

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович  
Должность: Проректор по учебной и методической работе  
Дата подписания: 17.07.2023 21:21:03  
Уникальный программный ключ:  
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет)»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной  
и методической работе  
\_\_\_\_\_ Б.В.Пекаревский  
« 22 » апреля 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**СИСТЕМЫ РЕДАКТИРОВАНИЯ ГЕНОМОВ**

Направление подготовки

**19.04.01 Биотехнология**

Направленность программы магистратуры

**Молекулярная и клеточная биотехнология**

Квалификация

**Магистр**

Форма обучения

**Очная**

Факультет **химической и биотехнологии**

Кафедра **молекулярной биотехнологии**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Должность разработчика	Подпись	Ученое звание, фамилия, инициалы
Зав. кафедрой		Доцент Виноходов Д.О.

Рабочая программа дисциплины «Системы редактирования геномов» обсуждена на заседании кафедры молекулярной биотехнологии протокол от «24» марта 2022 № 8  
Заведующий кафедрой

Д.О.Виноходов

Одобрено учебно-методической комиссией факультета химической и биотехнологии протокол от «14» апреля 2022 № 8

Председатель

М.В.Рутто

## СОГЛАСОВАНО

Руководитель направления подготовки «Биотехнология»		М.А.Пушкарев
Директор библиотеки		Т.Н.Старостенко
Начальник учебно-методического управления		С.Н.Денисенко

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	05
3. Объем дисциплины .....	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.....	06
4.2. Занятия лекционного типа.....	07
4.3. Занятия семинарского типа.....	08
4.3.1. Семинары, практические занятия .....	08
4.3.2. Лабораторные занятия.....	08
4.4. Самостоятельная работа.....	09
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	09
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.....	10
7. Перечень учебных изданий, необходимых для освоения дисциплины.....	10
8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.....	11
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.....	11
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии.....	11
10.2. Программное обеспечение.....	11
10.3. Базы данных и информационные справочные системы.....	11
11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы.....	11
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья .....	11

Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.**

В результате освоения образовательной программы магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения (дескрипторы)
ПК-5 Применение фундаментальных представлений в области молекулярной биотехнологии и методологических подходов для решения биотехнологических задач	ПК- 5.5 Применение различных системы редактирования генома для решения биотехнологических задач.	<b>Знать:</b> - основные структурные элементы и закономерности строения геномов плазмид, вирусных, прокариотических и эукариотических хромосом; - классификацию и причины генетических заболеваний; - основные подходы к редактированию геномов; - основные положения законодательного регулирования генно-инженерных манипуляций (ЗН1); <b>Уметь:</b> - использовать биологические базы данных, содержащие информацию о структуре генов и геномов, для локализации точек редактирования; - выбирать целевые мишени в геномах различных организмов для редактирования. - выбирать методические подходы для редактирования геномной ДНК <i>in vivo</i> . (У1) <b>Владеть:</b> - навыками конструирования гид-РНК при использовании технологии редактирования ДНК системой CRISPR/Cas9 (В1)

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Системы редактирования геномов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины» образовательной программы магистратуры (Б1.В.010) и изучается на 2 курсе в 4 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Молекулярная биотехнология», «Биоинформатика», «Продуценты и модельные объекты биотехнологии», «Биотехнология клеток животных и человека». Полученные в процессе изучения дисциплины «Дизайн генетических конструкций» знания, умения и навыки могут быть использованы при прохождении производственной практики, а также при выполнении выпускной квалификационной работы магистра.

## 3. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, ЗЕ/академ. часов
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b> (зачетных единиц/ академических часов)	<b>4/144</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>68</b>
занятия лекционного типа	18
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия (в том числе практическая подготовка)*	36 (32)
лабораторные работы (в том числе практическая подготовка)	-
курсовое проектирование (КР или КП)	-
КСР	14
другие виды контактной работы	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>49</b>
<b>Форма текущего контроля</b> (Кр, реферат, РГР, эссе)	Кр
<b>Форма промежуточной аттестации</b> (КР, КП, зачет, экзамен)	<b>Экзамен (27)</b>

