
УТВЕРЖДЕНА

Решением Ученого совета
АНО ВО «Центральный университет»
«25» мая 2026 г.
Протокол № 2

**Рабочая программа дисциплины (модуля)
«Сравнительная геномика»**

Направление подготовки: 02.04.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки: III в биотехе

Специализация: Структурная биоинформатика

Квалификация (степень) выпускника: магистр

Форма обучения: очная

Срок освоения программы: 2 года

Год набора: 2026

**Москва
2026**

Содержание

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)	3
2. Перечень планируемых результатов обучения.....	5
3. Тематический план.....	8
4. Содержание дисциплины (модуля).....	8
5. Учебно-методическое обеспечение	10
6. Материально-техническое обеспечение	10
7. Методические и оценочные материалы	12

1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Сравнительная геномика» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – магистратура по направлению 02.04.01 Математика и компьютерные науки, профиль ИИ в биотехе, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 810 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Сравнительная геномика» обеспечивает подготовку специалистов, способных эффективно работать с геномными данными и применять их в научных и прикладных исследованиях.

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки магистратуры по направлению 02.04.01 Математика и компьютерные науки, профиль ИИ в биотехе и входит в обязательную часть Блока 1 как дисциплина по выбору, подлежащая обязательному изучению на специализации «Структурная биоинформатика».

Дисциплина (модуль) изучается на 2 курсе в 3 семестре.

Цель изучения дисциплины (модуля): формирование у обучающихся знаний о структурной организации прокариотических геномов и развитие практических навыков использования современных инструментов для поиска, обработки и сравнительного анализа геномных данных.

Задачи изучения дисциплины (модуля):

- изучить особенности структуры и функциональной организации геномов прокариот, включая характерные генетические системы и их биологические особенности;
- освоить современную классификацию прокариот на основе геномных данных и принципы филогенетического анализа;
- научиться работать с основными базами данных и форматами хранения геномной информации;
- овладеть навыками применения программных и веб-инструментов для сравнительно-геномного анализа;
- развить способность интерпретировать результаты сравнительного анализа геномов и использовать их для решения биологических задач.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

знать:

- особенности структурной организации прокариотических геномов, некоторые характерные для прокариот биологические системы;
- современную научную классификацию прокариот;
- основные базы данных и форматы, в которых хранятся геномные данные;
- основные подходы, применяемые для сравнительно-геномного анализа, основные программы и веб-инструменты.

уметь:

- находить по требуемым параметрам, читать (в том числе программными способами) и обрабатывать записи в базах данных, связанные с полными геномами;
- пользоваться инструментами для сравнительно-геномного анализа;

— анализировать результаты работы инструментов.

владеть:

— инструментами сравнительно-геномного анализа, запускающимися из командной строки и через веб-интерфейс.

2. Перечень планируемых результатов обучения

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) при проведении учебных занятий в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками Университета и в форме самостоятельной работы обучающихся:

Компетенция	Содержание компетенции	Индикатор компетенции	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)
УК-1.	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1.	Знает основные принципы системного подхода и методы критического анализа, а также теоретические основы стратегического планирования и принятия решений
		УК-1.2.	Умеет применять методы системного анализа для выявления ключевых проблемных ситуаций, формулировать гипотезы и разрабатывать альтернативные стратегии действий на основе полученных данных
		УК-1.3.	Имеет практический опыт в проведении анализа реальных проблемных ситуаций в рамках проектов, способен вырабатывать и обосновывать стратегии действий, учитывая различные аспекты и последствия
УК-2.	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1.	Знает основные методологии управления проектами, ключевые этапы жизненного цикла проекта и инструменты для планирования и контроля
		УК-2.2.	Умеет разрабатывать проектную документацию, устанавливать цели и задачи проекта, а также эффективно распределять ресурсы и управлять рисками на всех этапах его реализации
		УК-2.3.	Имеет практический опыт в управлении реальными проектами, включая планирование, исполнение и завершение, а также в оценке результатов и проведении анализа успешности проекта
ПК-1.	Способен определять общие формы и закономерности области искусственного	ПК-1.1.	Знает основные теоретические концепции и принципы искусственного интеллекта в биотехнологии, а также методы

