ Иудин Д.И./

СОГЛАСОВАНО
Начальник УМУ



(подпись)

/ Московцева О.М./

«25» апреля 2022 г.

1. Цели и задачи освоения дисциплины «Моделирование в биологии и медицине» (далее – дисциплина):

Цель освоения дисциплины: участие в формировании компетенций:

УК-1 состоящее в формировании у студентов способности осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий.

Задачи дисциплины:

знать:

- основы математического моделирования живых систем;
- методы разработки моделей живых систем.

уметь:

- решать нестандартные профессиональные задачи, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте, с применением математических и естественнонаучных профессиональных знаний;
- основываясь на знании базовых моделей, различать типы динамического поведения живых систем;
- руководить процессом разработки моделей живых систем

владеть:

- современными методами анализа экспериментальных данных и методами математического моделирования;
- методами анализа данных в медико-биологических исследованиях и особенностями построения, применения и анализа математические модели живых систем.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО организации:

2.1. Дисциплина относится к **элективным дисциплинам ООП ВО, изучается в 7 семестре.**

2.2. Дисциплина базируется на знаниях, полученных в ходе освоения программы специалитета.

2.3. Дисциплина является основой для изучения дисциплин: «Автоматизация медицинских исследований», «Основы машинного обучения (нейронные сети)», «Автоматизированный анализ изображений в здравоохранении», прохождения НИР, а также подготовки и защиты ВКР.

3. Результаты освоения дисциплины и индикаторы достижения компетенций:

Изучение дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих универсальных (УК) и профессиональных (ПК) компетенций:

| п /№ | Код компетенции | Содержание компетенции (или ее части) | Код и наименование индикатора достижения компетенции | В результате изучения дисциплины обучающиеся должны: | | |
|------|-----------------|---|---|---|--|--|
| | | | | Знать | Уметь | Владеть |
| 1. | УК-1 | Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать | <u>ИД-1_{УК-1.1}</u> Знает: методы критического анализа и оценки современных научных достижений; основные принципы критического анализа <u>ИД-2_{УК-1.2}</u> Умеет: получать новые знания на основе анализа, синтеза; собирать | методологию абстрактного мышления для систематизации количественных и качественных характеристик физиологического состояния организма и окружающей среды; | получать новые знания на основе анализа, синтеза; решать нестандартные профессиональные задачи, применяя новейшие методы математического и компьютерного моделирования | методологией абстрактного мышления для применения на практике новых научных знаний и методов исследования; способами математического и компьютерного |

| | | | | | |
|--|--------------------|---|--|---------------|-----------------------------|
| | стратегию действий | данные по сложным научным проблемам, относящимся к профессиональной области; осуществлять поиск информации и решений на основе действий, эксперимента и опыта <u>ИД-3_{УК-1.3}</u> Имеет практический опыт: исследования проблемы профессиональной деятельности с применением анализа, синтеза и других методов интеллектуальной деятельности; разработки стратегии действий для решения профессиональных проблем | основные понятия математического и компьютерного моделирования живых систем. | живых систем. | моделирования живых систем. |
|--|--------------------|---|--|---------------|-----------------------------|

4. Разделы дисциплины и компетенции, которые формируются при их изучении:

