

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.В.В.03.02 Системная биология

**для образовательной программы высшего образования - программы специалитета
по специальности**

06.05.02 Фундаментальная и прикладная биология

направленность (профиль)

Биомедицина

Год начала подготовки 2026

Настоящая рабочая программа дисциплины Б.1.В.В.03.02 Системная биология (далее – рабочая программа дисциплины) является частью программы специалитета по специальности 06.05.02 Фундаментальная и прикладная биология. Направленность (профиль) образовательной программы: Биомедицина.

Форма обучения: очная

Составители:

№, п/п	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, звание	Должность	Место работы
1	Иванов Сергей Михайлович	кандидат биологических наук	Доцент кафедры биоинформатики МБФ	НИИ биомедицинской химии имени В.Н. Ореховича
2	Лагунин Алексей Александрович	доктор биологических наук, профессор РАН	Заведующий кафедрой биоинформатики МБФ	ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н. И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Кафедра биоинформатики МБФ»

(протокол от «__» _____ № _____)

Рабочая программа дисциплины рекомендована к утверждению рецензентами:

№ п/п	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, звание	Должность	Место работы

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена советом «
_____»

(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. № 675 рук.
2. Устав и локальные нормативные акты Университета.
3. Общая характеристика образовательной программы.
4. Учебный план образовательной программы.

© 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 и практических навыков в области системной биологии

1.1.2. Задачи, решаемые в ходе освоения дисциплины (модуля):

- Изучение терминологии, методов, подходов, баз данных и компьютерных программ, используемых в системной биологии
- Формирование навыков работы с основными программами и ресурсами, используемыми при анализе OMICS данных и биологических сетей

1.2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Системная биология» изучается в 9 семестре (ах) и относится к части, формируемой участниками образовательного процесса, Блока Б.1 «Дисциплины (модули)». Является дисциплиной по выбору.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 з.е.

Для успешного освоения настоящей дисциплины (модуля) обучающиеся в рамках образовательной программы должны освоить следующие дисциплины: Теория вероятности и математическая статистика; Молекулярная биология; Биохимия; Биоинформатика; Высшая математика; R, биостатистика; Информатика; Генетика.

Знания, умения и опыт практической деятельности, приобретенные при освоении настоящей дисциплины, необходимы для успешного освоения дисциплин: Клиническая биоинформатика.

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

1.3. Планируемые результаты освоения дисциплины

9 семестр

Код и наименование компетенции	
Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)
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	
ОПК-1.ИД3 Использует при необходимости методы структурной биологии, биоинформатики, математического и молекулярного моделирования	Знать: Современные компьютерные технологии и методы системной биологии, используемые в анализе OMICS данных
	Уметь: Проводить анализ OMICS данных с использованием современных компьютерных технологий и методов системной биологии
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Анализа OMICS данных с использованием современных компьютерных технологий и методов системной биологии
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	
ОПК-2.ИД2 Использует физико-химические методы структурной биологии, молекулярного моделирования, биоинформатики, другие информационные технологии и базы данных в своей профессиональной деятельности	Знать: Основные базы данных, принципы анализа OMICS данных, методы и компьютерные программы, применяемые в системной биологии
	Уметь: Работать с базами OMICS данных и соответствующими компьютерными программами в системно-биологических исследованиях
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Работы с базами OMICS данных и соответствующими компьютерными программами в системно-биологических исследованиях

ПК-2 Способен проводить научные исследования в области молекулярной и клеточной биологии, молекулярной медицины	
ПК-2.ИД1 Собирает и обрабатывает научную и научно-техническую информацию, в результате чего формулирует проверяемые гипотезы в области молекулярной и клеточной биологии, молекулярной медицины.	Знать: Основные форматы файлов, основные алгоритмы и программы, используемые в анализе OMICS данных
	Уметь: Формировать постановку задачи для проведения научных и клинических системно-биологических исследований, направленных на анализ OMICS данных
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Использования программ для анализа OMICS данных в системно-биологических исследованиях