	интеллекта в биологии, медицине или биотехнологии, обрабатывать и интерпретировать данные биологических исследований		обработки, анализа и визуализации данных в биологии, медицине или биотехнологии
		ПК-1.2.	Умеет проводить систематический анализ области профессиональной деятельности, выявлять закономерности и тенденции, моделировать основные биологические процессы и интерпретировать полученные результаты с использованием методов биоинформатики и искусственного интеллекта
		ПК-1.3.	Имеет практический опыт работы в области искусственного интеллекта в биотехнологии, включая участие в научных проектах, исследованиях или практических заданиях
ПК-2.	Способен математически корректно ставить и решать естественнонаучные и прикладные задачи в области биологии, медицины или биотехнологий	ПК-2.1.	Знает основные методы математического моделирования и теоретические основы современной биологии и биоинформатики, необходимые для корректной постановки задач
		ПК-2.2.	Умеет формулировать математические модели биологических процессов, выбирать адекватные методы решения и интерпретировать результаты в профессиональном контексте
		ПК-2.3.	Имеет практический опыт постановки и решения прикладных задач с использованием методов ИИ в области биологии, медицины или биотехнологий
ПК-3.	Способен решать задачи профессиональной деятельности и применять методы искусственного интеллекта в прикладных и фундаментальных исследованиях в области биологии, медицины или биотехнологий	ПК-3.1.	Знает принципы и методы решения профессиональных задач, включая применение профильно-специализированных знаний в области ИИ для фундаментальных и прикладных исследований в области биологии, медицины или биотехнологий
		ПК-3.2.	Умеет применять математические и компьютерные методы, формулировать результаты и анализировать их последствия для научных и практических решений

		ПК-3.3.	Имеет опыт участия в проектах, где методы ИИ применялись для решения исследовательских и прикладных задач в области биологии, медицины или биотехнологий
ПК-5.	Способен передавать результаты прикладных задач в виде профессиональных рекомендаций в области искусственного интеллекта, биоинформатики и биотехнологии	ПК-5.1.	Знает методы формулирования рекомендаций и терминологию области искусственного интеллекта и биоинформатики
		ПК-5.2.	Умеет интерпретировать результаты анализа и моделирования и формулировать рекомендации для практического применения в области биологии, медицины или биотехнологий
		ПК-5.3.	Имеет опыт разработки рекомендаций по результатам проектов в области искусственного интеллекта и биотехнологии

3. Тематический план

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Трудоемкость, академические часы				ТКУ (текущий контроль успеваемости)
		Очная форма				
		Аудиторная работа		Контроль	Самостояте льная работа	
		Лекции	Семинары (практичес кие занятия)			
1	Структурные и функциональные особенности прокариотических геномов	7	7	1	10	Контрольная работа Мини-проект
2	Особенности хранения и обработки геномных данных	8	8	1	11	Контрольная работа Мини-проект
3	Биоинформатические инструменты поиска гомологичных участков белков	7	7	2	10	Мини-проект Коллоквиум
4	Сравнительная геномика для большого числа генов: геномное окружение и метаболические пути	8	8	2	11	Мини-проект
	Зачет с оценкой			6		
Итого:		30	30	12	42	
Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)		114				
Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.)		3				

4. Содержание дисциплины (модуля)

№п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание дисциплины (модуля) по темам
1	Структурные и функциональные особенности прокариотических геномов	Особенности хранения и реализации генетической информации у прокариот Уникальные особенности геномов прокариот. Защитные системы прокариот. Сенсорные системы прокариот. Биоэнергетика прокариот Таксономия прокариот. Бактерии и археи. Отличительные особенности архей
2	Особенности хранения и обработки геномных данных	Базы данных нуклеотидных последовательностей. Полногеномные базы данных: NCBI Genomes, IMG. Интерфейс NCBI Datasets Отражение биологической информации в полном геноме в формате GenBank. Основные квалификаторы в записи GenBank/RefSeq. Псевдогены, сдвиги рамки считывания. Чтение и анализ формата GenBank