| п/№ | Код компетенции | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела в дидактических единицах |
|-----|-----------------|---------------------------------|--|
| 1. | УК-1 | Одномерные модели | Введение. Методы моделирования биологических процессов и систем. Классификация моделей Динамическая система и ее математическая модель Классификация динамических систем Геометрическая интерпретация. Фазовый и параметрический портреты. Экспоненциальные процессы с неограниченным ростом. Рост численности колонии микроорганизмов. Модель народонаселения Мальтуса. Экспоненциальные процессы с ограниченным ростом. Уравнение Ферхюльста (логистическое уравнение). Модель Гомперца (рост раковых опухолей). Модель популяции с малой плотностью. Учет внутривидовой конкуренции. Компромиссная модель. Эффект охоты Модели с дискретным временем. Отображения как простейшие модели хаоса. Дискретные модели популяционной динамики: логистическое отображение и модель Рикера. |
| 2. | УК-1 | Двумерные модели | Линейные системы. Фазовая плоскость. Метод изоклин. Устойчивость стационарных состояний Классификация особых точек на фазовой плоскости Бифуркационная диаграмма. Нелинейные системы. Нелинейные элементы и их характеристики Фундаментальные эффекты, к которым приводит нелинейность. Кинетика ферментативных процессов Фермент-субстратная реакция Михаэлиса-Ментен Быстрые и медленные движения. Теорема Тихонова Нелинейные эффекты в ферментативной кинетике Мультистационарные системы. Триггер. Силовое и параметрическое переключение триггера. Модель |

| | | | |
|----|------|---------------------------|---|
| | | | генетического триггера Жакоба-Моно. Модель Лотки - Вольтерра. Модели взаимодействия двух видов. Элементарные факторы внутри- и межпопуляционных отношений. Модель взаимодействия загрязнения с окружающей средой. Математическая модель очистки сточных вод (аэротек). Простейшая модель инфекционного заболевания (модель Марчука). Модель проточной культуры микроорганизмов (хемостат). |
| 3. | УК-1 | Биологические осцилляторы | Автоколебательные процессы в химических и биологических системах. Брюсселятор. Модель реакции Белоусова – Жаботинского (орегонатор). Простейшая модель гликолиза (модель Хиггинса). Элементы нейродинамики. Возбудимость и рефрактерность. Нейронные сети. Модель Хопфилда. Правило обучения Хебба. Модель нейрона МакКаллока-Питтса. Многослойные нейронные сети. Перцептрон. Физиологические модели нейронов. Пороговый интегратор как простейшая модель нейрона. Модель Ходжкина-Хаксли. Модель ФитцХью-Нагумо. Моделирование кардиомиоцита, фибробласта и пейсмекерной клетки. Триггерный режим (бистабильность). |
| 4. | УК-1 | Распределенные системы | Системы типа реакция-диффузия. Процессы самоорганизации в открытых системах. Модель Тьюринга и явление морфогенеза. Динамика активных сред. Модель возбудимой среды Винера-Розенблюта. |

5. Объем дисциплины и виды учебной работы.

| Вид учебной работы | Трудоемкость | | Трудоемкость по семестрам (АЧ) |
|--|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| | объем в зачетных единицах (ЗЕ) | объем в академических часах (АЧ) | 7 |
| <i>Аудиторная работа, в том числе</i> | | 22 | 22 |
| Лекции (Л) | | 6 | 6 |
| Лабораторные практикумы (ЛП) | | - | - |
| Практические занятия (ПЗ) | | 16 | 16 |
| Семинары (С) | | - | - |
| Самостоятельная работа студента (СРС) | | 14 | 14 |
| Научно-исследовательская работа студента | | - | - |
| Промежуточная аттестация - <i>ЗАЧЕТ</i> | | | |
| ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ | 1 | 36 | 36 |

6. Содержание дисциплины

6.1. Разделы дисциплины и виды занятий:

| № п/п | № семестра | Наименование раздела дисциплины | Виды учебной работы* (в АЧ) | | | | | |
|-------|------------|---------------------------------|-----------------------------|----|----|---|-----|-------|
| | | | Л | ЛП | ПЗ | С | СРС | всего |

| | | | | | | |
|---|---|---------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 1 | Одномерные модели | 2 | 4 | 4 | 10 |
| 2 | 1 | Двумерные модели | 2 | 4 | 4 | 10 |
| 3 | 2 | Биологические осцилляторы | 1 | 4 | 4 | 9 |
| 4 | 2 | Распределенные системы | 1 | 4 | 2 | 7 |
| | | <i>Зачет</i> | | | | |
| | | ИТОГО | 6 | 16 | 14 | 36 |

* Л – лекции; ЛП – лабораторный практикум; ПЗ – практические занятия; С – семинары; СРС – самостоятельная работа студента.