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
			9
Учебные занятия			
Контактная работа обучающихся с преподавателем в семестре (КРО), в т.ч.:		72	72
Специализированное занятие (СЗ)		52	52
Лекционное занятие (ЛЗ)		16	16
Коллоквиум (К)		4	4
Самостоятельная работа обучающихся в семестре (СРО), в т.ч.:		52	52
Подготовка к учебным аудиторным занятиям		52	52
Промежуточная аттестация:			
Контактная работа обучающихся в ходе промежуточной аттестации (КРПА), в т.ч.:		4	4
Зачет (З)*		4	4
Общая трудоемкость дисциплины (ОТД)	в часах: ОТД = КРО+СРО+КРПА+СРПА	128	128
	в зачетных единицах: ОТД (в часах): 32	4.00	4.00

* Время для проведения промежуточной аттестации в форме зачёта (защиты курсовой работы) выделяется в рамках контактной работы (ДВЗ) Проведение промежуточной аттестации в форме зачёта (защиты курсовой работы) организуется в соответствии с расписанием занятий.

3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание разделов, тем дисциплины

9 семестр

№ п/п	Шифр компетенции	Наименование раздела (модуля), темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
Раздел 1. Анализ молекулярных сетей			
1	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 1. Методы анализа ОМИКС данных: основные источники информации	основные источники информации по ОМИКС данным
2	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 2. Методы анализа ОМИКС данных: анализ обогащения	Методы анализа ОМИКС данных. Анализ обогащения биологических путей
3	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 3. Построение и анализ сетей ко-экспрессии	Построение и анализ сетей ко-экспрессии
4	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 4. Моделирование динамики молекулярных сетей. Булевы сети	Моделирование динамики молекулярных сетей. Булевы сети
5	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 5. Методы анализа метаболических сетей	Методы анализа метаболических сетей. Анализ баланса потоков
6	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 6. Основные источники информации по ОМИКС данным	Основные источники информации по ОМИКС данным
7	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 7. Анализ обогащения функционально-связанных групп генов	Анализ обогащения биологических путей
8	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 8. Анализ обогащения функционально-связанных групп генов (продолжение темы)	Анализ обогащения биологических путей

9	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 9. Анализ топологии ненаправленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней	Анализ топологии ненаправленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней
10	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 10. Анализ топологии ненаправленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней (продолжение темы)	Анализ топологии ненаправленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней
11	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 11. Анализ топологии направленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней	Анализ топологии направленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней. Мастер-регуляторы
12	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 12. Анализ топологии направленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней (продолжение темы)	Анализ топологии направленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней. Мастер-регуляторы
13	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 13. Построение и анализ сетей ко-экспрессии	Построение и анализ сетей ко-экспрессии
14	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 14. Построение и анализ сетей ко-экспрессии (продолжение темы)	Построение и анализ сетей ко-экспрессии
15	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 15. Моделирование динамики молекулярных сетей. Булевы сети	Моделирование динамики молекулярных сетей. Булевы сети

16	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 16. Моделирование динамики молекулярных сетей. Булевы сети (продолжение темы)	Моделирование динамики молекулярных сетей. Булевы сети
17	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 17. Моделирование динамики молекулярных сетей. Сети Петри	Моделирование динамики молекулярных сетей. Сети Петри
18	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 18. Моделирование динамики молекулярных сетей. Сети Петри	Моделирование динамики молекулярных сетей. Сети Петри
19	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 19. Методы анализа метаболических сетей. Анализ баланса потоков	Методы анализа метаболических сетей. Анализ баланса потоков
20	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 20. Представление о молекулярных сетях и методах анализа их топологии: ненаправленные сети	Анализ топологии ненаправленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней
21	ОПК-1.ИД3, ОПК-2.ИД2, ПК-2.ИД1	Тема 21. Представление о молекулярных сетях и методах анализа их топологии: направленные сети	Анализ топологии направленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней

3.2. Перечень разделов, тем дисциплины для самостоятельного изучения обучающимися

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

4. Тематический план контактной работы обучающихся с преподавателем при проведении занятий.

