

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский  
университет имени Н.И. Пирогова»**

**Министерства здравоохранения Российской Федерации  
ФГАОУ ВО РНИМУ им Н.И.Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)**

**Институт биомедицины (МБФ)**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Директор Института**

**Прохорчук Егор Борисович**

**Доктор биологических наук,**

**Член-корреспондент**

**Российской академии наук**

---

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б.1.О.29 Биоинформатика**

**для образовательной программы высшего образования - программы Специалитета  
по направлению подготовки (специальности)**

**06.05.02 Фундаментальная и прикладная биология**

**направленность (профиль)**

**Биомедицина**

Настоящая рабочая программа дисциплины Б.1.О.29 Биоинформатика (далее – рабочая программа дисциплины) является частью программы Специалитета по направлению подготовки (специальности) 06.05.02 Фундаментальная и прикладная биология. Направленность (профиль) образовательной программы: Биомедицина.

Форма обучения: очная

Составители:

№	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, звание	Должность	Место работы	Подпись
1	Лагунин Алексей Александрович	д-р биол. наук, профессор РАН	зав. кафедрой биоинформатики Института биомедицины (МБФ)	ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)	
2	Райлян Юлия Валерьевна		старший преподаватель кафедры биоинформатики Института биомедицины (МБФ)	ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)	

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры (протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_).

Рабочая программа дисциплины рекомендована к утверждению рецензентами:

№	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, звание	Должность	Место работы	Подпись

1	Кузиков Алексей Владимирович	канд. биол. наук, доцент	и.о. заведующего кафедрой биохимии Института биомедицины (МБФ)	ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)	
---	------------------------------------	--------------------------------	--	---	--

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена советом института Институт биомедицины (МБФ) (протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_).

Нормативно-правовые основы разработки и реализации рабочей программы дисциплины:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – специалитет по специальности 06.05.02 Биомедицина, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от «27» июля 2021 г. No 675 рук;
2. Общая характеристика образовательной программы;
3. Учебный план образовательной программы;
4. Устав и локальные акты Университета.

© Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

## **1. Общие положения**

### **1.1. Цель и задачи освоения дисциплины**

#### **1.1.1. Цель.**

Получение студентами основополагающих знаний о содержании и возможностях биоинформатики, о приложении методов биоинформатики для решения прикладных биомедицинских задач, в том числе, анализа сходства аминокислотных и нуклеотидных последовательностей, компьютерного моделирования и визуализации трёхмерных структур белков, анализ транскриптомных и геномных данных, что позволит в будущем молодым специалистам быстрее и эффективнее включиться в научно-исследовательскую работу, а также использовать результаты современных постгеномных технологий в диагностике и персонализированном лечении пациентов.

#### **1.1.2. Задачи, решаемые в ходе освоения программы дисциплины:**

- Изучение основных понятий и формирование базовых навыков работы с результатами транскриптомных и геномных исследований, полученных с использованием технологий секвенирования нового поколения.
- Изучение и формирование навыков работы с крупнейшими международными интернет-ресурсами биомедицинских данных (NCBI, EMBL, UniProt).
- Получение основных навыков по визуализации и моделированию трехмерных структур белков.
- Формирование системных знаний по биоинформатике, связанных с анализом нуклеотидных и аминокислотных последовательностей.
- Формирование базовых навыков использования методов биоинформатики для решения прикладных биомедицинских и клинических задач, эффективной диагностики и персонализированного лечения пациентов.

### **1.2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Биоинформатика» изучается в 6 семестре (ах) и относится к обязательной части блока Б.1 дисциплины. Является обязательной дисциплиной.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3.0 з.е.

Для успешного освоения настоящей дисциплины обучающиеся должны освоить следующие дисциплины: Высшая математика; Теория вероятности и математическая статистика; Органическая химия; Биохимия; Иностранный язык.

Знания, умения и опыт практической деятельности, приобретенные при освоении настоящей дисциплины, необходимы для успешного освоения дисциплин: Алгоритмы биоинформатики; Медицинская биоинформатика и функциональная геномика; Системная биология; Клиническая биоинформатика; Компьютерное конструирование лекарств.