6.2. Тематический план лекций:

| № п/п | <i>Наименование тем лекций</i> | Объем в АЧ |
|-------|--|------------|
| | | семестр 7 |
| 1. | Введение. Методы моделирования биологических процессов и систем. Классификация моделей. Динамическая система и ее математическая модель. Классификация динамических систем. Геометрическая интерпретация. Фазовый и параметрический портреты. | 1 |
| 2. | Одномерные динамические системы. Экспоненциальные процессы с неограниченным ростом. | 1 |
| 3. | Экспоненциальные процессы с ограниченным ростом. Уравнение Ферхюльста (логистическое уравнение). Модель Гомперца (рост раковых опухолей). | 1 |
| 4. | Модели с дискретным временем. Отображения как простейшие модели хаоса. | 1 |
| 5. | Линейные системы. Фазовая плоскость. Метод изоклин. Устойчивость стационарных состояний. Классификация особых точек на фазовой плоскости. Бифуркационная диаграмма. Нелинейные системы. Нелинейные элементы и их характеристики. Фундаментальные эффекты, к которым приводит нелинейность. | 1 |
| 6. | Модель Лотки - Вольтерра. Модели взаимодействия двух видов. Элементарные факторы внутри- и межпопуляционных отношений. | 1 |
| 7. | Автоколебательные процессы в химических и биологических системах. | |
| 8. | Элементы нейродинамики. Возбудимость и рефрактерность. Нейронные сети. | |
| 9. | Распределенные системы. Системы типа реакция-диффузия. Процессы самоорганизации в открытых системах. Динамика активных сред. | |
| | ИТОГО (всего - АЧ) | 6 |

6.3. Тематический план лабораторных практикумов: *не предусмотрено ФГОСом.*

6.4. Тематический план практических занятий:

| № п/п | <i>Наименование практических занятий</i> | Объем в АЧ |
|-------|--|------------|
| | | семестр 7 |
| 1. | Рост численности колонии микроорганизмов. Модель народонаселения Мальтуса. | 1 |
| 2. | Модель популяции с малой плотностью. Учет внутривидовой конкуренции. Компромиссная модель. Эффект охоты. | 1 |
| 3. | Дискретные модели популяционной динамики: логистическое отображение и модель Рикера. | 1 |
| 4. | Кинетика ферментативных процессов. Фермент-субстратная реакция Михаэлиса-Ментен. Быстрые и медленные движения. Теорема Тихонова. Нелинейные эффекты в ферментативной кинетике. | 4 |
| 5. | Мультистационарные системы. Триггер. Силовое и параметрическое переключение триггера. Модель генетического триггера Жакоба-Моно. | 1 |

| | | |
|-----|---|-----------|
| 6. | Модель взаимодействия загрязнения с окружающей средой. Математическая модель очистки сточных вод (аэротек). Простейшая модель инфекционного заболевания (модель Марчука). Модель проточной культуры микроорганизмов (хемостат). | 1 |
| 7. | Брюсселятор. Модель реакции Белоусова – Жаботинского (орегонатор). Простейшая модель гликолиза (модель Хиггинса). | 2 |
| 8. | Модель Хопфилда. Правило обучения Хебба. Модель нейрона МакКаллока-Питтса. Многослойные нейронные сети. Перцептрон. | 2 |
| 9. | Физиологические модели нейронов. Пороговый интегратор как простейшая модель нейрона. Модель Ходжкина-Хаксли. | 2 |
| 10. | Модель ФитцХью-Нагумо. Моделирование кардиомиоцита, фибробласта и пейсмекерной клетки. Триггерный режим (бистабильность). | 2 |
| 11. | Модель Тьюринга и явление морфогенеза. Модель возбудимой среды Винера-Розенблюта. | 2 |
| | ИТОГО (всего - АЧ) | 16 |

6.5. Тематический план клинических практических занятий:

- ФГОС не предусмотрены.