		Предсказание белок-кодирующих генов в прокариотических геномах, возможные артефакты в геномных данных. Prodigal, GeneMark и другие алгоритмы
3	Биоинформатические инструменты поиска гомологичных участков белков	Основные математические модели для поиска гомологичных участков биополимеров: PSSM и HMM Ортологи и паралоги. База данных NCBI COGs. База данных Pfam. База данных CDD. База данных eggNOG. COGcollator. Domain Analyser
4	Сравнительная геномика для большого числа генов: геномное окружение и метаболические пути	База данных STRING и другие способы поиска функционально связанных белков Анализ геномного окружения генов из произвольных нуклеотидных записей. ruCOGNAT Сравнительный анализ метаболических путей. COG Pathways. KEGG Аннотации белковых последовательностей. UniProt, термины GO, InterPro

5. Учебно-методическое обеспечение

Университет располагает полным набором лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, включая продукты отечественного производства.

Каждый студент в течение всего периода обучения получает индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде университета. Эти системы предоставляют возможность доступа к ресурсам из любой точки, где есть подключение к сети Интернет, как на территории университета, так и за его пределами.

Студентам обеспечен удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Основная литература:

1. Джамбетова, П. М. Генетика микроорганизмов : учебник для вузов / П. М. Джамбетова. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 113 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19766-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/580943>.

2. Нетрусов, А. И. Микробиология: теория и практика : учебник для вузов / А. И. Нетрусов, И. Б. Котова. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 676 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20341-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/589932>.

3. Ершов, Ю. А. Биохимия : учебник и практикум для вузов / Ю. А. Ершов, Н. И. Зайцева ; под редакцией С. И. Щукина. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 323 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07505-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/583838>.

4. Стефанов, В. Е. Биоинформатика : учебник для вузов / В. Е. Стефанов, А. А. Тулуб, Г. Р. Мавропуло-Столяренко. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 249 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-20194-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/583663>.

Дополнительная литература:

1. Иорданский, Н. Н. Эволюция жизни : учебник для вузов / Н. Н. Иорданский. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 396 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-09633-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/598790>.

2. Емцев, В. Т. Микробиология : учебник для вузов / В. Т. Емцев, Е. Н. Мишустин. — 8-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 428 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06081-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/598420>.

6. Материально-техническое обеспечение

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех

видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Изучение дисциплины (модуля) обеспечивается в учебных аудиториях, оснащенных:

- столами и стульями;
- компьютерной техникой;
- механическими калькуляторами;
- специализированным оборудованием, включая демонстрационное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, в том числе приспособленные для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Обучающимся предоставляется доступ (в том числе удаленный) к ресурсам информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронным ресурсам (в том числе электронным библиотечным системам, современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам):

№	Наименование портала (издания, курса, документа)	Ссылка
1.	Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
2.	База данных для IT-специалистов	https://habr.com
3.	База данных ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com
4.	Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации	https://minobrnauki.gov.ru/
5.	Федеральный портал «Российское образование»	https://www.edu.ru/
6.	Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
7.	Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов	http://school-collection.edu.ru/
8.	Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов	http://fcior.edu.ru/

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), в том числе комплект лицензионного программного обеспечения, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Наименование ПО	Производство	Лицензионное / свободно распространяемое
-----------------	--------------	--

