

# БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе и  
образовательным инновациям



О.Н. Здрок

2020 г.

Регистрационный № УД 8833 /уч.

## Введение в системную биологию

### Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальностей:

- 1-31 01 01 Биология (по направлениям);  
Направление специальности
- 1-31 01 01-01 Биология (научно-производственная деятельность);
- 1-31 01 01-02 Биология (научно-педагогическая деятельность);
- 1-31 01 01-03 Биология (биотехнология);
- 1-31 01 02 Биохимия;
- 1-31 01 03 Микробиология

2020 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 01 01-2013, ОСВО 1-31 01 02-2018, ОСВО 1-31 01 03-2018 и учебных планов УВО № G31-131/уч., № G31-132/уч., № G31-133/уч., № G31з-157/уч., № G31з-159/уч., утвержденных 30.05.2013 г., № G31-221/уч., № G31-222/уч., № G31з-224/уч., № G31з-225/уч., утвержденных 13.07.2018 г.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

В.В. Демидчик, декан биологического факультета Белорусского государственного университета, доктор биологических наук, доцент;

А.И. Соколик, доцент кафедры клеточной биологии и биоинженерии растений Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент.

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Л.Ф. Кабашникова, заведующий лабораторией прикладной биофизики и биохимии Института биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук, доцент;

А.Г. Чумак, заведующий кафедрой физиологии человека и животных биологического факультета Белорусского государственного университета, доктор биологических наук, профессор.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой клеточной биологии и биоинженерии растений  
(протокол № 21 от 02 июня 2020);

Научно-методическим Советом БГУ  
(протокол № 5 от 17 июня 2020 г.)

Зав. кафедрой клеточной биологии  
и биоинженерии растений, доцент



И.И. Смолич

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Цели и задачи учебной дисциплины

**Цель учебной дисциплины** – начальное знакомство студентов с современными направлениями исследований в биологии, использующими методы математического моделирования и биоинформатики, формирование представлений о биологических процессах и явлениях как о взаимосвязанной системе, о теоретических и вычислительных методах исследования биологических систем различного рода, знакомство с некоторыми классическими примерами математических моделей биологических процессов, отражающих характерные особенности биологических процессов и демонстрирующих эффективность использования математических моделей для понимания механизмов функционирования биологических систем.

#### **Задачи учебной дисциплины:**

- формирование у обучающихся целостного представления о системном подходе в биологии, его содержании, возможностях и методах использования;
- знакомство с основными типами биологических систем, их характеристиками, особенностями данных о биосистемах;
- получение представлений о базовых понятиях и операциях по первичной обработке и анализу данных, об основных видах анализа;
- знакомство с моделированием в биологии, видами моделирования, его возможностями;
- знакомство с рядом различных и наиболее часто используемых приемов моделирования сложных биологических систем;
- знакомство с классическими моделями в биологии и демонстрация значения математического и компьютерного моделирования для понимания природы биологических процессов и функционирования биологических систем;
- представление о способах обработки и использования больших массивов биологической информации и предназначенных для этого программных средствах;
- развитие навыков эффективного использования методов системной биологии, построения моделей биологических систем для анализа данных биологических и экологических исследований, получения биологически значимой информации;
- формирование мотивации к самостоятельным исследованиям в области системной биологии.

**Место учебной дисциплины** в системе подготовки специалиста с высшим образованием

Учебная дисциплина относится к **циклу** специальных дисциплин (компонент учреждения высшего образования) учебных планов специальности 1-31 01

01 Биология (по направлениям), направления специальности: 1-31 01 01-01 Биология (научно-производственная деятельность), 1-31 01 01-02 Биология (научно-педагогическая деятельность), 1-31 01 01-03 Биология (биотехнология).

Учебная дисциплина относится к компоненту учреждения высшего образования учебных планов специальности 1-31 01 02 Биохимия и 1-31 01 03 Микробиология и входит в учебный модуль «Статистические методы анализа и моделирование в биологии».

**Связи с другими учебными дисциплинами**, включая учебные дисциплины компонента учреждения высшего образования, дисциплины специализации и др.

Изучение учебной дисциплины базируется на знаниях, полученных студентами по учебным дисциплинам «Высшая математика», «Физика», «Экология и рациональное природопользование», «Молекулярная биология». Учебная программа составлена с учетом межпредметных связей и программ по смежным дисциплинам биологического профиля, «Физиология человека и животных», «Биохимия», «Основы информационной биологии» и др.

