

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.05 Математическое моделирование биологических  
процессов

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

06.03.01 Биология

Направленность (профиль)

06.03.01 Биология

Форма обучения

очная

Год набора

2021

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Программу составили \_\_\_\_\_

д.-р. ф.-м. наук, Профессор, Барцев С. И.

должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Ознакомление с общими принципами построения математических моделей биологических систем, и использования этих моделей для решения задач биологических исследований

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

Задачи изучения дисциплины заключаются:

- в формировании у студентов системного представления об особенностях биологических систем, определяющих выбор математического аппарата для их моделирования;
- в ознакомлении с биологическими исследованиями, в которых получение и понимание результатов базировалось на математическом моделировании;
- в формировании навыков построения и анализа математических моделей биологических систем;
- в ознакомлении с методами логического анализа информационных систем и ограничениями, свойственными информационным системам различного уровня.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1: Способен использовать информационные ресурсы и осуществлять обработку и анализ научно-технической информации в области биофизики, биохимии, биоэкологии, биоинженерии и биотехнологии</b>	
ПК-1.1: Знает основы поиска, анализа и обработки научно-технической информации в области биологии	
ПК-1.2: Умеет использовать информационные ресурсы для поиска информации в области биофизики, биохимии, биоэкологии, биоинженерии и биотехнологии	
ПК-1.3: Владеет методами обработки, анализа и обобщения научно-технической информации в области биологии	
<b>УК-1: Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач</b>	

УК-1.1: Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие	
УК-1.2: Находит и критически анализирует необходимую информацию	
УК-1.3: Критически рассматривает возможные варианты решения задачи	<p>Знать: основные положения и области применимости фундаментальных разделов математики и информатики для решения задач биологических исследований</p> <p>Уметь: распознавать, какой раздел математики применим для описания конкретной биологической системы в контексте поставленной задачи; применять основные методы и приемы формализации к описанию биологических систем</p> <p>Владеть: навыками анализа математических моделей и интерпретации результатов</p>
УК-1.4: Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки	
УК-1.5: Определяет и оценивает последствия возможных решений задачи	

#### **1.4 Особенности реализации дисциплины**

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется с применением ЭО и ДОТ

URL-адрес и название электронного обучающего курса: <https://e.sfu-kras.ru/course/view.php?id=36011>

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>1,33 (48)</b>	
занятия лекционного типа	0,44 (16)	
практические занятия	0,89 (32)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1,67 (60)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	
<b>Промежуточная аттестация (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Методологические особенности математической биофизики.</b>									

<p>1. Тема 1.1. Место математической биофизики в системе наук о живом. О применимости насыщенного математикой физического подхода к исследованию живых систем. Сущностная описательная триада "структура-функция-эволюция" как источник методологического отличия биологии от других естественных наук. Роль математики в естественных науках и в науках о живом.</p> <p>Тема 1.2. Алгебраические уравнения. Исследование стационарных состояний биологических систем. Принцип Гаузе. Стехиометрические ограничения в уравнениях баланса потоков веществ в замкнутых экосистемах.</p> <p>Тема 1.3. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Качественная теория дифференциальных уравнений. Методы понижения сложности систем дифференциальных уравнений. Теорема Тихонова. Вопросы устойчивости динамических систем. Круги Гершгорина. Ферментативная кинетика. Метод графов и метод диаграмм в ферментативной кинетике.</p> <p>Тема 1.4. Разностные уравнения и цепи Маркова. Простейшая модель динамики количества белка в бактериальной клетке. Динамика популяций с отдельными поколениями. Разнообразие динамических режимов в простейших моделях.</p>	4							
--	---	--	--	--	--	--	--	--

<p>2. Тема 1.3. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Качественная теория дифференциальных уравнений. Методы понижения сложности систем дифференциальных уравнений. Теорема Тихонова. Вопросы устойчивости динамических систем. Круги Гершгорина. Ферментативная кинетика. Метод графов и метод диаграмм в ферментативной кинетике. Тема 1.4. Разностные уравнения и цепи Маркова. Простейшая модель динамики количества белка в бактериальной клетке. Динамика популяций с отдельными поколениями. Разнообразие динамических режимов в простейших моделях</p>			10					
3.							2	
<b>2. Принципиальные проблемы изучения жизни как явления.</b>								



<p>1. Тема 2.1. Проблема сложности и уникальности биологических систем. Проблема структурно-функционального соответствия. Проблема прогноза динамики и эволюции биологических систем. Нейросетевая феноменологическая модель эволюционирующей системы, обладающей функцией. Функциональная симметрия и группы Ли в сетевых моделях. Редукция сложности моделей биологических систем.</p> <p>Тема 2.2. Проблема сущности и происхождения жизни. Модели добиологической эволюции (гиперциклы Эйгена, автоген, сайзер). Концепция и модель мультивариантного олигомерного автокатализатора, как предшественника биологического метаболизма.</p> <p>Тема 2.3. Живой организм как система отображений. (M,R)-системы Розена. Организационный инвариант. О вычислимости живого. Экстремальные принципы в математической биологии.</p>	4							
<p>2. Тема 2.2. Проблема сущности и происхождения жизни. Модели добиологической эволюции (гиперциклы Эйгена, автоген, сайзер). Концепция и модель мультивариантного олигомерного автокатализатора, как предшественника биологического метаболизма.</p>			6					
3.							2	
<b>3. Математические методы в исследовании биологических систем.</b>								