6.6. Тематический план семинаров:

- ФГОС не предусмотрены.

6.7. Виды и темы самостоятельной работы студента (СРС):

| № п/п | Виды и темы СРС* | Объем в АЧ |
|-------|---|------------|
| | | семестр 7 |
| 1. | Одномерные модели. <i>ДЗ, СДО, Изучение материала сайтов по темам дисциплины в сети интернет</i> | 4 |
| 2. | Двумерные модели. <i>ДЗ, СДО, Изучение материала сайтов по темам дисциплины в сети интернет</i> | 4 |
| 3. | Биологические осцилляторы. <i>ДЗ, СДО, Изучение материала сайтов по темам дисциплины в сети интернет</i> | 4 |
| 4. | Распределенные системы. <i>ДЗ, СДО, Изучение материала сайтов по темам дисциплины в сети интернет</i> | 2 |
| | ИТОГО (всего – АЧ) | 14 |

*Виды самостоятельной работы: работа с литературными и иными источниками информации по изучаемому разделу, в том числе в интерактивной форме, выполнение заданий (ДЗ), предусмотренных рабочей программой (групповых и (или) индивидуальных) в форме написания рефератов, эссе, подготовки докладов, выступлений; подготовка к участию в занятиях в интерактивной форме (ролевые и деловые игры, тренинги, игровое проектирование, компьютерная симуляция, дискуссии), работа с электронными образовательными ресурсами, размещенными на образовательном портале Университета (СДО), подготовка курсовых работ и т.д.

6.8. Научно-исследовательская работа студента:

- ФГОС не предусмотрена.

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

| № п/п | № семестра | Формы контроля | Наименование раздела дисциплины | Оценочные средства | | |
|-------|------------|----------------|---------------------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| | | | | Виды | кол-во вопросов в задании | кол-во вариантов тестовых заданий |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|----|---|------------------------|---------------------------|--------------------|----|----|
| 1 | 7 | контроль освоения темы | Одномерные модели | контрольная работа | 2 | 10 |
| 2 | 7 | | | тестирование | 8 | 1 |
| 3 | 7 | | | собеседование | 2 | 15 |
| 4 | 7 | контроль освоения темы | Двумерные модели | контрольная работа | 1 | 10 |
| 5 | 7 | | | тестирование | 11 | 1 |
| 6 | 7 | | | собеседование | 2 | 15 |
| 7 | 7 | контроль освоения темы | Биологические осцилляторы | устный доклад | 1 | 15 |
| 8 | 7 | | | собеседование | 2 | 15 |
| 9 | 7 | контроль освоения темы | Распределенные системы | устный доклад | 1 | 15 |
| 10 | 7 | | | собеседование | 2 | 15 |

**формы текущего контроля: контроль самостоятельной работы студента (КСР), контроль освоения темы (КОТ); формы промежуточной аттестации (Пр.А): зачет.*

ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Перечень вопросов к зачету

1. Введение. Методы моделирования биологических процессов и систем. Классификация моделей.
2. Динамическая система и ее математическая модель. Классификация динамических систем.
3. Геометрическая интерпретация. Фазовый и параметрический портреты.
4. Экспоненциальные процессы с неограниченным ростом.
5. Экспоненциальные процессы с ограниченным ростом. Уравнение Ферхюльста (логистическое уравнение). Модель Гомперца (рост раковых опухолей).
6. Модель популяции с малой плотностью. Учет внутривидовой конкуренции. Компромиссная модель. Эффект охоты.
7. Модели с дискретным временем. Отображения как простейшие модели хаоса.
8. Дискретные модели популяционной динамики: логистическое отображение и модель Рикера.
9. Линейные системы. Фазовая плоскость. Устойчивость стационарных состояний. Классификация особых точек на фазовой плоскости.
10. Нелинейные системы. Нелинейные элементы и их характеристики. Фундаментальные эффекты, к которым приводит нелинейность.
11. Кинетика ферментативных процессов. Фермент-субстратная реакция Михаэлиса-Ментен.
12. Быстрые и медленные движения. Теорема Тихонова.
13. Мультистационарные системы. Триггер. Силовое и параметрическое переключение триггера. Модель генетического триггера Жакоба-Моно.
14. Модель Лотки - Вольтерра. Модели взаимодействия двух видов. Элементарные факторы внутри- и межпопуляционных отношений.
15. Модель взаимодействия загрязнения с окружающей средой.
16. Математическая модель очистки сточных вод (аэротек).
17. Простейшая модель инфекционного заболевания (модель Марчука).
18. Модель проточной культуры микроорганизмов (хемостат).
19. Автоколебательные процессы в химических и биологических системах. Брюсселятор.
20. Модель реакции Белоусова – Жаботинского (орегонатор).
21. Простейшая модель гликолиза (модель Хиггинса).
22. Элементы нейродинамики. Возбудимость и рефрактерность. Нейронные сети.
23. Модель Хопфилда. Правило обучения Хебба. Модель нейрона МакКаллока-Питтса.
24. Многослойные нейронные сети. Перцептрон.
25. Физиологические модели нейронов. Пороговый интегратор как простейшая модель нейрона.

26. Модель Ходжкина-Хаксли.
27. Модель ФитцХью-Нагумо. Моделирование кардиомиоцита, фибробласта и пейсмекерной клетки. Триггерный режим (бистабильность).
28. Системы типа реакция-диффузия. Процессы самоорганизации в открытых системах.
29. Модель Тьюринга и явление морфогенеза.
30. Динамика активных сред. Модель возбудимой среды Винера-Розенблюта.

Тестовые вопросы

1. Каких видов динамических систем не существует
 - а. сосредоточенные и распределенные
 - б. непрерывные и дискретные
 - в. тороидальные и сферические
 - г. консервативные и диссипативные

2. Каких динамических систем не существует при классификации по энергетическому принципу
 - а. гамильтоновы
 - б. автоматизированные
 - в. диссипативные
 - г. консервативные

3. Какие собственные значения отвечают состоянию равновесия типа центр?
 - а. комплексно-сопряженные с положительной действительной частью
 - б. действительные разных знаков
 - в. действительные одного знака
 - г. пара чисто мнимых

4. Какие собственные значения отвечают состоянию равновесия типа неустойчивый фокус?
 - а. комплексно-сопряженные с положительной действительной частью
 - б. действительные разных знаков
 - в. действительные одного знака
 - г. пара чисто мнимых

5. Какой тип состояния равновесия двумерной системы всегда является неустойчивым?
 - а. седло
 - б. узел
 - в. фокус
 - г. центр

6. Какой тип состояния равновесия двумерной системы всегда является устойчивым?
 - а. седло
 - б. узел
 - в. фокус
 - г. центр

7. Какая бифуркация отвечает рождению в фазовом пространстве динамической системы предельного цикла?
 - а. бифуркация Богданова-Тakensа

- б. бифуркация Андронова-Хопфа
- в. бифуркация Гаврилова-Гюкенхеймера
- г. бифуркация Неймарка-Сакера

8. Какой эффект не характерен для нелинейных динамических систем.

- а. бистабильность
- б. гистерезис
- в. изохронность
- г. ангармоничность

9. Чем характеризуется каскад бифуркаций удвоения периода?

- а. числом Авогадро
- б. диаграммой Фейнмана
- в. константой Фейгенбаума
- г. числом Рейнольдса