Знания, умения и опыт практической деятельности, приобретенные при освоении настоящей дисциплины, необходимы для успешного прохождения практик: Технологическая практика

(специализация); Преддипломная практика , НИР; Практика по профилю профессиональной деятельности (специализация).

### 1.3. Планируемые результаты освоения дисциплины

Семестр 6

Код и наименование компетенции	
Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)
<b>ОПК-1 Способен применять знания разнообразия живых объектов различных уровней организации и умение работать с ними в полевых и лабораторных условиях для решения инновационных задач в сфере инновационной деятельности с привлечением при необходимости методов структурной биологии, биоинформатики, математического и молекулярного моделирования</b>	
ОПК-1.ИД3 Использует при необходимости методы структурной биологии, биоинформатики, математического и молекулярного моделирования	<b>Знать:</b> основные понятия, подходы и методы анализа данных используемые в биоинформатике
	<b>Уметь:</b> применять основные подходы и методы биоинформатики для решения прикладных биомедицинских.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> использования методов биоинформатики для решения прикладных биомедицинских задач.
<b>ОПК-2 Способен планировать и проводить биологические эксперименты, используя современное оборудование, включая физико-химические методы структурной биологии, молекулярного моделирования, биоинформатики, другие информационные технологии и базы данных, соблюдать правила биоэтики, безопасности экспериментальной работы и требования информационной безопасности</b>	
ОПК-2.ИД2 Использует физико-химические методы структурной биологии, молекулярного моделирования, биоинформатики, другие информационные технологии и базы данных в своей профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> основные понятия, подходы, информационные ресурсы и методы анализа данных, используемые в биоинформатике
	<b>Уметь:</b> применять основные подходы, информационные ресурсы и методы биоинформатики для решения прикладных биомедицинских задач.
	<b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> анализа качества данных, использования методов биоинформатики для решения прикладных биомедицинских задач.

**ОПК-8 Способен развивать новые методы и представления в области постгеномных технологий, структурной и синтетической биологии, биоинженерии, молекулярного и математического моделирования, биоинформатики для решения фундаментальных и прикладных проблем биологии и биомедицины**

ОПК-8.ИД2 Участвует в развитии новых методов и представлений в области молекулярного и математического моделирования, биоинформатики для решения фундаментальных и прикладных проблем биологии и биомедицины

**Знать:** способы представления, хранения и анализа нуклеотидных и аминокислотных последовательностей.

**Уметь:** использовать интернет ресурсы и биоинформатические методы в биомедицинских исследованиях.

**Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):** работы с результатами транскрипторных и геномных исследований полученных с использованием технологий секвенирования нового поколения.



## 2.Формы работы обучающихся, виды учебных занятий и их трудоёмкость

Формы работы обучающихся / Виды учебных занятий / Формы промежуточной аттестации		Всего часов	Распределение часов по семестрам
			6
Учебные занятия			
Контактная работа обучающихся с преподавателем в семестре (КР), в т.ч.:		55	55
Специализированное занятие (СЗ)		39	39
Лекционное занятие (ЛЗ)		10	10
Коллоквиум (К)		6	6
Самостоятельная работа обучающихся в семестре (СРО), в т.ч.:		38	38
Подготовка к учебным аудиторным занятиям		38	38
Промежуточная аттестация (КРПА), в т.ч.:		3	3
Зачет (З)		3	3
Общая трудоемкость дисциплины (ОТД)	в часах: ОТД = КР+СРО+КРПА+СРПА	96	96
	в зачетных единицах: ОТД (в часах)/32	3.00	3.00