№ занятия п/п	Виды учебных занятий*	Период обучения (семестр). Порядковые номера и наименования разделов (модулей) (при наличии), тем, учебных занятий	Количество часов контактной работы	Виды текущего контроля успеваемости**	Формы проведения текущего контроля успеваемости***		
					КП	ОК	РЗ
1	2	3	4	5	6	7	8
9 семестр							
Раздел 1. Анализ молекулярных сетей							
Тема 1. Методы анализа ОМИКС данных: основные источники информации							
1	ЛЗ	Методы анализа ОМИКС данных: основные источники информации	2	Д	1	1	
Тема 2. Методы анализа ОМИКС данных: анализ обогащения							
2	ЛЗ	Методы анализа ОМИКС данных: анализ обогащения	2	Д	1	1	
Тема 3. Построение и анализ сетей ко-экспрессии							
3	СЗ	Построение и анализ сетей ко-экспрессии	4	Т	1	1	1
Тема 4. Моделирование динамики молекулярных сетей. Булевы сети							
4	ЛЗ	Моделирование динамики молекулярных сетей. Булевы сети	2	Д	1	1	1
Тема 5. Методы анализа метаболических сетей							
5	ЛЗ	Методы анализа метаболических сетей	2	Д	1	1	1
Тема 6. Основные источники информации по ОМИКС данным							

6	СЗ	Основные источники информации по ОМИКС данным	4	Т	1	1	1
Тема 7. Анализ обогащения функционально-связанных групп генов							
7	СЗ	Анализ обогащения функционально-связанных групп генов	4	Т	1	1	1
Тема 8. Анализ обогащения функционально-связанных групп генов (продолжение темы)							
8	СЗ	Анализ обогащения функционально-связанных групп генов (продолжение темы)	4	Т	1	1	1
Тема 9. Анализ топологии ненаправленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней							
9	СЗ	Анализ топологии ненаправленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней	4	Т	1	1	1
Тема 10. Анализ топологии ненаправленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней (продолжение темы)							
10	СЗ	Анализ топологии ненаправленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней (продолжение темы)	4	Т	1	1	1
Тема 11. Анализ топологии направленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней							

11	СЗ	Анализ топологии направленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней	4	Т	1	1	1
Тема 12. Анализ топологии направленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней (продолжение темы)							
12	СЗ	Анализ топологии направленных сетей для изучения патогенеза заболеваний и поиска потенциальных терапевтических мишеней (продолжение темы)	4	Т	1	1	1
Тема 13. Построение и анализ сетей ко-экспрессии							
13	ЛЗ	Построение и анализ сетей ко-экспрессии	2	Д	1	1	1
Тема 14. Построение и анализ сетей ко-экспрессии (продолжение темы)							
14	СЗ	Построение и анализ сетей ко-экспрессии (продолжение темы)	4	Т	1	1	1
Тема 15. Моделирование динамики молекулярных сетей. Булевы сети							
15	СЗ	Моделирование динамики молекулярных сетей. Булевы сети	4	Т	1	1	1
Тема 16. Моделирование динамики молекулярных сетей. Булевы сети (продолжение темы)							
16	СЗ	Моделирование динамики молекулярных сетей. Булевы сети (продолжение темы)	4	Т	1	1	1

Тема 17. Моделирование динамики молекулярных сетей. Сети Петри							
17	СЗ	Моделирование динамики молекулярных сетей. Сети Петри	4	Т	1	1	1
Тема 18. Моделирование динамики молекулярных сетей. Сети Петри							
18	ЛЗ	Моделирование динамики молекулярных сетей. Сети Петри	2	Д	1	1	1
Тема 19. Методы анализа метаболических сетей. Анализ баланса потоков							
19	СЗ	Методы анализа метаболических сетей. Анализ баланса потоков	4	Т	1	1	1
Тема 20. Представление о молекулярных сетях и методах анализа их топологии: ненаправленные сети							
20	ЛЗ	Представление о молекулярных сетях и методах анализа их топологии: ненаправленные сети	2	Д	1	1	1
Тема 21. Представление о молекулярных сетях и методах анализа их топологии: направленные сети							
21	ЛЗ	Представление о молекулярных сетях и методах анализа их топологии: направленные сети	2	Д	1	1	1
22	К	Коллоквиум	4	Р	1	1	1
		Всего в семестре	72		22	22	20
		Всего по дисциплине (модулю)	72		22	22	20

(* , ** , *** смотри условные обозначения)

Условные обозначения

Виды учебных занятий*

Виды учебных занятий	Сокращённое наименование	
Лекционное занятие	Лекция	ЛЗ
Специализированное занятие	Специализированное	СЗ
Коллоквиум	Коллоквиум	К