### **Требования к компетенциям**

Для специальности 1-31 01 01 Биология (по направлениям), направления специальности: 1-31 01 01-01 Биология (научно-производственная деятельность), 1-31 01 01-02 Биология (научно-педагогическая деятельность), 1-31 01 01-03 Биология (биотехнология) изучение учебной дисциплины «Введение в системную биологию» должно обеспечить формирование следующих **академических, социально-личностных и профессиональных компетенций**:

#### **академические компетенции:**

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.

АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

#### **социально-личностные компетенции:**

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

#### **профессиональные компетенции:**

ПК-1. Квалифицированно проводить научные исследования в области биологии, проводить анализ результатов экспериментальных исследований, формулировать из полученных результатов корректные выводы.

ПК-2. Осваивать новые модели, теории, методы исследования, участвовать в разработке новых методических подходов.

ПК-3. Осуществлять поиск и анализ данных по изучаемой проблеме в научной литературе, составлять аналитические обзоры.

ПК-4. Готовить научные статьи, сообщения, рефераты, доклады и материалы к презентациям.

ПК-7. Осуществлять поиск и анализ данных по изучаемой проблеме в научно-технических и других информационных источниках.

Для специальностей 1-31 01 02 Биохимия и 1-31 01 03 Микробиология освоение учебной дисциплины «Введение в системную биологию» наряду с другой учебной учебно-методическим модулем «Статистические методы анализа и моделирование в биологии» должно обеспечить формирование следующей **специализированной компетенции:**

СК-7. Владеть методами статистической обработки и анализа биологических данных, принципами построения математических моделей биологических систем, современными программными средствами для обработки больших массивов биологической информации.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

**знать:**

- основные принципы системного подхода в биологии, типы биологических систем, их характеристики;
- особенности биологической информации, виды и способы ее анализа;
- принципы построения моделей биологических систем, типы моделей, их особенности;
- основные виды математических моделей, способы их построения и исследования;
- специфику получения биологической информации из больших массивов данных, существующие для этого средства;

**уметь:**

- проводить первичное редактирование и анализ биологических данных;
- использовать простейшие описательные регрессионные модели;
- использовать известные кинетические модели биологических процессов;
- составлять на основе соответствующего математического аппарата простые кинетические модели;

**владеть:**

- научной терминологией данного раздела науки;
- устойчивыми навыками рационального использования методов первичного анализа биологической информации;
- базовыми навыками и умениями применения адекватного математического аппарата для построения моделей биологических систем.

### **Структура учебной дисциплины**

Для специальности 1-31 01 01 Биология (по направлениям), направления специальности: 1-31 01 01-01 Биология (научно-производственная деятельность), 1-31 01 01-02 Биология (научно-педагогическая деятельность), 1-31 01 01-03 Биология (биотехнология) дисциплина изучается в 5 семестре (очная форма получения образования) и 5-6 семестрах (заочная форма получения образования).

Всего на изучение учебной дисциплины «Введение в системную биологию» для направления специальности: 1-31 01 01-01 Биология (научно-производственная деятельность) отведено:

- для очной формы получения высшего образования – 136 часов, в том числе 66 аудиторных часов, из них: лекции – 20 часов, лабораторные занятия – 40 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов;

- для заочной формы получения высшего образования – 136 часов, в том числе 18 аудиторных часов, из них: лекции – 10 часов (5 семестр), лабораторные занятия – 8 часов (6 семестр).

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Всего на изучение учебной дисциплины «Введение в системную биологию» для направлений специальности: 1-31 01 01-02 Биология (научно-педагогическая деятельность) и 1-31 01 01-03 Биология (биотехнология) отведено:

- для очной формы получения высшего образования – 140 часов, в том числе 66 аудиторных часов, из них: лекции – 20 часов, лабораторные занятия – 40 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов;

- для заочной формы получения высшего образования – 140 часов, в том числе 18 аудиторных часов, из них: лекции – 10 часов (5 семестр), лабораторные занятия – 8 часов (6 семестр).

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3,5 зачетные единицы.

Для специальности 1-31 01 02 Биохимия и 1-31 01 03 Микробиология дисциплина изучается в 6 семестре (очная форма получения образования) и 5-6 семестрах (заочная форма получения образования). Всего на изучение учебной дисциплины «Введение в системную биологию» отведено:

- для очной формы получения высшего образования – 120 часов, в том числе 66 аудиторных часов, из них: лекции – 20 часов, лабораторные занятия – 40 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов;

- для заочной формы получения высшего образования – 120 часов, в том числе 18 аудиторных часов, из них: лекции – 10 часов (5 семестр), лабораторные занятия – 8 часов (6 семестр).