### 3. Содержание дисциплины

#### 3.1. Содержание разделов, тем дисциплины

6 семестр

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование раздела (модуля), темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
<b>Раздел 1. Введение в биоинформатику</b>			
1	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 1. Введение в биоинформатику. Основные биоинформатические ресурсы и базы данных	История возникновения биоинформатики как науки. Современные взгляды на биоинформатику, ее возможности и перспективы. Базовые направления биоинформатики: геномика и протеомика. Специфика работы с биологическими данными. Методология использования подходов биоинформатики для решения фундаментальных и прикладных задач. Оптимизация поиска научной информации с помощью PubMed. Базы данных Entrez, GeneBank, EBI, EMBL, DDBJ и др., модель данных NCBI, основа формирования данных, типы данных для описания объектов (статей, последовательностей ДНК, белков, данные изменения генной экспрессии) в БД, структура записей в файлах (ключевые слова, сокращения и т.п.), форматы представления данных (Fasta, и др.), особенности представления данных в базах данных.
2	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 2. Работа с базами данных NCBI (RefSeq, OMIM, Nucleotide, Gene, Protein, UniGene)	Основные биоинформатические базы данных: NCBI (RefSeq, OMIM, Nucleotide, Gene, Protein, dbSNP, ClinVar);
3	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 3. Базы данных UniProt, KEGG, GeneOntology и EMBL	Основные биоинформатические базы данных: NCBI (RefSeq, OMIM, Nucleotide, Gene, Protein, dbSNP, ClinVar); EMBL, UniProt, PDB, KEGG.

4	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 4. Геномный браузер UCSC	Геномные браузеры (NCBI Map Viewer, UCSC).
<b>Раздел 2. Парное и множественное выравнивание</b>			
1	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 1. Принципы выравнивания последовательностей. Матрицы замен. Понятие гомологии. BLAST	Выравнивания последовательностей. Цели и типы выравниваний. Парное выравнивание. Fasta, BLAST (Basic Local Alignment Search Tool). Принципы выравнивания последовательностей. Понятие гомологии. Ортологи и паралоги. Расчёт оценки выравнивания (Score). Сходство последовательностей (идентичность, консервативность). Матрицы замен (PAM, BLOSUM). Глобальное и локальное выравнивание. Оптимизация выравнивания. Методы парного выравнивания (алгоритмом Ниделмана-Вунша, динамическое программирование, алгоритм Смита- Уотермана).
2	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 2. Парное выравнивание	Парное выравнивание. Принципы выравнивания последовательностей. Понятие гомологии. Ортологи и паралоги. Расчёт оценки выравнивания (Score). Сходство последовательностей (идентичность, консервативность). Матрицы замен (PAM, BLOSUM). Глобальное и локальное выравнивание. Оптимизация выравнивания. Методы парного выравнивания (алгоритмом Ниделмана-Вунша, динамическое программирование, алгоритм Смита- Уотермана). BLAST (интерфейс, алгоритм).

3	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 3. BLAST, множественное выравнивание. Базы данных PROSITE и PFAM.	BLAST (интерфейс, алгоритм). Множественные выравнивания. БД NCBI HomoloGene. Алгоритмы и параметры множественного выравнивания. Программы для проведения множественного выравнивания решение задач множественного выравнивания с помощью программ ClustalW, Praline, Probcons, MUSCLE, TCOffee
<b>Раздел 3. Филогенетический анализ и молекулярная эволюция</b>			
1	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 1. Филогенетический анализ и молекулярная эволюция	Филогения и эволюционные деревья. Подходы к изучению филогенеза, видового разнообразия и эволюционных взаимоотношений на основе геномных и протеомных исследований. Современные принципы биологической таксономии. Филогенетические модели и анализ данных. Сравнительный анализ геномов в филогенетических исследованиях. Источники изменчивости генетической информации (делеции, дупликации, рекомбинации, инверсии, транслокации, перемещения мобильных генетических элементов горизонтальный перенос генетической информации, геномные мутации). Транзиции и трансверсии. Факторы эволюции генетических систем. Генетическая и эпигенетическая наследственность. Принципы определения филогенетического родства и эволюционных взаимоотношений. Концепция молекулярных часов.
2	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 2. Филогения. MEGA –программа для филогенетического анализа последовательностей.	Филогенетические деревья. Алгоритмы построения филогенетических деревьев. Топология деревьев. MEGA – программа для филогенетического анализа последовательностей.
<b>Раздел 4. NGS – секвенирование следующего поколения. Сборка геномов. Анализ РНК и экспрессии генов</b>			

