

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИБСиБ
_____ А.В. Васин
«30» мая 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Молекулярная эволюция»

Разработчик	Высшая школа биомедицинских систем и технологий
Направление (специальность) подготовки	06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика
Наименование ООП	06.05.01_01 Биоинженерия и биоинформатика
Квалификация (степень) выпускника	биоинженер и биоинформатик
Образовательный стандарт	СУОС
Форма обучения	Очная

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОП

_____ Д.И. Богомаз

«15» апреля 2025 г.

Соответствует СУОС

Утверждена протоколом заседания
высшей школы "ВШБСиТ"

от «15» апреля 2025 г. № 6

РПД разработали:

Ведущий электроник Г.М. Богомолова

Доцент, к.б.н. Д.И. Богомаз

Доцент, д.ф.-м.н. И.М. Рузин

1. Цели и планируемые результаты изучения дисциплины

Цели освоения дисциплины

1. Научить основным принципам и факторам генетической эволюции популяций.
2. Научить построению математических моделей эволюции популяций на основе данных.
3. Научить математическими методами для их решений, как аналитическим так и компьютерным.
4. Научить применению этих моделей к реальным системам, с упором на вирусную эволюцию

Результаты обучения выпускника

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
ОПК-4	Способен применять методы биоинженерии и биоинформатики для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования
ИД-4 ОПК-4	Применяет методы молекулярной эволюции для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;
ИД-5 ОПК-4	Применяет методы генной инженерии для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;
ИД-6 ОПК-4	Применяет методы белковой инженерии для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;
ИД-7 ОПК-4	Применяет методы клеточной биологии для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;
ИД-8 ОПК-4	Применяет методы клеточной инженерии для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;

Планируемые результаты изучения дисциплины

знания:

- Знание методов молекулярной эволюции для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;
- Знание методов генной инженерии для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;
- Знание методов белковой инженерии для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;
- Знание методов клеточной биологии для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;
- Знание методов клеточной инженерии для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;

умения:

- Умение применять методы молекулярной эволюции для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;
- Умение применять методы генной инженерии для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;
- Умение применять методы белковой инженерии для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;

- Умение применять методы клеточной биологии для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;
- Умение применять методы клеточной инженерии для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;

навыки:

- Владение методами молекулярной эволюции для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;
- Владение методами генной инженерии для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;
- Владение методами белковой инженерии для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;
- Владение методами клеточной биологии для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;
- Владение методами клеточной инженерии для получения новых знаний и для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами, проводить анализ результатов и методического опыта исследования, определять практическую значимость исследования;

2. Место дисциплины в структуре ООП

В учебном плане дисциплина «Молекулярная эволюция» относится к модулю «Молекулярная биология».

Изучение дисциплины базируется на результатах освоения следующих дисциплин:

- Вычислительная математика

3. Распределение трудоёмкости освоения дисциплины по видам учебной работы и формы текущего контроля и промежуточной аттестации

3.1. Виды учебной работы

Виды учебной работы	Трудоёмкость по семестрам
	Очная форма
Лекционные занятия	14
Практические занятия	14
Самостоятельная работа	89
Часы на контроль	16
Промежуточная аттестация (экзамен)	11
Общая трудоёмкость освоения дисциплины	144, ач
	4, зет

3.2. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации	Количество по семестрам
	Очная форма
Промежуточная аттестация	
Экзамены, шт.	1

4. Содержание и результаты обучения

4.1 Разделы дисциплины и виды учебной работы

№ раздела	Разделы дисциплины, мероприятия текущего контроля	Очная форма		
		Лек, ач	Пр, ач	СР, ач
1.	Введение. История эволюционного учения. Гены. Популяци	2	2	20
2.	Уравнение Колмогорова в эволюционных процессах	4	2	20
3.	Метод компьютерного моделирования динамики популяций. Монте Карло (Райт Фишер).	4	4	24

4.	Молекулярная эволюция на примере коронавирусов и вирусов гриппа	4	6	25
Итого по видам учебной работы:		14	14	89
Экзамены, ач				16
Часы на контроль, ач				16
Промежуточная аттестация (экзамен)		11		
Общая трудоёмкость освоения: ач / зет		144 / 4		