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – экзамен для всех специальностей.

# **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

## **Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ**

### **Тема 1.1. Введение в предмет**

Понятие «системная биология», различные его трактовки и содержание, место среди других приложений к биологии математики, информационных технологий и компьютерной техники. Биоинформатика, компьютерная геномика, компьютерная биология, математическая биология.

Системная биология. История, этапы развития системной биологии. Моделирование систем – основной подход системной биологии. Анализ сложных систем с большими массивами данных.

Основа системной биологии – математика: применение математических подходов и методов в биологии. Скалярные и векторные величины, матрицы. Алгебраические уравнения и их системы, обыкновенные дифференциальные уравнения, их системы, уравнения с частными производными.

## **Раздел 2. ПРЕДМЕТ СИСТЕМНОЙ БИОЛОГИИ – БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

### **Тема 2.1. Основные определения**

Определение системы, классификация систем: линейные-нелинейные, живые-неживые. Системный подход в биологии, биологические системы, их особенности, корпускулярные и жесткие системы, уровни организации.

### **Тема 2.2. Изучение систем. Параметры систем**

Изучение систем. Параметры систем. Примеры и характеристики параметров биосистем (живых и неживых), получаемых при изучении систем. Изменчивость параметров – неотъемлемое свойство живых систем. Особенности экспериментальных данных в биологии. Необходимость статистической обработки данных, полученных для живых систем, начиная с уровня клетки. Примеры: рентген-структурный анализ, конформационные расчеты структуры молекул, метод молекулярной динамики. Примеры анализа биологической информации и применения компьютерной техники в биологии (Программный пакет BLAST, 3D-печать - биопринтинг).

## **Раздел 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ – ОСНОВНОЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

### **Тема 3.1. Методы изучения биологических систем. Первичный анализ и обработка данных**

Основной метод – построение моделей. Первичный анализ и обработка данных – статистика: базовые понятия и методы обработки экспериментальных

данных. Первичный анализ и обработка данных с применением методов статистики: базовые понятия и операции обработки экспериментальных данных. Распределения. Оценка сильно отклоняющихся вариантов. Средняя. арифметическая, ошибка средней величины, достоверность – критерий Стьюдента. Мера варьирования величины – дисперсия, коэффициент вариации. Оценка репрезентативности выборки. Виды анализа: дисперсионный, корреляционный, регрессионный, кластерный анализ. Примеры работы с биологическими данными.

### **Тема 3.2. Модели в биологии**

Моделирование вообще и биологических систем в частности. Исторически первые модели в биологии. Возможности моделей. Виды моделей. Имитационные и математические модели. Примеры. Простейший математический аппарат, используемый для построения моделей (математические функции, линеаризация, регрессия, метод наименьших квадратов, глобальный минимум). Физические модели. Примеры: аквариум, водная культура наземных растений, выделенные хлоропласты, бислойная липидная мембрана, популяция дрозофилы. Абстрактные модели. Имитационные и математические модели.

Имитирование поведения системы – важность для практических целей. Основные этапы построения имитационной модели. Примеры имитационных моделей: систем организма (почек и т.д.), продукционного процесса растений, водных экосистем, глобальной динамики.

Математическое моделирование позволяет установить законы функционирования биосистем. Этапы математического моделирования.

## **Раздел 4. БАЗОВЫЕ МОДЕЛИ В БИОЛОГИИ**

### **Тема 4.1. Принципы построения математических моделей**

Возможности моделей. Виды моделей. Простейший математический аппарат, используемый для построения моделей: математические функции (линейная, экспоненциальная, логарифмическая, логистическая), линеаризация, регрессия, метод наименьших квадратов, глобальный минимум. Построение математических моделей систем.

### **Тема 4.2. Примеры биологических базовых моделей**

Базовые модели. Модели динамики популяций (экспоненциальная – неограниченный рост численности популяции, логистическая – ограниченный рост). Уравнения неограниченного и ограниченного роста. Критические уровни численности. Дискретная модель популяции с неперекрывающимися поколениями. Колебания численности популяции.