1	ОПК-1.ИДЗ, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 1. NGS – секвенирование следующего поколения. Сборка геномов.	Современные принципы работы с целым геномом. Важнейшие задачи поиска в секвенированном геноме. Нерешенные задачи и перспективы. Сборка геномов.
2	ОПК-1.ИДЗ, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 2. Анализ качества данных секвенирования.	Инструменты для анализа качества результатов секвенирования.
3	ОПК-1.ИДЗ, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 3. Сборка генома.	Инструменты для сборки и работы с геномом
4	ОПК-1.ИДЗ, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 4. Источники транскриптомных данных. Использование языка R для обработки результатов данных микрочипов.	Использование языка R для обработки результатов транскриптомных данных. Предварительная обработка и нормализация данных. Диаграммы рассеяния. Статистический анализ микроэррейных данных.
5	ОПК-1.ИДЗ, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 5. Использование языка R для обработки результатов данных RNASeq.	Статистический анализ RNASeq данных. Построение тепловой карты изменения генной экспрессии.

#### **Раздел 5. Структурная биоинформатика и протеомика**

1	ОПК-1.ИДЗ, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 1. Структурная биоинформатика	Структура белка (вторичная, третичная, четвертичная). Методы получения трехмерной структуры белка. PDB. Структура PDB файла. Базы данных трехмерных структур (CATH, Dali, SCOP, FSSP, NCBI Structure, NCBI CDD). Инструменты для интерактивной визуализация белковых структур.
2	ОПК-1.ИДЗ, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 2. Инструменты для интерактивной визуализация белковых структур. Выявления сходных 3-мерных структур белков (NCBI VAST). Визуализация 3D структур с использованием PyMol.	Инструменты для интерактивной визуализация белковых структур. Выявления сходных 3-мерных структур белков (NCBI VAST). Изучение свойств белковых молекул при помощи программы PyMol.

3	ОПК-1.ИДЗ, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 3. Моделирование трехмерной структуры белка методом гомологического моделирования в программе Modeller	Методы предсказания белковых структур по последовательностям аминокислот.  Моделирование трехмерной структуры белка методом гомологического моделирования в программе Modeller
4	ОПК-1.ИДЗ, ОПК-2.ИД2, ОПК-8.ИД2	Тема 4. Программа визуализации и анализа биологических сетей – Cytoscape.	Построение и анализ биологических сетей.  Программа визуализации и анализа биологических сетей – Cytoscape.

### **3.2. Перечень разделов, тем дисциплины для самостоятельного изучения обучающимися**

Разделы и темы дисциплины для самостоятельного изучения обучающимися в программе не предусмотрены.

№ п /п	Виды учебных занятий / форма промеж. аттестации	Период обучения (семестр) Порядковые номера и наименование разделов. Порядковые номера и наименование тем разделов. Темы учебных занятий.	Количество часов контактной работы	Виды контроля успеваемости	Формы контроля успеваемости и промежуточной аттестации		
					КП	ОУ	РЗ
1	2	3	4	5	6	7	8
6 семестр							
Раздел 1. Введение в биоинформатику							
Тема 1. Введение в биоинформатику. Основные биоинформатические ресурсы и базы данных							
1	ЛЗ	Введение в биоинформатику. Основные биоинформатические ресурсы и базы данных	2	Д	1		
Тема 2. Работа с базами данных NCBI (RefSeq, OMIM, Nucleotide, Gene, Protein, UniGene)							
1	СЗ	Работа с базами данных NCBI (RefSeq, OMIM, Nucleotide, Gene, Protein, UniGene)	3	Т			1
Тема 3. Базы данных UniProt, KEGG, GeneOntology и EMBL							
1	СЗ	Базы данных UniProt, KEGG, GeneOntology и EMBL	3	Т			1
Тема 4. Геномный браузер UCSC							
1	СЗ	Геномный браузер UCSC	3	Т			1
Раздел 2. Парное и множественное выравнивание							
Тема 1. Принципы выравнивания последовательностей. Матрицы замен. Понятие гомологии. BLAST							
1	ЛЗ	Принципы выравнивания последовательностей. Матрицы замен. Понятие гомологии. BLAST	2	Д	1		
Тема 2. Парное выравнивание							
1	СЗ	Парное выравнивание	3	Т			1
Тема 3. BLAST, множественное выравнивание. Базы данных PROSITE и PFAM.							