Операционные системы:		
Microsoft Imagine (Windows Client, Server)	зарубежное	лицензионное
Браузеры:		
Яндекс.Браузер	отечественное	свободно распространяемое
Google Chrome	зарубежное	свободно распространяемое
Офисные приложения:		
Microsoft Imagine (Visio, OneNote)	зарубежное	лицензионное
TeXstudio	зарубежное	свободно распространяемое
Adobe Acrobat Reader	зарубежное	свободно распространяемое
Программное обеспечение для планирования и учета времени:		
Toggle app	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления проектами:		
Microsoft Imagine (Project)	зарубежное	лицензионное
Системы управления базами данных:		
Microsoft Imagine (SQL Server)	зарубежное	лицензионное
Системы резервного копирования (backup):		
Acronis Backup Advanced for HyperV	зарубежное	лицензионное
Справочно-правовые системы:		
КонсультантПлюс: справочно-правовая система	отечественное	лицензионное
Средства антивирусной защиты:		
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition	отечественное	лицензионное
Среды разработки:		
Visual Studio Code	зарубежное	свободно распространяемое
Bash (Unix shell)	зарубежное	свободно распространяемое
Anaconda	зарубежное	свободно распространяемое
Robotic Operating System	зарубежное	свободно распространяемое
CopelliaSim	зарубежное	свободно распространяемое
Google Colaboratory	зарубежное	свободно распространяемое
Пакеты программных средств и библиотек:		
AutoPsy	зарубежное	свободно распространяемое
Interactive Disassembler (IDA)	зарубежное	свободно распространяемое
Системы управления библиографической информацией:		
Zotero	зарубежное	свободно распространяемое
Сервисы и службы:		
Bind	зарубежное	свободно распространяемое
Docker	зарубежное	свободно распространяемое

7. Методические и оценочные материалы

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Сравнительная геномика» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, контрольные работы, мини-проект, коллоквиум, а также различные виды Электронный документ

самостоятельной работы обучающихся по заданию преподавателя, направленные на развитие навыков профессиональной лексики, закрепление практических профессиональных компетенций, поощрение инициатив.

Лекция – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера.

В процессе лекций рекомендуется вести конспект лекций: кратко и схематично фиксировать основные идеи, выводы и обобщения лекции; выделять важные мысли, ключевые слова и термины. Необходимо отметить вопросы или материалы, которые вызывают затруднения, и попытаться найти ответы в рекомендованной литературе. Если разобраться в материале не удастся, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

Семинар – это форма учебной деятельности, проводимая в учебном заведении под руководством преподавателя, где студенты активно участвуют в обсуждениях, практических заданиях и других формах взаимодействия.

Для успешной подготовки к семинару рекомендуется заранее ознакомиться с темой занятия и основными материалами, чтобы иметь возможность активно участвовать в обсуждении. Также полезно подготовить вопросы и идеи для обсуждения, что поможет глубже понять материал и продемонстрировать заинтересованность.

Контрольная работа – письменная работа с набором задач, которые нужно решить за ограниченное время.

Цель контрольной работы – получить специальные знания по одной или нескольким темам дисциплины и продемонстрировать навыки их практического применения.

Мини-проект — это краткосрочная практическая работа в малых группах на семинарах, направленная на применение теоретических знаний для решения конкретных задач.

В ходе мини-проекта студенты проводят анализ проблемы, разрабатывают техническое решение и представляют результаты в виде отчета, модели или презентации. Такой формат способствует развитию навыков самостоятельной работы, критического мышления и командного взаимодействия.

Коллоквиум – устные ответы на вопросы, список которых известен студенту заранее.

В процессе подготовки к коллоквиуму необходимо проанализировать учебные материалы, ознакомившись с лекциями, учебниками и дополнительными источниками, акцентируя внимание на ключевых темах. Рекомендуется создать структурированные конспекты, выделяя основные идеи, термины и формулы.

Самостоятельная работа – работа студентов, направленная на углубленное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины (модуля).

В процессе самостоятельной работы студенты взаимодействуют с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи студента включают работу с конспектами лекций (обработка текста), повторное изучение учебных материалов планов и тезисов ответов, изучение дополнительных тем, выполнение учебно-исследовательских заданий и другое.

Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

Критерии получения уровня и оценивания сформированности компетенций по дисциплине (модулю) «Сравнительная геномика»

Оценивание уровня учебных достижений обучающихся по дисциплине (модулю) осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация по дисциплине (модулю) осуществляется в форме *зачета с оценкой*, при этом проводится оценка компетенций, сформированных по дисциплине.

Для оценивания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется десятибалльная шкала оценивания, которая соотносится с традиционной пятибалльной шкалой следующим образом, если иное не указано в силлабусе дисциплины:

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
10	Отлично	Студент полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину. Он самостоятельно и логически последовательно отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее важном. Умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя ключевые моменты и устанавливая причинно-следственные связи. Четко формулирует ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами.
9	Отлично	
8	Отлично	
7	Хорошо	Студент обладает знаниями предмета почти в полном объеме рабочей программы и самостоятельно, логически последовательно и всесторонне отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее значимых моментах. Он умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его ключевые аспекты и устанавливая причинно-следственные связи. Формулирует свои ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные ситуационные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами.
6	Хорошо	
5	Удовлетворительно	Студент обладает базовыми знаниями по дисциплине, но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует неточные формулировки. В ходе ответов он допускает ошибки, касающиеся сути вопросов. Студент
4	Удовлетворительно	

Десятибалльная оценка	Пятибалльная оценка	Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)
		способен решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов исследования.
3	Не сдан	Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.

Дисциплина (модуль) «Сравнительная геномика» оценивается следующим образом:

Активность	Вес	Количество	Описание
Контрольная работа	10%	2	Письменная работа с набором задач, которые нужно решить за ограниченное время
Коллоквиум	20%	1	Устные ответы на вопросы, список которых известен студенту заранее
Мини-проект	20%	1	Краткосрочная практическая работа в малых группах на занятиях, направленная на решение конкретных задач
Зачет с оценкой	50%	1	Письменная или устная работа над заданием, направленным на проверку полученных знаний и навыков по дисциплине (модулю)

Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Сравнительная геномика»: $\langle 0,1 \times \text{Среднее за контрольные работы} + 0,2 \times \text{Коллоквиум} + 0,2 \times \text{Мини-проект} + 0,5 \times \text{Зачет с оценкой} \rangle$.

Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)

Примерные задания для контрольной работы

Задание 1. Анализ записи GenBank

Дана выписка из записи GenBank для участка генома бактерии *Escherichia coli*.

- Определите по квалификаторам:
 - какой ген закодирован,
 - его локализацию (старт, стоп, цепь),
 - функцию белка,
 - есть ли упоминание о псевдогене или сдвиге рамки считывания.
- Объясните, как наличие сдвига рамки считывания может повлиять на предсказание функции белка.
- Укажите, какие инструменты (например, Prodigal) могут исправить или учесть такой артефакт.

Задание 2. Поиск ортологов и анализ функций

- Используя базу данных NCBI COGs или eggNOG, найдите COG-группу для белка с идентификатором WP_001234567.1 (условный ID).
- Определите:

- функциональную категорию COG,
 - список ортологичных генов у трёх других бактерий,
 - консервативные домены (с помощью Pfam или CDD).
3. Сделайте вывод о возможной функции белка и его эволюционной консервативности.

Задание 3. Сравнительный анализ метаболического пути

1. Выберите метаболический путь (например, гликолиз или синтез лизина) в базе KEGG.
2. Сравните наличие генов, участвующих в этом пути, у двух прокариот: *E. coli* и *Mycoplasma genitalium*.
3. Укажите, какие ферменты отсутствуют у *Mycoplasma*, и объясните, как это отражается на его метаболизме.
4. Используя STRING, проверьте, есть ли функциональные связи между оставшимися белками в этом пути у *Mycoplasma*.