4.2. Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
1. Введение. История эволюционного учения. Гены. Популяции	История эволюционных представлений от древней греции до наших дней. Теория о происхождении видов Дарвина. Синтетическая теория эволюции (СТО). Нейтральная эволюция. Эволюционная и сравнительная геномика. Переход к истемной биологии и современный взгляд на СТО. Молекулярные основы эволюции. Структура и функции генов. Генетический код. Мутационные изменения последовательностей ДНК: нуклеотидные замены, делеции, вставки, инверсии. Частота использования кодонов. Статистическая мера смещения использования кодонов.
2. Уравнение Колмогорова в эволюционных процессах	Теория вероятностей. Моделирование стохастической динамики популяции геномов. Уравнение Колмогорова. Вывод детерминистического предела и стационарного состояния
3. Метод компьютерного моделирования динамики популяций. Монте Карло (Райт Фишер).	Роль рекомбинации в эволюции популяций: аналитические модели и компьютерное моделирование Аналитические выводы скорости эволюции и компьютерное моделирование. Роль начального разнообразия и шкалы времени. Фитнесс ландшафт, эпистаз, инференция из данных ДНК Инференция эпистаза: проблемы шума. Эволюция отдельных сцепленных локусов. Инференция коэффициентов селекции. Алгоритм, код, примеры.
4. Молекулярная эволюция на примере коронавирусов и вирусов гриппа	Наблюдаемые величины и три режима эволюции. Эффективный размер популяции из ДНК. Вывод вероятности фиксации аллели. Стохастический порог. Эволюция вируса гриппа и SARS-CoV2: модели. Базовые данные, филогенетика, антигенный побег: модель. Многолокусная бесполовая эволюция: аналитические методы. Аналитические выводы скорости эволюции. Бегущая волна. Стохастический край. Клональная интерференция. Метод бегущей волны.

5. Образовательные технологии

1. Традиционные технологии. Лекция. Семинары. Практические занятия. Дискуссии
2. Математическая практика. традиционные технологии, использование компьютерной техники

3. Научить математическими методам для их решений, как аналитическим так и компьютерным.

6. Лабораторный практикум

Не предусмотрено

7. Практические занятия

№ раздела	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ач
		Очная форма
1.	Метод популяционной генетики, модель одного локуса..Молекулярная эволюция и статистическая генетика.Оценка размера популяции. Фиксация аллели. Эволюция вируса гриппа и SARS CoV2. Роль рекомбинации в эволюции популяций. Метод компьютерного моделирования динамики популяций. Монте Карло.	4
2.	Фитнесс ландшафт, эпистаз, инференция из данных ДНК	3
3.	Многолокусная бесполовая эволюция: аналитические методы.	3
4.	Метод компьютерного моделирования динамики популяций. Монте Карло.	4
Итого часов		14

8. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоемкость, ач
	Очная форма
Текущая СР	
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	6
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	10
самостоятельное изучение разделов дисциплины	18
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	10
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	12
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	11
Итого текущей СР:	67
Творческая проблемно-ориентированная СР	
выполнение расчётно-графических работ	0
выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	12
работа над междисциплинарным проектом	0
исследовательская работа, участие в конференциях, семинарах, олимпиадах	10
анализ данных по заданной теме, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных	0
Итого творческой СР:	22
Общая трудоемкость СР:	89

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Адрес сайта курса

<https://teams.microsoft.com/l/channel/19%3aZumtP->

[JvBS1o4mREhg24pVYqC_RmKGAw1V7bvnWofsA1%40thread.tacv2/General?](https://teams.microsoft.com/l/channel/19%3aZumtP-JvBS1o4mREhg24pVYqC_RmKGAw1V7bvnWofsA1%40thread.tacv2/General?)

groupId=76884577-6efd-46e4-9d96-cfb4450a6974&tenantId=137a6a63-e79e-4931-af0c-
eea232c41af7/l/team/19%3aZumtP-
JvBS1o4mREhg24pVYqC_RmKGAW1V7bvnWofsA1%40thread.tacv2/conversations?
groupId=76884577-6efd-46e4-9d96-cfb4450a6974&tenantId=137a6a63-e79e-4931-af0c-eea232c41af7