1	СЗ	BLAST, множественное выравнивание. Базы данных PROSITE и PFAM.	3	Т			1
<b>Раздел 3. Филогенетический анализ и молекулярная эволюция</b>							
<b>Тема 1. Филогенетический анализ и молекулярная эволюция</b>							
1	ЛЗ	Филогенетический анализ и молекулярная эволюция	2	Д	1		
<b>Тема 2. Филогения. MEGA –программа для филогенетического анализа последовательностей.</b>							
1	СЗ	Филогения. MEGA – программа для филогенетического анализа последовательностей.	3	Т			1
2	К	Коллоквиум по разделам 1-3	3	Р		1	
<b>Раздел 4. NGS – секвенирование следующего поколения. Сборка геномов. Анализ РНК и экспрессии генов</b>							
<b>Тема 1. NGS – секвенирование следующего поколения. Сборка геномов.</b>							
1	ЛЗ	NGS – секвенирование следующего поколения. Сборка геномов.	2	Д	1		
<b>Тема 2. Анализ качества данных секвенирования.</b>							
1	СЗ	Анализ качества данных секвенирования.	3	Т			1
<b>Тема 3. Сборка генома.</b>							
1	СЗ	Сборка генома.	3	Т			1
<b>Тема 4. Источники транскриптомных данных. Использование языка R для обработки результатов данных микрочипов.</b>							
1	СЗ	Источники транскриптомных данных. Использование языка R для обработки результатов данных микрочипов.	3	Т			1
<b>Тема 5. Использование языка R для обработки результатов данных RNASeq.</b>							
1	СЗ	Использование языка R для обработки результатов данных RNASeq.	3	Т			1
<b>Раздел 5. Структурная биоинформатика и протеомика</b>							



<b>Тема 1. Структурная биоинформатика</b>							
1	ЛЗ	Структурная биоинформатика	2	Д	1		
<b>Тема 2. Инструменты для интерактивной визуализация белковых структур. Выявления сходных 3-мерных структур белков (NCBI VAST). Визуализация 3D структур с использованием PyMol.</b>							
1	СЗ	Инструменты для интерактивной визуализация белковых структур. Выявления сходных 3-мерных структур белков (NCBI VAST). Визуализация 3D структур с использованием PyMol.	3	Т			1
<b>Тема 3. Моделирование трехмерной структуры белка методом гомологического моделирования в программе Modeller</b>							
1	СЗ	Моделирование трехмерной структуры белка методом гомологического моделирования в программе Modeller	3	Т			1
<b>Тема 4. Программа визуализации и анализа биологических сетей – Cytoscape.</b>							
1	СЗ	Программа визуализации и анализа биологических сетей – Cytoscape.	3	Т			1
2	К	Коллоквиум по разделам 4-5	3	Р		1	

Текущий контроль успеваемости обучающегося в семестре осуществляется в формах, предусмотренных тематическим планом настоящей рабочей программы дисциплины.

Формы проведения контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся /виды работы обучающихся

№ п/п	Формы проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся (ФТКУ)	Виды работы обучающихся (ВРО)
1	Контроль присутствия (КП)	Присутствие
2	Опрос устный (ОУ)	Выполнение задания в устной форме

3	Решение практической (ситуационной) задачи (РЗ)	Решение практической (ситуационной) задачи
---	---	--

#### **4.2. Формы проведения промежуточной аттестации**

6 семестр

1) Форма промежуточной аттестации - Зачет

2) Форма организации промежуточной аттестации -Решение практической (ситуационной) задачи

## 5. Структура рейтинга по дисциплине

### 5.1. Критерии, показатели проведения текущего контроля успеваемости с использованием балльно-рейтинговой системы.

Рейтинг по дисциплине рассчитывается по результатам текущей успеваемости обучающегося. Тип контроля по всем формам контроля дифференцированный, выставляются оценки по шкале: "неудовлетворительно", "удовлетворительно", "хорошо", "отлично". Исходя из соотношения и количества контролей, рассчитываются рейтинговые баллы, соответствующие системе дифференцированного контроля.