Примеры проверочной самостоятельной работы

1. Найти состояния равновесия динамической системы, определить их тип и характер устойчивости, построить фазовый портрет (в том числе сведя к уравнению $dy/dx=f(x,y)$, найти изоклины). При наличии управляющего параметра построить фазовый портрет в каждом из указанных случаев.
2. Построить математическую модель комменсализма 2-х автотрофных популяций при учете внутривидовой конкуренции. Провести анализ полученной модели: найти состояния равновесия, определить их тип и характер устойчивости, построить параметрический и фазовый портреты.
3. Построить математическую модель симбиоза 2-х автотрофных популяций при учете внутривидовой конкуренции. Провести анализ полученной модели: найти состояния равновесия, определить их тип и характер устойчивости, построить параметрический и фазовый портреты.
4. Построить математическую модель конкурентной борьбы 2-х автотрофных популяций при учете внутривидовой конкуренции. Провести анализ полученной модели: найти состояния равновесия, определить их тип и характер устойчивости, построить параметрический и фазовый портреты.
5. Найти графически и аналитически неподвижные точки отображения, определить характер устойчивости неподвижных точек.

Примеры зачетных билетов

**ФГБОУ ВО ПИМУ МЗ России
КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ И ИНФОРМАТИКИ**

Билет № 1

1. Методы моделирования биологических процессов и систем. Классификация моделей.
2. Простейшая модель инфекционного заболевания (модель Марчука).

**ФГБОУ ВО ПИМУ МЗ России
КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ И ИНФОРМАТИКИ**

Билет № 2

1. Динамическая система и ее математическая модель. Классификация динамических систем.
2. Математическая модель очистки сточных вод (аэротек).

**ФГБОУ ВО ПИМУ МЗ России
КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ И ИНФОРМАТИКИ**

Билет № 3

1. Геометрическая интерпретация динамических систем. Фазовый и параметрический портреты.
2. Модель проточной культуры микроорганизмов (хемостат).

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (печатные, электронные издания, интернет и другие сетевые ресурсы).

8.1. Перечень основной литературы:

| № п/п | Наименование согласно библиографическим требованиям | Количество экземпляров | |
|-------|---|------------------------|---------------------|
| | | На кафедре | В библиотеке |
| 1. | Ризниченко, Г.Ю. Математическое моделирование биологических процессов. Модели в биофизике и экологии [Электронный ресурс]: учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / Г.Ю. Ризниченко. – М.: Юрайт, 2018. – 183 с. | – | Электронное издание |
| 2. | Мятлев В.Д., Панченко Л.А., Ризниченко Г.Ю., Терехин А.Т. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели. М.: Юрайт, 2020г, 321 с. | – | Электронное издание |

**перечень основной литературы должен содержать учебники, изданные за последние 10 лет (для дисциплин гуманитарного, социального и экономического цикла за последние 5 лет), учебные пособия, изданные за последние 5 лет.*

8.2. Перечень дополнительной литературы:

| № п/п | Наименование согласно библиографическим требованиям | Количество экземпляров | |
|-------|---|------------------------|--------------|
| | | На кафедре | В библиотеке |
| 1. | Ризниченко Г.Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. Москва-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2011, 232 с. | Электронное издание | – |
| 2. | Соловьева О.Э., Мархасин В.С., Кацнельсон Л.Б., Сульман Т.Б., Васильева А.Д., Курсанов А.Г. Математическое моделирование живых систем. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2013 | Электронное издание | – |
| 3. | Братусь А.С., Новожилов А.С., Платонов А.П. Динамические системы и модели биологии. М.: Физматлит; 2010 | Электронное издание | – |
| 4. | Мюррей Дж. Математическая биология. Том 1. Введение. - М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2009, 776 с. | Электронное издание | – |

**дополнительная литература содержит дополнительный материал к основным разделам программы дисциплины.*

8.3. Перечень методических рекомендаций для самостоятельной работы студентов:

| № п/п | Наименование согласно библиографическим требованиям | Количество экземпляров | |
|-------|--|------------------------|--------------|
| | | на кафедре | в библиотеке |
| 1. | Ижикевич Е. Динамические системы в нейронауке. Геометрия возбудимости и пачечной активности. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2018, 520 с. | Электронное издание | - |

8.4. Электронные образовательные ресурсы, используемые в процессе преподавания дисциплины:

8.4.1. Внутренняя электронная библиотечная система университета (ВЭБС)*

| <i>Наименование электронного ресурса</i> | <i>Краткая характеристика (контент)</i> | <i>Условия доступа</i> | <i>Количество пользователей</i> |
|--|--|---|---------------------------------|
| Внутренняя электронная библиотечная система (ВЭБС) | Труды профессорско-преподавательского состава академии: учебники и учебные пособия, монографии, сборники научных трудов, научные статьи, диссертации, авторефераты диссертаций, патенты. | с любого компьютера, находящегося в сети Интернет, по индивидуальному логину и паролю [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://95.79.46.206/login.php | Не ограничено |

8.4.2. Электронные образовательные ресурсы, приобретаемые университетом

| <i>Наименование электронного ресурса</i> | <i>Краткая характеристика (контент)</i> | <i>Условия доступа</i> | <i>Количество пользователей</i> |
|--|--|---|---------------------------------|
| Электронная база данных «Консультант студента» | Учебная литература + дополнительные материалы (аудио-, видео-, интерактивные материалы, тестовые задания) для высшего медицинского и фармацевтического образования. Издания, структурированы по специальностям и дисциплинам в соответствии с действующими ФГОС ВПО. | с любого компьютера, находящегося в сети Интернет, по индивидуальному логину и паролю [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.studmedlib.ru/ | Общая подписка ПИМУ |
| Электронная библиотечная система «Букап» | Учебная и научная медицинская литература российских издательств, в т.ч. переводы зарубежных изданий. | с любого компьютера, находящегося в сети Интернет по логину и паролю, с компьютеров академии. Для чтения доступны издания, на которые оформлена подписка. | Общая подписка ПИМУ |

| | | | |
|---|--|---|-------------------------------------|
| | | [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.books-up.ru/ | |
| «Библиопоиск» | Интегрированный поисковый сервис «единого окна» для электронных каталогов, ЭБС и полнотекстовых баз данных. Результаты единого поиска в демоверсии включают документы из отечественных и зарубежных электронных библиотек и баз данных, доступных университету в рамках подписки, а также из баз данных открытого доступа. | Для ПИМУ открыт доступ к демоверсии поисковой системы «Библиопоиск»: http://bibliosearch.ru/pimu . | Общая подписка ПИМУ |
| Отечественные электронные периодические издания | Периодические издания медицинской тематики и по вопросам высшей школы | - с компьютеров академии на платформе электронной библиотеки eLIBRARY.RU -журналы изд-ва «Медиасфера» -с компьютеров библиотеки или предоставляются библиотекой по заявке пользователя [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://elibrary.ru/ | |
| Международная наукометрическая база данных «Web of Science Core Collection» | Web of Science охватывает материалы по естественным, техническим, общественным, гуманитарным наукам; учитывает взаимное цитирование публикаций, разрабатываемых и предоставляемых компанией «Thomson Reuters»; обладает встроенными возможностями поиска, анализа и управления библиографической информацией. | С компьютеров ПИМУ доступ свободный [Электронный ресурс] – Доступ к ресурсу по адресу: http://apps.webofknowledge.com | С компьютеров ПИМУ доступ свободный |

8.4.3 Ресурсы открытого доступа

| <i>Наименование электронного ресурса</i> | <i>Краткая характеристика (контент)</i> | <i>Условия доступа</i> |
|---|---|--|
| Федеральная электронная медицинская библиотека (ФЭМБ) | Включает электронные аналоги печатных изданий и оригинальные электронные издания, не имеющие аналогов, зафиксированных на иных носителях (диссертации, авторефераты, книги, журналы и т.д.). [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://нэб.рф/ | с любого компьютера, находящегося в сети Интернет |
| Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU | Крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты научных статей и публикаций. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://elibrary.ru/ | с любого компьютера, находящегося в сети Интернет. |
| Научная | Полные тексты научных статей с аннотациями, | с любого компьютера, |