Виды текущего контроля успеваемости (ВТК)**

Виды текущего контроля успеваемости (ВТК) **	Сокращённое наименование		Содержание
Текущий дисциплинирующий контроль	Дисциплинирующий	Д	Контроль посещаемости занятий обучающимся
Текущий тематический контроль	Тематический	Т	Оценка усвоения обучающимся знаний, умений и опыта практической деятельности по теме занятия
Текущий рубежный контроль	Рубежный	Р	Оценка усвоения обучающимся знаний, умений и опыта практической деятельности по теме (разделу, модулю) дисциплины

Формы проведения текущего контроля успеваемости обучающихся ***

№	Формы проведения текущего контроля успеваемости обучающихся (ФПТКУ) ***	Техническое и сокращённое наименование		Возможность проведения текущего контроля успеваемости по видам контроля		
				Д	Т	Р
1	Контроль присутствия	Присутствие	КП	+		
2	Опрос комбинированный	Опрос комбинированный	ОК			+
3	Решение практической (ситуационной) задачи	Практическая задача	РЗ		+	

Типы контроля (ТК)

Типы контроля	Сокращенное наименование
Контроль присутствия	КП
Опрос комбинированный	ОК
Решение практической (ситуационной) задачи	РЗ

5. Промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине (модулю)

Оценочные средства промежуточной аттестации

5.1. Формы проведения промежуточной аттестации

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации****	Форма организации промежуточной аттестации
1	2	3
9 семестр	Зачет	Контроль присутствия, Опрос комбинированный

Условные обозначения ****

Формы проведения промежуточной аттестации	Сокращённое наименование	
Зачет	Зачет	З
Защита курсовой работы	Защита курсовой работы	ЗКР
Экзамен	Экзамен	Э

5.2 Критерии выставления оценок

Критерии выставления оценок при прохождении промежуточной аттестации в форме зачета

9 семестр

Шкала оценивания /Оценка	Критерии выставления оценок
-----------------------------	-----------------------------

«зачтено»	Соблюдение двух условий: 1) Студент умеет применять полученные знания при решении практических (ситуационных) задач, но допускает незначительные ошибки; 2) При устном ответе студент демонстрирует освоение материала не ниже следующих требований: - частично выполнил задания, предусмотренные билетом; - демонстрирует усвоение программного материала (в ходе ответа в основных чертах раскрывает сущность понятий, явлений, принципов, законов, закономерностей, теорий), но испытывает затруднения при его самостоятельном воспроизведении, требует дополнительных и уточняющих вопросов преподавателя; - дает не полный, недостаточно аргументированный ответ; - делает правильные обобщения и выводы по отдельным вопросам; - допускает ошибки при воспроизведении знаний; - на дополнительные ответы по программному материалу отвечает с трудом; Допускаются ошибки и неточности в содержании ответа, которые исправляются обучающимся с помощью наводящих вопросов преподавателя.
«не зачтено»	Соблюдение хотя бы одного из условий: 1) Студент: - не умеет применять теоретические знания при решении практических (ситуационных) задач; или: - отказывается от ответа; или: - во время подготовки к ответу и самого ответа использует несанкционированные источники информации и/или технические средства. 2) Студент: - не выполнил задания, предусмотренные билетом; - демонстрирует разрозненные знания программного материала (в ходе ответа фрагментарно и нелогично излагает сущность понятий, явлений, принципов, законов, закономерностей, теорий), не использует или слабо использует научную терминологию); - допускает существенные ошибки и не корректирует ответ после дополнительных и уточняющих вопросов преподавателя; - не делает обобщения и выводы; - не отвечает на дополнительные вопросы; - не умеет применять теоретические знания при решении практических (ситуационных) задач; или: - отказывается от ответа; или: - во время подготовки к ответу и самого ответа использует несанкционированные источники информации и/или технические средства.

6. Структура рейтинга по дисциплине (модулю)

6.1. Обучающийся имеет право пройти промежуточную аттестацию по дисциплине (модулю) или её части на основании рейтинга успеваемости обучающегося и результатов прохождения текущего рубежного контроля по дисциплине (модулю) в соответствующем семестре.

6.2. Критерии, показатели проведения текущего контроля успеваемости с использованием балльно-рейтинговой системы (по семестрам и формам промежуточной аттестации)

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.