#### 4. Содержание дисциплины.

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции	Формируемые индикаторы
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы			
1.	Архитектура генома человека	2	4		4	ПК-5	ПК-5.5
2.	Сравнительная геномика.	2	8		4	ПК-5	ПК-5.5
3.	Генетические заболевания, гены предрасположенности и генотерапия	2	8		9	ПК-5	ПК-5.5
4.	Технология редактирования ДНК	8	16		12	ПК-5	ПК-5.5
5.	Достижения и перспективы редактирования ДНК.	2	-		10	ПК-5	ПК-5.5
6	Этические проблемы редактирования генома человека	2	-		10	ПК-5	ПК-5.5

##### 4.2. Занятия лекционного типа.

№ Раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, академ. часы	Инновационная форма
1	<i>Архитектура генома человека.</i> Организация и локализация генетического материала в клетке. Ядерные хромосомы: аутосомы, X-хромосома, Y-хромосома. Структурные элементы ядерных хромосом. Гены, регуляторные элементы, межгенные последовательности, диспергированные повторы. Митохондриальная хромосома	2	Л
2	<i>Сравнительная геномика.</i> Гомологичные белки живых организмов. Общность хромосомных сегментов млекопитающих. Разнообразие митохондриальных геномов эукариот	2	Л
3	<i>Генетические заболевания, гены предрасположенности и генотерапия.</i> Классификация наследственных заболеваний. Подходы к коррекции генетических заболеваний. Редактирование генов <i>in vivo</i>	2	Л

№ Раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
4	<i>Технология редактирования ДНК мегануклеазами семейства LAGLIDADG</i>	2	Л, ЛВ
4	<i>Технология редактирования ДНК нуклеазами с цинковыми пальцами (ZFN – Zinc-finger nucleases).</i>  Специфическое связывание белковых структур с целевыми фрагментами ДНК. Проектирование ДНК-связывающего домена с цепочкой цинковых пальцев. Слияние ДНК-связывающих доменов с доменом нуклеазы	2	Л, ЛВ
4	Технология редактирования ДНК химерными нуклеазами (TALEN – Transcription Activator-Like Effector Nucleases).	2	Л, ЛВ
4	Технология редактирования ДНК системой CRISPR/Cas9 (Clustered Regulatory Interspaced Short Palindromic Repeats).	2	Л, ЛВ
5	Достижения и перспективы редактирования ДНК.	2	Л
6	Этические проблемы редактирования генома человека. Законодательное регулирование генно-инженерных манипуляций. Рекомендации ВОЗ по редактированию генома человека	2	Л

### 4.3. Занятия семинарского типа.

#### 4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. Часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
1	Хромосомный набор человека	2	-	Круглый стол
1	Митохондриальная ДНК человека	2	-	Круглый стол
2	Гомология сегментов хромосом млекопитающих	4	4	Мастер-класс
2	Гомология митохондриальной ДНК различных эукариот	4	4	Круглый стол
3	Локализация генов предрасположенности к наследственным заболеваниям на ядерных хромосомах человека	4	4	Мастер-класс
3	Локализация генов предрасположенности к наследственным заболеваниям на	4	4	Круглый стол

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. Часы		Инновационная форма
		всего	в том числе на практическую подготовку	
	митохондриальной ДНК человека			
4	Мегануклеазы LAGLIDADG и их использование в редактировании ДНК	4	4	Круглый стол
4	ДНК-связывающие домены ZFN-нуклеаз	4	4	Мастер-класс
4	Химерные нуклеазы TALEN	4	4	Мастер-класс
4	Дизайн гид-РНК для системы CRISPR/Cas9	4	4	Мастер-класс

#### 4.3.2. Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрены.

#### 4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
1	Структурные элементы ядерных хромосом	4	опрос
2	Диспергированные повторы в хромосомах эукариот	4	опрос
3	Методы генотерапии наследственных	4	опрос
3	Редактирование генов <i>in vivo</i> .	5	опрос
4	Мегануклеаза семейства LAGLIDADG	6	опрос
4	Нуклеаза с цинковыми пальцами (ZFN – Zinc-finger nucleases)	6	опрос
5	Редактирования ДНК: перспективы и достижения	10	опрос
6	Этические проблемы редактирования генома человека	5	опрос
6	Рекомендации ВОЗ по редактированию генома человека	5	опрос

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <https://media.technolog.edu.ru>

#### 6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.



Экзамен предусматривают выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций.

При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 45 мин.

Пример варианта вопросов на экзамене:

1. X-хромосома клетки человека.
2. Система бактериального иммунитета CRISPR/Cas9.

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

Результаты освоения дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций достигнут пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе – оценка «удовлетворительно».