9.2. Рекомендуемая литература

Основная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания	Год изд.	Источник
1	Васин А.В. Введение в молекулярную эволюцию, 2010. URL: http:// elib.spbstu.ru/dl/1898.pdf	2010	ЭБ СПбПУ

Дополнительная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания	Год изд.	Источник
1	Бреслер С.Е. Молекулярная биология: Ленинград: Наука. Ленинградское отделение, 1973.	1973	ИБК СПбПУ

Ресурсы Интернета

1. моделирование эволюции, книга: <https://www.degruyter.com/serial/mme-b/html>

9.3. Технические средства обеспечения дисциплины

Специальные обучающие и контролирующие компьютерные программы, учебные фильмы и т. д. для изучения дисциплины не требуются. В рамках самостоятельной работы студентов допускается использование обучающих видео на общедоступном канале Youtube, также на сайтах рекомендованных в качестве дополнительных интернет-источниках. Для выполнения поставленных задач практических заданий по программированию моделей эволюции и экологии необходимым и достаточным условием является наличие компьютера (допускается любая операционная система), и подключение к сети Интернет . Програмное обеспечение и софт находятся в свободном доступе, и являются в основном кроссплатформенным или реализованы в виде сетевого клиента.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для лекций используется проектор, презентация на PowerPoint, а также на меловой или белой доске. Студенты слушают лекции и скачивают их с Teams. Они пользуются личными компьютерами для практики по программированию. Програмное обеспечение MEGA, MATLAB, Python а также коды созданные Рузиным находятся в открытом доступе.

11. Критерии оценивания и оценочные средства

11.1. Критерии оценивания

Для дисциплины «Молекулярная эволюция» формой аттестации является экзамен. Оценивание качества освоения дисциплины производится с использованием рейтинговой системы.

Экзамен: Студентам дается два списка вопросов, 2 глубоких, и 3 коротких. 3 балла за длинные, 1 за короткие. Квантование полбалла. Строится гистограмма результатов, зачет ставится тем, кто попадает в группу с результатами больше 50%.

Оценочные средства 1. Генератор случайных чисел для выборки вопросов (МАТЛАБ) создает билеты с номерами. 2. Студенты получают список вопросов за пару недель до экзамена 3. За большой вопрос 3 балла, за короткий 1 балл 4. Вычисляется гистограмма баллов, верхние 50% получают зачет

11.2. Оценочные средства

Оценочные средства по дисциплине представлены в фонде оценочных средств, который является неотъемлемой частью основной образовательной программы и размещается в электронной информационно-образовательной среде СПбПУ на портале etk.spbstu.ru

12. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Методика: 1. Читаю лекции очень громко и четко. 2. Поясняю все примерами. 3. Задаю вопросы. 4. Когда студенты устают, рассказываю шутки и истории из генетики человека. Все их очень любят. 5. Даю домашние задания. 6. Затем практика, с вызовом к доске. 7. Во время экзамена разрешаю пользоваться лекциями.

Приступая к изучению новой учебной дисциплины, студенты должны ознакомиться с учебной программой, учебной, научной и методической литературой, имеющейся в библиотеке университета, встретиться с преподавателем, ведущим дисциплину, получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, осуществить запись на соответствующий курс в среде электронного обучения университета. Глубина усвоения дисциплины зависит от активной и систематической работы студента на лекциях и практических занятиях, а также в ходе самостоятельной работы, по изучению рекомендованной литературы.

Целью практических занятий по данной дисциплине является закрепление теоретических знаний, полученных при изучении дисциплины. При подготовке к практическому занятию целесообразно выполнить следующие рекомендации: изучить основную литературу; ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях:

журналах, газетах и т. д.; при необходимости доработать конспект лекций. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. При выполнении практических занятий основным методом обучения является самостоятельная работа студента под управлением преподавателя. На них пополняются теоретические знания студентов, их умение творчески мыслить, анализировать, обобщать изученный материал, проверяется отношение студентов к будущей профессиональной деятельности.

13. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.