6 семестр

Виды занятий		Формы текущего контроля успеваемости/виды работы		Кол-во контролей	Макс. кол-во баллов	Соответствие оценок рейтинговым баллам ***				
						ТК	ВТК	Отл.	Хор.	Удовл.
Специализированное занятие	СЗ	Решение практической (ситуационной) задачи	РЗ	13	312	В	Т	24	16	8
Коллоквиум	К	Опрос устный	ОУ	2	700	В	Р	350	234	117
Сумма баллов за семестр					1012					

### 5.2. Критерии, показатели и порядок промежуточной аттестации обучающихся с использованием балльно-рейтинговой системы. Порядок перевода рейтинговой оценки обучающегося в традиционную систему оценок

Порядок промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине (модулю) в форме зачёта

По итогам расчета рейтинга по дисциплине в 6 семестре, обучающийся может быть аттестован по дисциплине без посещения процедуры зачёта, при условии:

Оценка	Рейтинговый балл
Зачтено	600

## **6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации**

### **6 семестр**

#### **Перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации в форме зачёта**

1. Биологические базы данных: принцип организации, содержание, примеры. Сущность и роль референсных геномов. Референсный геном человека.
2. Геномные браузеры. Возможности поиска, подключения и отображения информации на примере браузера UCSC.
3. Генетические варианты. Базы данных генетических вариантов. Классификация генетических вариантов по типу, молекулярным и клиническим последствиям.
4. Понятие гомологии. Выравнивание биологических последовательностей: принцип, алгоритмы, практическое значение.
5. Выравнивание нуклеотидных и аминокислотных последовательностей. Матрицы замен BLOSUM и PAM.
6. Множественное выравнивание биологических последовательностей. Методы, значение и практическое применение множественного выравнивания.
7. Множественное выравнивание биологических последовательностей. Домены и профили белковых структур. Скрытые Марковские модели.
8. Семейство алгоритмов BLAST: принцип работы, входные параметры, оценка результатов.
9. PSI-BLAST: значение, отличия от BLAST, преимущества и недостатки.
10. Понятие молекулярной филогенетики. Филогенетические деревья. Компоненты и структура филогенетического дерева. Концепция молекулярных часов. Программы для построения филогенетических деревьев.
11. Понятие молекулярной филогенетики. Алгоритмы построения и оценки филогенетических деревьев.
12. Секвенирование по Сенгеру. Плюсы и минусы.
13. Методы секвенирования нового поколения. Плюсы и минусы.

14. Основные принципы подготовки ДНК библиотек. Индексирование (баркодирование).
15. Основные современные платформы секвенирования нового поколения. Их сравнение.
16. Rosh 454. Пиросеквенирование. Ion Torrent. Полупроводниковое секвенирование.
17. Illumina. Секвенирование синтезом.
18. Pacific Biosciences. Одномолекулярное секвенирование в реальном времени.
19. Контроль качества данных секвенирования. FASTQ формат. Шкала качества Фред (Phred). FastQC – инструмент для контроля качества данных.
20. Препроцессинг данных секвенирования.
21. Сборка генома. Оценка качества сборки генома
22. Базы данных геномов: GOLD, NCBI Genome, NCBI SRA
23. Некодирующие РНК. Малые не кодирующие РНК.
24. тРНК. Предсказание структуры и функции.
25. База данных Rfam.
26. Изменение экспрессии генов. Цели исследований.
27. Измерения дифференциальной экспрессии генов с использованием микрочипов.
28. RNA-Seq
29. Предварительная обработка (препроцессинг) данных. Нормализация данных
30. Использование t критерия Стьюдента в дифференциальной генной экспрессии.
31. Поправка на множественное сравнение.
32. Использование ANOVA в дифференциальной генной экспрессии.
33. Principal components analysis (PCA)
34. Диаграммы рассеивания.
35. Методы кластеризации в дифференциальной генной экспрессии.

