

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
биологической и медицинской  
физики**

**Д.В. Кузьмин**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Введение в метагеномику
<b>по направлению:</b>	Биология
<b>профиль подготовки:</b>	Биология и биоинформатика Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики кафедра биоинформатики и системной биологии
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: В.Н. Даниленко, д-р биол. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры биоинформатики и системной биологии 11.05.2021

## Аннотация

Цель дисциплины дать студентам наиболее важные представления о метагеноме человека, его изменении в норме и патологии и о современных методах исследования, применяемых в этой области для изучения разнообразия микроорганизмов. У студентов сформируются базовых знаний о закономерностях взаимосвязи между структурой и функцией микробного сообщества, их взаимосвязи с человеком и влиянии на иммунную, нервную и другие системы человека. Студенты освоюют методы исследования разнообразия микроорганизмов человека.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- дать студентам наиболее важные представления о метагеноме человека, его изменении в норме и патологии и о современных методах исследования, применяемых в этой области для изучения разнообразия микроорганизмов.

#### Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний о закономерностях взаимосвязи между структурой и функцией микробного сообщества, их взаимосвязи с человеком и влиянии на иммунную, нервную и другие системы человека;
- практическое освоение студентами методов исследования разнообразия микроорганизмов человека;
- формирование у студентов основных экспериментальных навыков и приобретение ими практического опыта, необходимого для проведения самостоятельных научных исследований в области изучения разнообразия микроорганизмов.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения
	ОПК-3.2 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной, технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
	ОПК-3.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
	ОПК-3.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен использовать специализированные знания фундаментальных разделов математики, физики, химии и биологии для постановки и решения научно-исследовательских задач в области биоинженерии и биоинформатики

новые научные результаты	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях
	ПК-2.3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- разнообразие микроорганизмов человека;
- роль микробиоты (микробиома) человека в норме и патологии;
- биомаркеры для диагностики и метагеномного анализа;
- методы исследования микробиоты (микробиома) человека;
- достижения и перспективы исследования микробиоты (микробиома) человека;
- методы работы с микроорганизмами.

уметь:

- пользоваться Интернет и справочной литературой по биологии научного и прикладного характера для быстрого поиска необходимых данных и понятий;
- сравнивать между собой строение, свойства, функции биологических объектов;
- применять основные методы исследования микробиоты (микробиома) человека в научных исследованиях;
- применять основные методы работы с микроорганизмами при работе в лаборатории.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- культурой постановки и моделирования биологических задач изучения разнообразия микроорганизмов человека .

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Микробиота (микробиом) человека		2		1
2	Микробиота как новый орган; функции в норме и при патологии		4		2
3	Пробиотики — применение, механизмы действия, перспективы использования		4		2
4	Постгеномные технологии (-омики), используемые при изучении микробиоты (микробиома) человека		4		2

5	Функциональные биомаркеры (гены) для диагностики и метагеномного анализа		4		2
6	Биомишени и механизмы действия систем токсин-антитоксин II типа		4		2
7	Сравнительная геномика бактерий микробиоты кишечника человека		4		2
8	Достижения и перспективы исследования микробиоты (микробиома) человека		4		2
Итого часов			30		15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

##### Семестр: 2 (Весенний)

##### 1. Микробиота (микробиом) человека

Разнообразие бактерий в желудочно-кишечном тракте человека. Открытие нескольких энтеротипов кишечника человека. Создание основы для диагностики различных заболеваний с использованием параметров микробиома. Формирование крупных национальных и международных проектов. Возможность использования знаний для нового направления персонализированной медицины.

##### 2. Микробиота как новый орган; функции в норме и при патологии

Микробиота человека и его здоровье. Микробиота — часть метагенома человека. Кишечная микробиота при развитии и болезни.

##### 3. Пробиотики — применение, механизмы действия, перспективы использования

Основа метаболического взаимодействия между хозяином и его кишечной микробиотой. Пробиотические микроорганизмы – ключевой основной компонент микробиоты человека.

##### 4. Постгеномные технологии (-омики), используемые при изучении микробиоты (микробиома) человека

Сравнительная функциональная геномика. Метагеномика. Транскриптомика. Протеомика. Метаболомика.