Кинетика ферментативных реакций. Основные положения модели. Уравнение Михаэлиса-Ментен для наиболее простой реакции. Математическое представление модели, варианты линеаризации. Использование модели для анализа реакции. Ингибирование. Модель Моно. Применение системно-фармакологи-



ческого моделирования в процессе разработки новых лекарственных препаратов.

Устойчивые и неустойчивые состояния системы. Анализ уравнения системы на устойчивость методом Ляпунова. Верификация и валидация моделей.

## **Раздел 5. ПРИМЕРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

### **Тема 5.1. Модель системы мембрана-раствор электролита**

Мембранный потенциал, его возникновение, количественное описание уравнением Гольдмана-Ходжкина-Каца. Проницаемость и проводимость мембраны.

### **Тема 5.2. Модель возбудимой мембраны Ходжкина-Хаксли**

Ионные каналы. Потенциал действия, изменения ионной проводимости. Калиевая и натриевая проводимости, уравнения для их изменения. Свойства модели: порог возбуждения, рефрактерность, периодичность генерации потенциалов действия.

### **Тема 5.3. Мембранная модель накопления катионов в растительной клетке**

Система механизмов ионного транспорта на плазматической мембране: избирательные и неизбирательные ионные каналы, электрогенный ионный насос. Функциональная эквивалентная схема системы. Локальная неоднородность мембраны, ее учет в модели. Верификация модели.

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

(дневная форма получения образования)

| Номер раздела, темы | Название раздела, темы                                                    | Количество аудиторных часов |                      |                     |                      |      | Количество часов УСР | Форма контроля знаний                                       |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|----------------------|-------------------------------------------------------------|
|                     |                                                                           | Лекции                      | Практические занятия | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иное |                      |                                                             |
| 1                   | 2                                                                         | 3                           | 4                    | 5                   | 6                    | 7    | 8                    | 9                                                           |
| <b>1</b>            | <b>ВВЕДЕНИЕ</b>                                                           |                             |                      |                     |                      |      |                      |                                                             |
| 1.1                 | Введение в предмет                                                        | 2                           |                      |                     |                      |      |                      |                                                             |
| <b>2</b>            | <b>ПРЕДМЕТ СИСТЕМНОЙ БИОЛОГИИ – БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ</b>                 |                             |                      |                     |                      |      | 1                    | Письменная контрольная работа                               |
| 2.1                 | Основные определения                                                      | 2                           |                      |                     |                      |      |                      |                                                             |
| 2.2                 | Изучение систем. Параметры систем                                         | 2                           |                      |                     |                      |      |                      |                                                             |
| <b>3</b>            | <b>МОДЕЛИРОВАНИЕ – ОСНОВНОЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ</b>       |                             |                      |                     |                      |      | 1                    | Письменная контрольная работа                               |
| 3.1                 | Методы изучения биологических систем. Первичный анализ и обработка данных | 2                           |                      |                     | 8                    |      |                      | Защита отчетов по лабораторным работам; контрольные задания |
| 3.2                 | Модели в биологии                                                         | 2                           |                      |                     | 8                    |      |                      | Защита отчетов по лабораторным работам; контрольные задания |
| <b>4</b>            | <b>БАЗОВЫЕ МОДЕЛИ В БИОЛОГИИ</b>                                          |                             |                      |                     |                      |      | 2                    | Письменная контрольная работа                               |
| 4.1                 | Принципы построения математических моделей                                | 2                           |                      |                     | 4                    |      |                      | Защита отчетов по лабораторным работам                      |
| 4.2                 | Примеры биологических базовых моделей                                     | 2                           |                      |                     | 8                    |      |                      | Защита отчетов по лабораторным работам; контрольные задания |

| 1        | 2                                                                | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9                                            |
|----------|------------------------------------------------------------------|---|---|---|---|---|---|----------------------------------------------|
| <b>5</b> | <b>ПРИМЕРЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ<br/>БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ</b>    |   |   |   |   |   | 2 | Письменная контрольная<br>работа             |
| 5.1.     | Модель системы мембрана-раствор электролита                      | 2 |   |   | 4 |   |   | Защита отчетов по лабора-<br>торным работам  |
| 5.2.     | Модель возбудимой мембраны Ходжкина-<br>Хаксли.                  | 2 |   |   | 4 |   |   | Защита отчетов по лабора-<br>торным работам; |
| 5.3.     | Мембранная модель накопления катионов в рас-<br>тительной клетке | 2 |   |   | 4 |   |   | Защита отчетов по лабора-<br>торным работам  |