36. Базы данных с результатами исследований дифференциальной генной экспрессии.
37. Моделирование трехмерной структуры белка.
38. Инструменты для интерактивной визуализация белковых структур.
39. Что такое биологические сети. Сигнальные сети, сигнальные пути. Базы данных по сигнальным и метаболическим путям.
40. Сети белок-белковых взаимодействий. Подходы к оценке белок-белковых взаимодействий.
41. Базы данных по связи белков/генов с заболеваниями.
42. Анализ топологии биологических сетей. «Мастер-регуляторы» в биологической сети.
43. Мотивы и графлеты биологических сетей. Модули в биологических сетях.
44. Оценка связи белка (гена) с заболеванием.
45. Предсказание маркеров заболеваний.
46. Свойства белков-«хабов».
47. Сети ко-экспрессии.
48. Моделирование динамики биологических сетей.
49. Средства для визуализации и анализа биологических сетей.
50. Протеомика. Алгоритм протеомного исследования. Протеотипические пептиды.
51. Polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE). Физические свойства белков используемые для идентификации положения белка в 2D электрофорезе.
52. Масс-спектрометрия.
53. Основные протеомные базы данных

## **Зачетный билет для проведения зачёта**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский  
университет  
имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации  
ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)  
**Зачетный билет № \_\_\_\_\_**

для проведения зачета по дисциплине Б.1.О.29 Биоинформатика  
по программе Специалитета  
по направлению подготовки (специальности) 06.05.02 Фундаментальная и прикладная  
биология  
направленность (профиль) Биомедицина

1. Множественное выравнивание биологических последовательностей. Методы, значение  
и практическое применение множественного выравнивания
2. Основные протеомные базы данных
3. Свойства белков-«хабов».
4. Измерения дифференциальной экспрессии генов с использованием микрочипов.

Заведующий Лагунин Алексей Александрович  
Кафедра биоинформатики МБФ

## **7. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины**

### **Для подготовки к занятиям лекционного типа обучающийся должен**

внимательно прочитать материал предыдущей лекции;  
ознакомиться с учебным материалом по учебнику, учебным пособиям, а также электронным образовательным ресурсам с темой прочитанной лекции;  
внести дополнения к полученным ранее знаниям по теме лекции на полях лекционной тетради;  
записать возможные вопросы, которые следует задать преподавателю по материалу изученной лекции.

### **Для подготовки к занятиям специализированного типа обучающийся должен**

внимательно изучить теоретический материал по конспекту лекции, учебникам, учебным пособиям, а также электронным образовательным ресурсам

### **Для подготовки к коллоквиуму обучающийся должен**

Для подготовки к текущему рубежному (модульному) контролю обучающемуся следует изучить учебный материал по наиболее значимым темам и (или) разделам дисциплины в семестре



## 8. Учебно-методическое, информационное и материально-техническое обеспечение дисциплины

### 8.1. Перечень литературы по дисциплине:

№ п /п	Наименование, автор, год и место издания	Используется при изучении разделов	Количество экземпляров в библиотеке	Электронный адрес ресурсов
1	2	3	4	5
1	Введение в биоинформатику: [учебник для вузов], Леск А. М., 2015	Парное и множественное выравнивание Филогенетический анализ и молекулярная эволюция Структурная биоинформатика и протеомика Введение в биоинформатику NGS – секвенирование следующего поколения. Сборка геномов. Анализ РНК и экспрессии генов	28	
2	Молекулярное моделирование: теория и практика, Хельтье Х.-Д., 2020	Структурная биоинформатика и протеомика	0	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001017240.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001017240.html</a>

### 8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе профессиональных баз данных, необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. OMIM
2. Научная электронная библиотека PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
3. UniProt
4. Консультант студента <http://www.studentlibrary.ru>
5. <http://mon.gov.ru> – сайт Минобрнауки РФ
6. <https://www.kegg.jp>
7. Молекулярное моделирование [Электронный ресурс] : теория и практика : пер. с англ. / Х.-Д. Хельтье [и др.]. – 3-е изд. (эл.). – Москва: БИНОМ. Лаб. знаний, 2020. – 322 с.
8. Научная электронная библиотека <https://www.elibrary.ru/>
9. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>