##### 5. Функциональные биомаркеры (гены) для диагностики и метагеномного анализа

Классификация систем токсин-антитоксин бактерий. Системы токсин-антитоксин II типа у бактерий микробиома человека.

##### 6. Биомишени и механизмы действия систем токсин-антитоксин II типа

Систем токсин-антитоксин MazE-MazF. Систем токсин-антитоксин RelB-RelE.

##### 7. Сравнительная геномика бактерий микробиоты кишечника человека

Сравнительная геномика бифидобактерий. Сравнительная геномика лактобацилл. Сравнительная геномика бактерий других филоотипов микробиома кишечника человека.

## 8. Достижения и перспективы исследования микробиоты (микробиома) человека

Разработка компьютерных программ для метагеномного анализа существующих баз данных микробиома человека. Создание основ для персонализированной медицины в области диагностики и лечения заболеваний, определяемых нарушениями микробиоты человека.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

## 6.Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Гены [Текст] = Genes IX : [учебник для вузов] / Б. Льюин ; пер. с 9-го англ. изд. И. А. Кофиади [и др.] ; под ред. Д. В. Ребрикова .— М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2012 .— 896 с.

Базовая кафедра предоставляет литературу

1. Э. МакКонки "Геном человека". М. Техносфера, 2011

### Дополнительная литература

Базовая кафедра предоставляет литературу

1. S.Schloissnig, M.Arumugam, S.Sunagawa, M.Mitreva, J.Tap, A.Zhu, A.Waller, D.Mende, J.Kultima, J.Martin, K.Kota, S.Sunyaev, G.Weinstock, P.Bork. 2013. Genomic variation landscape of the human gut microbiome. *Nature*. V.493. №7430. P.45–50.
2. S.Bengmark. 2012 Gut microbiota, immune development and function. *Pharmacol Res*. pii: S1043-6618(12)00166-1.
3. J.Nicholson, E.Holmes, J., R.Burcelin, G.Gibson, W.Jia, S.Pettersson. 2012 Host-gut microbiota metabolic interactions. *Science*. V.336. N6086. P.1262–7.
4. H.Flint, K.Scott, P.Louis, S.Duncan. 2012 The role of the gut microbiota in nutrition and health. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol*. V.10. N5. P.577–89.
5. J.Kelsen, G.Wu. 2012. The gut microbiota, environment and diseases of modern society. *Gut Microbes*. V.3. N4. P.374–82.
6. H.Tilg, A.Kaser. 2011 Gut microbiome, obesity, and metabolic dysfunction. *J.Clin Invest*. V.121. N6. P.2126–32.
7. C.Thum, A.Cookson, D.Otter, W.McNabb, A.Hodgkinson, J.Dyer, N.Roy. 2012. Can Nutritional Modulation of Maternal Intestinal Microbiota Influence the Development of the Infant Gastrointestinal Tract. *J.Nutr*. V.142. N11. P.1921–1928.
8. Y.Yamaguchi, J.Park, M.Inouye. 2011. Toxin-antitoxin systems in bacteria and archaea. *Annu Rev Genet*. V.45. P.61–79.
9. V.Danilenko, O.Averina, M.Alekseeva, K.Klimina, E.Poluektova. 2012. The Toxin-Antitoxin System Gene Polymorphism As a Marker for Species and Strain Identification of the Probiotic Component of Human Microbiome. Abstracts of International Human Microbiome Congress. Paris. P.19–21.
10. Structure, function and diversity of the healthy human microbiome. 2012. *Nature*. V.486. P.207–214.
11. M.Arumugam, J.Raes, E.Pelletier, D.LePaslier. 2011. Enterotypes of the human gut microbiome. *Nature*. V.473. N7346. P.174–180.
12. X.Morgan, N.Segata, C.Huttenhower. 2013. Biodiversity and functional genomics in the human microbiome. *Trends in Genetics*. V.29. N1. P.51–58.
13. N.Segata, L.Waldrón, A.Ballarini, V.Narasimhan, O.Jousson, C.Huttenhower. 2012. Metagenomic microbial community profiling using unique clade-specific marker genes. *Nat.Methods*. V.9. N8. P.811–814.
14. S.Schloissnig, M.Arumugam, S.Sunagawa, M.Mitreva, J.Tap, A.Zhu, A.Waller, D.Mende, J.Kultima, J.Martin, K.Kota, S.Sunyaev, G.Weinstock, P.Bork. 2013. Genomic variation landscape of the human gut microbiome. *Nature*. V.493. N7430. P.45
15. C.Palmer, E.Bik, D.Digiulio, D.Relman, P.Brown. 2007. Development of the Human Infant Intestinal Microbiota. *PLoS Biol* 5:e177.
16. F.Turroni, A.Ribbera, E.Foroni, Douwe van Sinderen, M.Ventura. 2008. Human gut micribiota and bifidobacteria: from composition to functionality. *Antonie van Leeuwenhoek*. V.94. P.35–50.
17. M.Ventura, S.O’Flaherty, M.Claesson, F.Turroni, T.Klaenhammer, D.van Sinderen, and P.O’Toole. 2009. Genome-scale analyses of health-promoting bacteria: probiogenomics. *Nat.Rev.Microbiol*. V.7. P.61–71.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Научно-библиографические и патентные базы данных в области физико-химической биологии, доступные по сети Интернет в бесплатном режиме - Science Citation Index (Web of Science), Medline (PubMed), Научная электронная библиотека (НЭБ), Российская патентная БД ФГУ ФИПС и американская патентная БД USPAFULL; электронные адреса крупных научных издательств, предоставляющих доступ к полным текстам текущих и архивным выпускам этих журналов.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных, доступ к фондам библиотеки.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed> — база данных статей