9 семестр

Виды занятий		Формы проведения текущего контроля успеваемости		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 комбинированный	ОК	1	701	В	Р	701	467	234
Сумма баллов по дисциплине за семестр					1013					

Критерии выставления оценок при прохождении промежуточной аттестации в форме зачета (на основании рейтинга успеваемости обучающегося и результатов прохождения текущего рубежного контроля по дисциплине (модулю) или её части в семестре)

9 семестр

Шкала оценивания /Оценка	Критерии выставления оценки
«зачтено»	Рейтинговый балл — не менее 60 % (не менее 600 баллов) и Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре

«не зачтено»	Рейтинговый балл — менее 60 % (менее 600 баллов) и/или Получение оценки ниже «удовлетворительно» за прохождение хотя бы одного текущего рубежного контроля в семестре или не прохождение рубежного контроля
---------------------	--

7. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

9 семестр

Перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации в форме зачёта

1. Понятие об ОМИКС данных, их видах. Примеры ресурсов и баз данных.
2. Понятие о сигнальных и метаболических путях. Генная онтология. Примеры баз данных.
3. Понятие об «анализе обогащения». Примеры общедоступных инструментов.
4. Понятие о молекулярных сетях. Теория графов.
5. Сети белок-белковых взаимодействий. Взаимодействия между разными видами РНК. Тканеспецифичность молекулярных взаимодействий. Основные базы данных.
6. Основные свойства молекулярных сетей. Понятия «степень вершины», «хаб», «кратчайший путь», «связность» и «центральность».
7. Основные свойства молекулярных сетей. Понятие о модулях в сети и их связи друг с другом.
8. Предсказание генов (белков), связанных с заболеваниями, на основе анализа молекулярных сетей.
9. Методы анализа сигнальных (направленных) сетей. Понятие о «мастер-регуляторах».
10. Анализ взвешенных сетей ко-экспрессии генов. Основные понятия и этапы анализа.
11. Булевы сети. Основные этапы анализа. Понятие об аттракторах.
12. Сети Петри. Основные понятия.
13. Анализ баланса потоков. Основные этапы анализа.

8. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины (модуля)

Методические указания для подготовки к занятиям лекционного типа

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

Методические указания для подготовки к занятиям семинарского типа

внимательно изучить теоретический материал по конспекту лекции, учебникам, учебным пособиям, а также электронным образовательным ресурсам;
подготовиться к выступлению на заданную тему, если данное задание предусмотрено по дисциплине;
выполнить письменную работу, если данное задание предусмотрено по дисциплине;
подготовить доклад, презентацию или реферат, если данное задание предусмотрено по дисциплине

9. Учебно-методическое, информационное и материально-техническое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень литературы по дисциплине:

№ п /п	Наименование, автор, год и место издания	Рекомендуется при изучении разделов дисциплины	Количество экземпляров в библиотеке	Электронный адрес ресурса
1	2	3	4	5
1	Введение в биоинформатику: [учебник для вузов], Леск А. М., 2024 - 2025	Анализ молекулярных сетей	28	

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

1. <http://eor.edu.ru> – портал электронных образовательных ресурсов
2. Научная электронная библиотека <https://www.elibrary.ru/>
3. www.studmedlib.ru – сайт электронной библиотеки студента «Консультант студента»
4. <http://mon.gov.ru> – сайт Минобрнауки РФ
5. <http://www.edu.ru/> – библиотека федерального портала «Российское образование» (содержит каталог ссылок на интернет-ресурсы, электронные библиотеки по различным вопросам образования)
6. <http://www.prilib.ru> – сайт Президентской библиотеки
7. Национальная электронная библиотека Портал СИГЛА <https://rusneb.ru/>
8. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
9. <https://www.kegg.jp/>
10. OMIM
11. Научная электронная библиотека PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
12. Reactome – регуляторные и сигнальные пути <http://www.reactome.org/>

9.3. 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. R Studio
4. Автоматизированная образовательная среда университета

5. Балльно-рейтинговая система контроля качества освоения образовательной программы в автоматизированной образовательной системе университета.
6. MS Office (Excel)
7. Microsoft Office (Word)
8. MS Office (Power Point)
9. Adobe Acrobat

9.4. 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, оборудованная мультимедийными и иными средствами обучения	Столы , Стулья , Компьютер персональный , Возможность подключения к сети «Интернет» и обеспечения доступа в электронную информационно-образовательную среду , Проектор мультимедийный , Компьютеры для обучающихся
2	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
3	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.