**8.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при наличии)**

1. Автоматизированный информационный комплекс «Цифровая административно-образовательная среда РНИМУ им. Н.И. Пирогова»
2. Система управления обучением
3. Adobe Reader, [get/adobe.com/ru/reader/otherversions](http://get.adobe.com/ru/reader/otherversions), (32 шт.), срок действия лицензии: бессрочно
4. R Studio
5. Автоматизированная образовательная среда университета
6. Балльно-рейтинговая система контроля качества освоения образовательной программы в автоматизированной образовательной системе университета.
7. MS Office (Excel)
8. Microsoft Office (Word)

#### 8.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), как на территории Университета, так и вне ее.

Электронная информационно-образовательная среда университета обеспечивает:

- доступ к учебному плану, рабочей программе дисциплины, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочей программе дисциплины;

- формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы.

Университет располагает следующими видами помещений и оборудования для материально-технического обеспечения образовательной деятельности для реализации образовательной программы дисциплины (модуля):

№ п /п	Наименование оборудованных учебных аудиторий	Перечень специализированной мебели, технических средств обучения
1	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оборудованная мультимедийными и иными средствами обучения	Проектор мультимедийный
2	Аудитория, оборудованная мультимедийными и иными средствами обучения	Компьютеры для обучающихся , Компьютер персональный , Компьютерный стол , Проектор мультимедийный , Компьютерная техника с возможностью подключения к сети “Интернет” , Электрические розетки и подсетка на каждом столе , Доска интерактивная , Стулья , Возможность подключения к сети «Интернет» и обеспечения доступа в электронную информационно-образовательную среду

3	Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации	Учебная мебель (столы, стулья), компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
4	Учебная аудитория для проведения промежуточной аттестации	Учебная мебель (столы и стулья для обучающихся), стол, стул преподавателя, персональный компьютер; набор демонстрационного оборудования (проектор, экран, колонки)

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения (состав определяется в рабочей программе дисциплины и подлежит обновлению при необходимости). Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных в рабочей программе дисциплины, на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину.

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определяется в рабочей программе дисциплины и подлежит обновлению (при необходимости).

Обучающиеся из числа инвалидов обеспечены печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Приложение 1  
к рабочей программе  
дисциплины (модуля)

Сведения об изменениях в рабочей программе дисциплины (модуля)

\_\_\_\_\_ для образовательной программы высшего образования – программы бакалавриата/специалитета /магистратуры (оставить нужное) по направлению подготовки (специальности) (оставить нужное) \_\_\_\_\_ (код и наименование направления подготовки (специальности)) направленность (профиль) « \_\_\_\_\_ » на \_\_\_\_\_ учебный год.

Рабочая программа дисциплины с изменениями рассмотрена и одобрена на заседании кафедры \_\_\_\_\_ (Протокол № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_).

Заведующий \_\_\_\_\_ кафедрой \_\_\_\_\_ (подпись)  
\_\_\_\_\_ (Инициалы и фамилия)

Приложение 2  
к рабочей программе  
дисциплины (модуля)

Формы проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

<b>Формы проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации</b>	<b>Сокращённое наименование</b>	
Контроль присутствия	Присутствие	КП
Опрос устный	Опрос устный	ОУ
Решение практической (ситуационной) задачи	Практическая задача	РЗ

Виды учебных занятий и формы промежуточной аттестации

<b>Формы проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации</b>	<b>Сокращённое наименование</b>	
Лекционное занятие	Лекция	ЛЗ
Специализированное занятие	Специализированное	СЗ
Коллоквиум	Коллоквиум	К
Зачет	Зачет	З

Виды контроля успеваемости

<b>Формы проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации</b>	<b>Сокращённое наименование</b>	
Текущий дисциплинирующий контроль	Дисциплинирующий	Д
Текущий тематический контроль	Тематический	Т
Текущий рубежный контроль	Рубежный	Р
Промежуточная аттестация	Промежуточная аттестация	ПА