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
(заочная форма получения образования)

| Номер раздела, темы | Название раздела, темы                                                    | Количество аудиторных часов |                      |                     |                      |      | Количество часов УСР | Форма контроля знаний                  |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|------|----------------------|----------------------------------------|
|                     |                                                                           | Лекции                      | Практические занятия | Семинарские занятия | Лабораторные занятия | Иное |                      |                                        |
| <b>1</b>            | <b>ВВЕДЕНИЕ</b>                                                           |                             |                      |                     |                      |      |                      |                                        |
| 1.1                 | Введение в предмет.                                                       | 2                           |                      |                     |                      |      |                      |                                        |
| <b>2</b>            | <b>ПРЕДМЕТ СИСТЕМНОЙ БИОЛОГИИ – БИОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ</b>                 |                             |                      |                     |                      |      |                      |                                        |
| 2.1                 | Основные определения                                                      | 2                           |                      |                     |                      |      |                      |                                        |
| 2.2                 | Изучение систем. Параметры систем                                         | 2                           |                      |                     |                      |      |                      |                                        |
| <b>3</b>            | <b>МОДЕЛИРОВАНИЕ – ОСНОВНОЙ МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ</b>       |                             |                      |                     |                      |      |                      |                                        |
| 3.1                 | Методы изучения биологических систем. Первичный анализ и обработка данных | 2                           |                      |                     | 4                    |      |                      | Защита отчетов по лабораторным работам |
| 3.2                 | Модели в биологии                                                         | 2                           |                      |                     | 4                    |      |                      | Защита отчетов по лабораторным работам |

## **ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Перечень основной литературы**

1. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. Часть 1. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002.
2. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математические модели в биофизике. Введение в теоретическую биофизику. 2-е изд. доп. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004.
3. Рубин А.Б. Биофизика. Том. 1-2. М., 1987.
4. Рубин А.Б., Пытьева Н.Ф., Ризниченко Г.Ю. Кинетика биологических процессов. Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1977.
5. Мятлев В.Д., Панченко Л.А., Ризниченко Г.Ю., Терёхин А.Т. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели. – М.: Издательство Юрайт, 2018. — 321 с.

### **Перечень дополнительной литературы**

1. Бэгшоу К. Мышечное сокращение. М.: Мир, 1985.
2. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. М., 1976.
3. Дещеревский В.И. Математические модели мышечного сокращения. М: Наука, 1977.
4. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическая биофизика. М., Наука, 1984.
5. Рубин А.Б. Биофизика клеточных процессов. М.: Высш. школа, 1987.
6. Computational Cell Biology / editors C. Fall et al. Springer-Verlag, New York Inc, 2002
7. Keener J., Sneyd J. Mathematical Physiology. New York: Springer, 1998.
8. Murray J.D. Mathematical Biology. I. An Introduction. / J.D. Murray. 3-d edition. Springer, 2001.

### **Перечень электронных ресурсов**

1. Информационная система «Динамические модели в биологии» / Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, биологический факультет, кафедра биофизики. - <http://www.dmb.biophys.msu.ru/>
2. Ризниченко Г.Ю. Математическое моделирование в биологии. – Биология Математическая – Популяционная динамика – Экология математическая. - <http://www.library.biophys.msu.ru/MathMod/>

## Перечень используемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для оценки профессиональных компетенций студентов используется следующий диагностический инструментарий:

- защита отчетов по лабораторным работам;
- индивидуальные контрольные задания;
- письменные контрольные работы.

Оценка качества выполнения лабораторной работы формируется на основе следующих критериев: корректность полученных результатов и их интерпретацию, умение описать ход выполнения задания, полнота ответов на контрольные вопросы по теме лабораторной работы.

Выполнение контрольных заданий оцениваются исходя из степени самостоятельности и правильности выполнения задания в соответствии со следующей шкалой:

- *задание выполнено самостоятельно, правильно, ход выполнения правильно объяснен* **10 баллов**
- *задание выполнено самостоятельно, правильно, но после подсказки преподавателя, ход выполнения правильно объяснен* **8 баллов**
- *задание выполнено самостоятельно, но неправильно, самостоятельно найдена и исправлена ошибка* **6 баллов**
- *задание выполнено самостоятельно, но неправильно, ошибка найдена и исправлена с помощью преподавателя, после чего самостоятельно доведено до конца* **4 балла**

Оценка за письменную контрольную работу включает полноту раскрытия вопроса, логичность и грамотность изложения материала. Итоговая оценка по письменным контрольным работам рассчитывается путем усреднения оценок по трем контрольным работам.