| | | |
|--|--|---|
| электронная библиотека открытого доступа КиберЛенинка | публикуемые в научных журналах России и ближнего зарубежья. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/ | находящегося в сети Интернет |
| Российская государственная библиотека (РГБ) | Авторефераты, для которых имеются авторские договоры с разрешением на их открытую публикацию [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.rsl.ru/ | с любого компьютера, находящегося в сети Интернет |
| Справочно-правовая система «Консультант Плюс» | Федеральное и региональное законодательство, судебная практика, финансовые консультации, комментарии законодательства и др. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.consultant.ru/ | с любого компьютера, находящегося в сети Интернет |
| Официальный сайт Министерства здравоохранения Российской Федерации | Национальные клинические рекомендации [Электронный ресурс] – Режим доступа: cr.rosminzdrav.ru - Клинические рекомендации | с любого компьютера, находящегося в сети Интернет |
| Официальный сайт Российского респираторного общества | Современные материалы и клинические рекомендации по диагностике и лечению заболеваний органов дыхания [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.spulmo.ru – Российское респираторное общество | с любого компьютера, находящегося в сети Интернет |
| Официальный сайт Российского научного общества терапевтов | Современные материалы и клинические рекомендации по диагностике и лечению заболеваний внутренних органов [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.rnmot.ru – Российское научное общество терапевтов | с любого компьютера, находящегося в сети Интернет |

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

9.1. Перечень помещений*, необходимых для проведения аудиторных занятий по дисциплине:

Материально-техническая база (помещения), обеспечивающая реализацию Программы на базе Университета, соответствует действующим санитарно-техническим нормам, а также нормам и правилам пожарной безопасности.

1. Для проведения лекций имеются:

- лекционные аудитории БФК (большой и малый залы);
- лекционная аудитория Морфологического корпуса;
- лекционная аудитория общежития №3;
- лекционная аудитория корпуса №9.

2. Для проведения практических занятий на базе корпуса № 2 (БФК) имеются учебные аудитории, снабженные:

- учебными досками, учебной мебелью, методическими материалами, ПК, проектором, мультимедиа-проектором, ноутбуком, доступом в Интернет.
- 4 дисплейных класса.

9.2. Перечень оборудования*, необходимого для проведения аудиторных занятий по

дисциплине: № п/п

| | <i>Наименование оборудования</i> | <i>Количество</i> |
|----|--|-------------------|
| 1. | Проектор мультимедийный | 1 |
| 2. | Стационарный компьютер | 15 |
| 3. | Ноутбук | 1 |
| 4. | Лицензионное ПО пакет прикладных программ MATLAB | 15 |

9.3. Комплект лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

| № п. п. | Программное обеспечение | кол-во лицензий | Тип программного обеспечения | Производитель | Номер в едином реестре российского ПО | № и дата договора |
|---------|---|-----------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--|
| 1 | Wtware | 100 | Операционная система тонких клиентов | Ковалёв Андрей Александрович | 1960 | 2471/05-18 от 28.05.2018 |
| 2 | МойОфис Стандартный. Лицензия Корпоративная на пользователя для образовательных организаций, без ограничения срока действия, с правом на получение обновлений на 1 год. | 220 | Офисное приложение | ООО "НОВЫЕ ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ" | 283 | без ограничения с правом на получение обновлений на 1 год. |
| 3 | LibreOffice | | Офисное приложение | The Document Foundation | Свободно распространяемое ПО | |
| 4 | Windows 10 Education | 700 | Операционные системы | Microsoft | Подписка Azure Dev Tools for Teaching | |
| 5 | Яндекс.Браузер | | Браузер | ООО «ЯНДЕКС» | 3722 | |
| 6 | Подписка на MS Office Pro на 170 ПК для | 170 | Офисное приложение | Microsoft | | 23618/НН10 030 ООО "Софтлайн |

| | | | | | |
|---|--|--|--|--|-------------------------|
| ФГБОУ ВО "ПИМУ" Минздрава России | | | | | Трейд" от 04.12.2020 |
|---|--|--|--|--|-------------------------|