Примерные вопросы к коллоквиуму

1. Какие основные отличия геномов архей от бактерий?
2. Что такое ортологи и чем они отличаются от паралогов?
3. Какие квалификаторы в записи GenBank указывают на функцию гена и его локализацию?
4. Какой инструмент используется для автоматического предсказания генов в прокариотических геномах?
5. Что такое HMM-профиль и как он применяется в поиске гомологов?
6. Какие базы данных используются для аннотации белковых доменов?
7. Что означает термин «псевдоген» в контексте геномной записи?
8. Как база данных KEGG помогает в анализе метаболических путей?
9. Какие особенности структуры прокариотического генома влияют на плотность генов?
10. Как STRING определяет функциональную связь между белками?

Примерное описание задания и критерии оценивания к мини-проекту

Описание мини-проекта: выполните сравнительный геномный анализ двух или более штаммов одного вида прокариот (например, *Salmonella enterica* — патогенный и непатогенный штамм).

Цель — выявить генетические особенности, связанные с патогенностью, метаболизмом или устойчивостью к антибиотикам.

Этапы выполнения:

- Выбрать штаммы и скачать их полные геномы из NCBI Genomes.
- Проанализировать наличие и состав консервативных генов (core genome) и уникальных генов (accessory genome).
- Найти гены, ассоциированные с патогенностью (например, вирулентность, секрета, устойчивость), используя базы COG, Pfam, CARD.
- Провести анализ метаболических путей (KEGG) и функциональных связей (STRING).

— Оформить результаты в виде отчёта или презентации с выводами.

Критерии оценивания:

— Актуальность выбора объекта и чёткость постановки задачи — обоснован выбор штаммов и цели анализа.

— Корректность использования биоинформатических инструментов — правильно применены базы данных и программы (GenBank, COG, KEGG, STRING и др.).

— Глубина анализа и интерпретация результатов — выявлены значимые генетические различия, сделаны биологически обоснованные выводы.

— Оформление и структура отчёта/презентации — логичная композиция, читаемость, наличие схем, таблиц, ссылок.

— Навыки работы с данными и программными средствами — демонстрируется владение форматами (FASTA, GenBank), умение обрабатывать записи и интерпретировать аннотации.

Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

№ п/п	Задание	Ответ	Компетенция
1.	Какой формат используется для хранения полных геномных записей с аннотациями?	GenBank	УК-1
2.	Что такое COG-группа?	Группа ортологичных белков с общей функцией	УК-2
3.	Какой инструмент используется для предсказания генов в прокариотах?	Prodigal	ПК-1
4.	Что означает квалификатор /gene= в записи GenBank?	Название гена	ПК-2
5.	Как называется база данных для анализа метаболических путей?	KEGG	ПК-3
6.	Что такое НММ-профиль?	Математическая модель для поиска доменов и гомологов	ПК-5
7.	Чем археи отличаются от бактерий на геномном уровне?	Уникальные РНК-полимеразы, отсутствие муреина и др.	УК-1
8.	Что такое псевдоген?	Неработающий ген с мутациями (стоп-кодон, сдвиг рамки)	УК-2

9.	Какая база данных содержит доменные структуры белков?	Pfam	ПК-1
10.	Что показывает STRING?	Функциональные и физические взаимодействия между белками	ПК-2
11.	Какой тип генов сохраняется во всех штаммах вида?	Core-гены	ПК-3
12.	Что такое паралог?	Ген, возникший в результате дупликации внутри генома	ПК-5
13.	Какой формат хранит информацию о белок-кодирующих регионах?	GFF	УК-1
14.	Какая база данных используется для поиска ортологов у прокариот?	eggNOG	УК-2
15.	Что означает /product= в GenBank?	Функция белка (например, «ДНК-гираза»)	ПК-1
16.	Какой инструмент позволяет анализировать геномное окружение?	руCOGNAT	ПК-2
17.	Что такое мобильные генетические элементы?	Плазмиды, транспозоны, интегроны	ПК-3
18.	Какой термин в Gene Ontology описывает «связывание АТФ»?	Molecular function	ПК-5
19.	Какой сайт позволяет скачивать полные геномы?	NCBI Genomes	УК-1
20.	Что такое метаболический путь?	Последовательность ферментативных реакций	УК-2