Формой текущей аттестации по учебной дисциплине «Введение в системную биологию» является экзамен.

При формировании итоговой отметки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по учебной дисциплине.

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- защита отчетов по лабораторным работам – 33,3 %;
- выполнение контрольных заданий – 33,3 %.
- письменные контрольные работы – 33,3%;

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе отметки текущей успеваемости и экзаменационной отметки с учетом их весовых коэффи-

циентов. Весовой коэффициент текущей успеваемости составляет 30 %, экзаменационная отметка – 70 %.

Итоговая оценка выставляется только в случае успешной сдачи экзамена (4 балла и выше). Студент очной формы обучения допускается к сдаче экзамена, если имеет оценку текущего контроля знаний не ниже «четыре». В случае пропуска лекции по неуважительной причине студент должен подготовить реферат по теме пропущенного занятия не менее 6 страниц рукописного текста с указанием списка использованных литературных источников. В случае пропуска лабораторных занятий студент должен их отработать в специально предоставленное время.

Студент заочной формы обучения допускается к сдаче экзамена в случае отработки лабораторных занятий.

### **Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов**

**Раздел 2. Предмет системной биологии – биологические системы.**  
**Раздел 3. Моделирование – основной метод изучения биологических систем (2 часа)**

Задание включает задачу, которую студент должен решить на компьютере, и 3 теоретических вопроса для письменного ответа

Форма контроля – письменная контрольная работа № 1.

**Раздел 4. Базовые модели в биологии (2 часа)**

Задание включает задачу, которую студент должен решить на компьютере, и 3 теоретических вопроса для письменного ответа.

Форма контроля – письменная контрольная работа № 2.

**Раздел 5. Примеры моделирования сложных биологических систем (2 часа)**

Задание включает 4 теоретических вопроса для письменного ответа.

Форма контроля – письменная контрольная работа № 3.

### **Примерная тематика лабораторных занятий (очная форма получения образования)**

Лабораторная работа № 1. Редактирование данных биологического эксперимента (4 ч).

Лабораторная работа № 2. Описание результатов эксперимента математическими функциями (4 ч).

Лабораторная работа № 3. Методы линеаризации функций (4 ч).

Лабораторная работа № 4. Анализ кривых временного хода биологических процессов (4 ч).

Лабораторная работа № 5 . Использование разных вариантов линеаризации графика Михаэлиса-Ментен для интерпретации данных. (4 ч).

Лабораторная работа № 6. Модели роста численности популяций (4 ч).

Лабораторная работа № 7. Биологические мембраны. Мембранный потенциал, уравнение Гольдмана-Ходжкина-Каца (4 ч).

Лабораторная работа № 8. Модель возбудимой мембраны Ходжкина-Хаксли (4 ч).

Лабораторная работа № 9. Мембранная модель накопления катионов в растительной клетке (4 ч).

Лабораторная работа № 10. Модель блокирования ионных каналов плазматических мембран (4 ч).

### **Примерная тематика лабораторных занятий (заочная форма получения образования)**

Лабораторная работа № 1. Редактирование данных биологического эксперимента, представление их в программе *Excel* (таблицы, графики) (4 часа).

Лабораторная работа № 2. Описание результатов эксперимента математическими функциями различного вида. Проверка гипотез (4 часа).

### **Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины**

При организации образовательного процесса могут быть использованы такие инновационные подходы, как **эвристический, практико-ориентированный и исследовательский.**

**Эвристический** подход предполагает:

- осуществление студентами личностно-значимых открытий окружающего мира;
- демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем;
- творческую самореализацию обучающихся в процессе создания образовательных продуктов;
- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлекссию собственной образовательной деятельности.

**Практико-ориентированный** подход предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;



– использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

При организации образовательного процесса используется метод **учебной дискуссии**, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

При проведении лабораторных занятий используется метод **группового обучения**, который представляет собой форму организации учебно-познавательной деятельности обучающихся, предполагающую функционирование разных типов малых групп, работающих как над общими, так и специфическими учебными заданиями.

### **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов**

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендуется использовать современные информационные технологии: размещенный в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа курса, методические указания к лабораторным занятиям, темы рефератов, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, перечень вопросов для подготовки к экзаменам и др.).