## **7. Перечень учебных изданий, необходимой для освоения дисциплин**

### **а) печатные издания:**

1) Льюин, Б. Гены / Б. Льюин; пер. 9-го англ. изд. И. А. Кофиади и др., под ред. Д. В. Ребрикова. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. - 896 с. - ISBN 978-5-94774-793-5

2) Леск, А. Введение в биоинформатику / А. Леск; пер. с англ. под ред. А. А. Миронова, В. К. Швядаса. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 318 с. - ISBN 978-5-94774-501-6.

3) Каменская, М.А. Информационная биология: Учебное пособие для вузов по напр. подготовки бакалавров и магистров 020200 "Биология" и биологическим спец./ М. А. Каменская; под ред. А. А. Каменского. - М.:Academia, 2006. - 368 с. - ISBN 5-7695-2580-0.

4) Трифонов, Р.Е. Моделирование структуры и свойств молекул методами молекулярной механики и молекулярной динамики: Учебное пособие / Р. Е. Трифонов, В. А. Островский ; СПбГТИ(ТУ). Каф. химии и технологии орган. соединений азота. - СПб. : Изд-во СПбГТИ(ТУ), 2011. - 51 с.

### **б) электронные издания:**

1) Часовских, Н. Ю. Биоинформатика : учебно-методическое пособие / Н. Ю. Часовских. — Томск : СибГМУ, 2015. — 109 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105971> (дата обращения: 10.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

2) Часовских, Н. Ю. Практикум по биоинформатике : учебное пособие / Н. Ю. Часовских. — Томск : СибГМУ, [б. г.]. — Часть 1 — 2019. — 135 с. — ISBN 978-5-98591-145-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/138707> (дата обращения: 10.03.2022). — Режим доступа: по подписке.

## **8. Перечень электронных образовательных ресурсов, необходимых для освоения дисциплины.**

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:<http://media.technolog.edu.ru>

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань» <https://e.lanbook.com/books/>.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.**

Все виды занятий по дисциплине «Системы редактирования геномов» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходиться, имея знания по уже изученному материалу.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

### **10.1. Информационные технологии.**

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- чтение лекций с использованием слайд-презентаций;
- взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС.

### **10.2. Программное обеспечение**

Microsoft Office (Microsoft Word, Excel, Power Point).

### **10.3. Базы данных и информационные справочные системы.**

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

## **11. Материально-техническое обеспечение освоения дисциплины в ходе реализации образовательной программы**

Для ведения лекционных и практических занятий используется аудитория на 30 посадочных мест, оборудованная доской, демонстрационным экраном, проектором и компьютером.

Для проведения практических занятий используется научно-исследовательские комнаты, оснащенные специализированной мебелью и оборудованием.

## **12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.**

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебный процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014.

**Фонд оценочных средств  
для проведения промежуточной аттестации по  
дисциплине «Системы редактирования геномов»**

**1. Перечень компетенций и этапов их формирования.**

Индекс компетенции	Содержание	Этап формирования
ПК-5	Применение фундаментальных представлений в области молекулярной биотехнологии и методологических подходов для решения биотехнологических задач	Промежуточный

## 2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
ПК-5.5 Применение различных системы редактирования генома для решения биотехнологических задач	<p><b>Знает</b> основные структурные элементы и закономерности строения геномов плазмид, вирусных, прокариотических и эукариотических хромосом; классификацию и причины генетических заболеваний;</p> <p><b>Перечисляет</b> основные подходы к редактированию геномов.</p> <p><b>Называет</b> основные положения законодательного регулирования генно-инженерных манипуляций (ЗНИ);</p>	Правильные ответы на вопросы №1-17 к экзамену	<p>Называет с ошибками основные структурные элементы и закономерности строения геномов плазмид, вирусных, прокариотических и эукариотических хромосом.</p> <p>Не может назвать возможные причины генетических заболеваний</p> <p>Не может перечислить подходы к редактированию геномов</p> <p>Плохо знает основные положения регулирования генно-инженерных манипуляций на законодательном уровне</p>	<p>Называет основные структурные элементы генов.</p> <p>Перечисляет основные подходы к редактированию геномов, но не может самостоятельно привести примеры</p> <p>Может назвать основные положения регулирования генно-инженерных манипуляций на законодательном уровне</p>	<p>Без ошибок называет основные структурные элементы и закономерности строения геномов плазмид, вирусных, прокариотических и эукариотических хромосом.</p> <p>Знает классификацию и причины генетических заболеваний.</p> <p>Перечисляет основные подходы к редактированию геномов. Может привести примеры</p> <p>Называет основные положения законодательного регулирования генно-инженерных манипуляций</p>
	Использует биологические базы данных, содержащие информацию о структуре генов и геномов, для локализации точек		Правильные ответы на вопросы №18-20 к экзамену	<p>При использовании биологических баз данных о структуре геномов делает грубые ошибки для</p>	<p>После консультации с преподавателем может использовать биологические базы данных о структуре</p>