<p>1. Тема 3.1. Модели, помогающие понять принципы образования и функционирования живых систем. Законы Менделя как пример аксиоматической системы в биологии. Модель морфогенеза Вольперта и Мура. Методологические основы подхода "Artificial Life" к изучению фундаментальных свойств живого. Клеточные автоматы и игра Конвэя "Жизнь". Модель формирования разброса фенотипических признаков в популяции бактерий с идентичным генотипом.</p> <p>Тема 3.2. Модели, способствующие получению и обработке экспериментальных данных. Применение релаксационных методов и методов нестационарной кинетики для определения констант скоростей ферментативных реакций. Метод фазовых портретов в исследовании динамики сложных систем. Нейросетевые алгоритмы обработки экспериментальных данных.</p> <p>Тема 3.3. Статистические модели и распределения. Проявление механизмов формирования измеряемых показателей в статистических распределениях. О применимости нормального распределения к описанию биологических показателей. Метод максимального правдоподобия и особенности статистической обработки измерений системных параметров. Распределение Парето в биологии и механизмы его формирования.</p>	4							
---	---	--	--	--	--	--	--	--

<p>2. Тема 3.1. Модели помогающие понять принципы образования и функционирования живых систем. Законы Менделя как пример аксиоматической системы в биологии. Модель морфогенеза Вольперта и Мура. Методологические основы подхода "Artificial Life" к изучению фундаментальных свойств живого. Клеточные автоматы и игра Конвэя "Жизнь". Модель формирования разброса фенотипических признаков в популяции бактерий с идентичным генотипом.</p>			10					
3.						5		
<b>4. Информационные аспекты описания живых систем.</b>								

<p>1. Тема 4.1. Информация и ее связь с процессами управления. Общие сведения о роли информационных процессов в происхождении и существования живого. Представления о живом как естественной форме существования информационных процессов.</p> <p>Тема 4.2. Формальная иерархия систем обработки информации и соответствующих им формальных грамматик и языков. Вентильные схемы, как простейшие системы обработки информации и управления. Конечные автоматы. Проявление «автоматного» типа управления в поведении живых существ. Машины Тьюринга, Поста и нормальные алгоритмы Маркова как простейшие варианты воплощения понятия алгоритма. Тезис Тьюринга.</p> <p>Тема 4.3. Ограничения, свойственные формальным системам. Теоремы Геделя о неполноте. Проблема остановки машины Тьюринга. Теорема Райса. Мышление как выход за рамки ограничений, свойственных алгоритмическим системам.</p> <p>Тема 4.4. Жизнь, как способ существования систем, принимающих решения. Рефлексия, как признак субъектности. Модель субъекта (по Лефевру), принимающего решения, - яркая иллюстрация применения методологии физики к исследованию запредельно сложной системы – психики человека. Нейросеть, играющая в рефлексивную игру.</p>	4							
--	---	--	--	--	--	--	--	--

2. Тема 4.2. Формальная иерархия систем обработки информации и соответствующих им формальных грамматик и языков. Вентильные схемы, как простейшие системы обработки информации и управления. Конечные автоматы. Проявление «автоматного» типа управления в поведении живых существ. Машины Тьюринга, Поста и нормальные алгоритмы Маркова как простейшие варианты воплощения понятия алгоритма. Тезис Тьюринга.			6					
3.							15	
Всего	16		32				24	

## **4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **4.1 Печатные и электронные издания:**

1. Ризниченко Г. Ю., Рубин А. Б. Динамические модели процессов в клетках и субклеточных наноструктурах: сб. работ(Москва: Институт компьютерных исследований).
2. Редько В. Г., Малинецкий Г. Г. Эволюция, нейронные сети, интеллект: модели и концепции эволюционной кибернетики(Москва: URSS).
3. Барцев С. И., Барцева О. Д. Эвристические нейросетевые модели в биофизике: приложение к проблеме структурно-функционального соответствия: монография(Красноярск: Сибирский федеральный университет [СФУ]).
4. Гуттман Б., Гриффитс Э., Сузуки Д., Куллис Т. Генетика: перевод с английского(Москва: Гранд).
5. Северцов А.С. Теория эволюции: учебник для вузов.; допущено МО РФ (М.: Владос).
6. Барцев С. И. Математические методы в биофизических исследованиях. Спецсеминар. Практические занятия: учеб. - метод. пособие (Красноярск: СФУ).

### **4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. Лицензируемое ПО - VBA Excel Microsoft Office. Открытое ПО SciLab 5.4, Lazarus

### **4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. В рамках изучения дисциплины обучающимся обеспечен доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам:
2. – свободный доступ в сеть Интернет, в т. ч. к электронным реферативным базам данных, включающих научные журналы, патенты, материалы научных конференций, информацию по цитируемости статей, в том числе и для российских авторов (Издательство «Лань», Научная электронная библиотека (eLIBRARY.RU));
3. – доступ к Freedom Collection издательства Elsevier, в которую входят электронные научные полнотекстовые журналы по всем областям науки, техники, медицины. Охват более 15000 названий журналов

## **5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

## **6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Необходимое для реализации дисциплины «Математическое моделирование биологических процессов» материально-техническое обеспечение включает в себя:

- учебные аудитории, оборудованные аппаратно-программными комплексами «Малый презентационный комплекс», «Доска обратной проекции», «Средний презентационный комплекс»;
- компьютерный класс, укомплектованный современными компьютерами, на 15 рабочих мест с выходом в Интернет.

Помимо этого 15 уникальных аппаратно-программных комплексов «Электронный читальный зал» Электронной библиотеки СФУ позволяют организовать регламентированный доступ к электронному образовательному и научному контенту, проведение учебных и научных семинаров, в т.ч. с использованием видеоконференций и современных интерактивных технологий.