### **Темы реферативных работ**

1. Применение математики, информационных технологий и компьютерной техники в биологии: биоинформатика, математическая и компьютерная биология.
2. Системная биология: история развития, экспериментальные методы, инструменты.
3. Понятие «система», системы линейные-нелинейные, живые-неживые, системный подход.
4. Биологические системы, классификация, дискретные-жесткие, уровни организации.
5. Особенности экспериментальных данных в биологии. Молекулярный уровень, организменный уровень, примеры.
6. 3D принтинг, медицинский и биопринтинг.
7. Особенности биологических данных – необходимость статистической обработки, первичный анализ и обработка данных.
8. Статистические распределения, их виды, особенности, примеры из биологии.

9. Неограниченный рост численности популяции.
10. Ограниченный рост численности популяции.
11. Критические уровни численности.
12. Модель взаимодействия популяций
13. Ферментативная кинетика, модель Михаэлиса-Ментен.
14. Способы линеаризации уравнения Михаэлиса-Ментен, преимущества, недостатки.
15. Мембранный потенциал, уравнения Нернста, Гольдмана.
16. Потенциал действия, K- и Na-каналы, механизм.
17. Модель Ходжкина-Хаксли.

### **Примерный перечень вопросов к экзамену**

1. Понятие «системная биология», ее предмет исследований, методологическая основа, место среди других наук.
2. Биоинформатика: основные направления, области применения.
3. Компьютерная геномика – задачи, сочетание с экспериментальной геномикой.
4. Математическая биология. Характеристика, основная задача.
5. Компьютерная биология. Задачи компьютерной биологии, прикладные аспекты.
6. Системная биология – редукционистский и холистический подходы
7. История развития системной биологии, основные этапы.
8. Экспериментальные методы системной биологии – «--омики».
9. Определение понятия «система», его раскрытие. Материальные и нематериальные системы. Основные свойства систем.
10. Линейные и нелинейные системы.
11. Особенности нелинейных систем.
12. биологические системы, уровни организации.
13. системный подход в биологии, основные аспекты его применения.
14. Связи в системах. Положительная и отрицательная обратные связи.
15. Основные типы биосистем: «корпускулярные» и «жесткие» системы в биологии.
16. Особенности живых систем.
17. Уровни организации живых систем.
18. . Изменчивость биологических систем.
19. Системы, данные для которых не требуют статистической обработки.
20. Набор алгоритмов в пакете BLAST для поиска гомологов белков или генов, для которых полностью или частично известна первичная последовательность.
21. Метод молекулярной динамики.

22. Способы повышения отношения сигнал-шум при регистрации биологической информации.
23. Трехмерная печать – основные технологии.
24. Биопринтинг: технологическая основа, применения.
25. Необходимость использования статистических методов в биологических исследованиях.
26. Статистическая, генеральная и выборочные совокупности.
27. Биологические признаки, их варьирование.
28. Ошибки и точность измерений.
29. Распределения случайных величин.
30. Нормальное распределение, характеристики, основные свойства.
31. Биномиальное распределение, распределение Пуассона: характеристики, основные свойства.
32. Оценка сильно отклоняющихся вариантов
33. Ошибка средней величины.
34. Стандартное отклонение.
35. Оценка достоверности различий средних
36. Модель системы, цели моделирования, примеры моделей
37. Физические и абстрактные модели
38. Исторически первые модели биологических процессов
39. Регрессионные и имитационные модели, различия
40. Имитационные модели – основные характеристики, цели, этапы построения.
41. Примеры имитационных моделей в биологии.
42. Математические модели, основное отличие от моделей других типов.
43. Специфика моделей живых систем
44. Математическая функция. Простейшие функции, примеры
45. Линеаризация зависимостей, примеры.
46. Аппроксимация экспериментальных зависимостей
47. Базовые модели, характеристика, значение, примеры.
48. Модель роста численности популяции – неограниченный рост. Основные предположения, исходные уравнения, конечный результат решения.
49. Модель роста численности популяции – ограниченный рост. Основные предположения, исходные уравнения, конечный результат решения.
50. Характер логистической кривой, основные параметры.
51. Критические уровни численности популяции
52. Колебания численности популяций
53. Модели взаимодействия двух популяций
54. Модель взаимоотношений хищник-жертва
55. Ферментативные реакции, особенности.
56. Основные предположения кинетики ферментативных реакций.
57. Уравнение Михаэлиса-Ментен, вид и характер зависимости скорости реакции от концентрации субстрата.