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Показатели сформированности (дескрипторы)	Критерий оценивания	Уровни сформированности (описание выраженности дескрипторов)		
			«удовлетворительно» (пороговый)	«хорошо» (средний)	«отлично» (высокий)
	редактирования; Выбирает целевые мишени в геномах различных организмов для редактирования. Выбирает методические подходы для редактирования геномной ДНК in vivo (У1)		локализации точек редактирования. Делает грубые ошибки при выборе целевой мишени при редактировании в геномах. Не может самостоятельно выбрать методические подходы для редактирования геномной ДНК in vivo	геномов для локализации точек редактирования. При выборе целевой мишени при редактировании в геномах допускает ошибки, но быстро их исправляет после консультации с преподавателем. Может самостоятельно выбрать методические подходы для редактирования геномной ДНК in vivo	редактирования. При выборе целевой мишени при редактировании в геномах допускает ошибки, но быстро их исправляет после консультации с преподавателем. Может самостоятельно выбрать методические подходы для редактирования геномной ДНК in vivo
	Демонстрирует владение навыками конструирования гид-РНК при использовании технологии редактирования ДНК системой CRISPR/Cas9 (В1)	Правильные ответы на вопросы №21-27 к экзамену	Делает грубые ошибки при использовании технологии редактирования ДНК системой CRISPR/Cas9	После консультации и обсуждения с преподавателем может осуществить конструирование гид-РНК при использовании технологии редактирования ДНК системой CRISPR/Cas9	Самостоятельно проводить конструирование гид-РНК при использовании технологии редактирования ДНК системой CRISPR/Cas9

## 2. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации

### а) Вопросы для оценки знаний, умений и навыков, сформированных у студента по компетенции ПК-5:

- 1 Локализация генетического материала в эукариотической клетке.
- 2 Аутосомы ядра клетки человека.
- 3 X-хромосома клетки человека.
- 4 Y-хромосома клетки человека.
- 5 Структурные элементы ядерных хромосом.
- 6 Регуляторные последовательности генов эукариот.
- 7 Межгенные последовательности хромосом эукариот.
- 8 Диспергированные повторы в хромосомах эукариот.
- 9 Митохондриальная хромосома человека.
- 10 Гомологичные белки живых организмов.
- 11 Общность хромосомных сегментов млекопитающих.
- 12 Разнообразие митохондриальных геномов эукариот.
- 13 Классификация наследственных заболеваний человека.
- 14 Методы генотерапии наследственных заболеваний человека.
- 15 Этические проблемы редактирования генома человека.
- 16 Законодательное регулирование генно-инженерных манипуляций.
- 17 Рекомендации ВОЗ по редактированию генома человека.
- 18 Целевые мишени в геномах различных организмов для редактирования
- 19 Биологические базы данных, содержащие информацию о структуре генов и геномов
- 20 Редактирование генов *in vivo*.
- 21 Технология редактирования ДНК мегануклеазами семейства LAGLIDADG.
- 22 ДНК-связывающие домены с цепочкой цинковых пальцев.
- 23 Технология редактирования ДНК нуклеазами с цинковыми пальцами.
- 24 Слияние ДНК-связывающих доменов с доменом нуклеазы.
- 25 Технология редактирования ДНК химерными нуклеазами TALEN.
- 26 Система бактериального иммунитета CRISPR/Cas9.
- 27 Технология редактирования ДНК системой CRISPR/Cas9.

При сдаче экзамена, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше. Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 45 мин.

### 3. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПб ГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКДВ Порядок проведения зачетов и экзаменов.

По дисциплине промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Шкала оценивания на экзамене балльная («отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»).