58. Смысл параметров уравнение Михаэлиса-Ментен.
59. Смысл линеаризация уравнения Михаэлиса-Ментен.
60. Линеаризация уравнения Михаэлиса-Ментен методом Лайнуивера-Берка.
61. Линеаризация уравнения Михаэлиса-Ментен методом Хайнса-Вульфа.
62. Линеаризация уравнения Михаэлиса-Ментен методом Метод Иди-Хофсти.
63. Линеаризация уравнения Михаэлиса-Ментен методом Эйзенталя и Корниш-Боудена.
64. Конкурентное ингибирование ферментативной реакции.
65. Неконкурентное ингибирование ферментативной реакции.
66. Ограничения по субстрату. Модели Моно и Михаэлиса-Ментен.
67. Устойчивость состояния равновесия (стационарного состояния) системы и модели.
68. Характеристика метода оценки устойчивости стационарного состояния Ляпунова.
69. История открытия электрических явлений в живых системах.
70. Строение и функции клеточных мембран.
71. Специфика мембраны в отношении электрических явлений.
72. Электрические характеристики мембран.
73. Диффузионный потенциал. Потенциал Нернста.
74. Уравнение электродиффузии Нернста — Планка. Условия и способ получения уравнения Нернста.
75. Условия интегрирования уравнения Нернста — Планка. Поток ионов через мембрану. Уравнение Гольдмана-Ноджкина-Каца для потенциала покоя.
76. Схема мембраны как электрической цепи. Основное уравнение для моделей электрофизиологии.
77. Вольт-амперные характеристики мембраны. Выпрямление. Зависимость токов от концентрации ионов.
78. Свойство возбудимости клеток. Электрическая природа возбудимости. Распространение волны потенциала по нервному волокну.
79. Основные характеристики потенциала действия. Временные фазы возбуждения.
80. Экспериментальные предпосылки появления модели Ходжкина-Хаксли.
81. Электрическая схема модели Ходжкина-Хаксли.
82. Экспериментальные методы изучения ионных проводимостей мембраны.
83. Экспериментальные зависимости проводимости мембраны для ионов натрия и калия от величины мембранного потенциала и времени.
84. Предложенные в модели формулы зависимости калиевой и натриевой проводимости от потенциала и времени. Смысл переменных активации и инактивации.
85. Качественный анализ модели Ходжкина-Хаксли. Общая картина генерации потенциала действия. Реальная последовательность событий в ответ на надпороговый стимул.

86. Порог стимуляции потенциала действия исходя из модели Ходжкина-Хаксли.
87. Рефрактерный период мембраны исходя из модели Ходжкина-Хаксли.
88. Периодическое генерирование потенциалов действия исходя из модели Ходжкина-Хаксли.
89. Компоненты системы транспорта ионов через мембрану растительной клетки.
90. Представление о двойном электрическом слое на мембране.
91. Поверхностные фиксированные заряды как компоненты системы транспорта ионов. Их локализация на мембране и роль в транспорте ионов.
92. Структурная основа взаимодействия компонент системы ионного транспорта на мембране. Характер взаимодействия.
93. Коэффициент накопления в клетке ионов калия, натрия, цезия. Теория и опыт.
94. Предположения для построения модели накопления катионов в растительной клетке.
95. Качественный анализ модели накопления катионов в растительной клетке.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

| Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование | Название кафедры                                | Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине | Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Экология и рациональное природопользование                 | Общей экологии и методики преподавания биологии | Отсутствуют                                                                                                   | Утвердить согласование (протокол № 21 от 02 июня 2020 г.)                                         |
| 2. Биометрия                                                  | Общей экологии и методики преподавания биологии | Отсутствуют                                                                                                   | Утвердить согласование (протокол № 21 от 02 июня 2020 г.)                                         |
| 3. Физиология человека и животных                             | Физиология человека и животных                  | Отсутствуют                                                                                                   | Утвердить согласование (протокол № 21 от 02 июня 2020 г.)                                         |
| 4. Молекулярная биология                                      | Молекулярной биологии                           | Отсутствуют                                                                                                   | Утвердить согласование (протокол № 21 от 02 июня 2020 г.)                                         |

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО ПО  
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

| №№<br>пп | Дополнения и изменения | Основание |
|----------|------------------------|-----------|
|          |                        |           |

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ (протокол №\_\_ от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ (степень, звание)      \_\_\_\_\_ (подпись)      \_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ (степень, звание)      \_\_\_\_\_ (подпись)      \_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)