Для части занятий потребуется Zoom. Google Drive для доступа к материалам курса.  
Приветствуется наличие во время занятий смартфонов/ноутбуков для участия в интерактивных упражнениях.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**по направлению:** Биология  
**профиль подготовки:** Биология и биоинформатика  
Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики  
кафедра биоинформатики и системной биологии  
**курс:** 1  
**квалификация:** магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** В.Н. Даниленко, д-р биол. наук, профессор



## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения
	ОПК-3.2 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной, технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
	ОПК-3.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
	ОПК-3.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен использовать специализированные знания фундаментальных разделов математики, физики, химии и биологии для постановки и решения научно-исследовательских задач в области биоинженерии и биоинформатики
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях
	ПК-2.3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Введение в метагеномику» обучающийся должен:

### знать:

- разнообразие микроорганизмов человека;
- роль микробиоты (микробиома) человека в норме и патологии;
- биомаркеры для диагностики и метагеномного анализа;
- методы исследования микробиоты (микробиома) человека;
- достижения и перспективы исследования микробиоты (микробиома) человека;
- методы работы с микроорганизмами.

### уметь:

- пользоваться Интернет и справочной литературой по биологии научного и прикладного характера для быстрого поиска необходимых данных и понятий;
- сравнивать между собой строение, свойства, функции биологических объектов;
- применять основные методы исследования микробиоты (микробиома) человека в научных исследованиях;
- применять основные методы работы с микроорганизмами при работе в лаборатории.

**владеть:**

- навыками освоения большого объёма информации;
- культурой постановки и моделирования биологических задач изучения разнообразия микроорганизмов человека .

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

Во время текущего контроля студент должен уметь ответить на следующие вопросы:

1. Роль микробиоты человека в поддержании гомеостаза организма. Связь с заболеваниями.
2. Разнообразие микробиоты человека .
3. Современные методы анализа разнообразия микробиома.
4. Метатранскриптомика, метапротеомика и метаболомика.
5. Функциональная метагеномика. Новые гены, микробные пути, исследования антибиотикорезистентности.
6. Классификация систем токсин-антитоксин бактерий, биомишени и механизмы действия.
7. Пробиотики — применение, механизмы действия, перспективы использования.
8. Функциональные биомаркеры (гены) для диагностики и метагеномного анализа.
9. Бактериальная трансплантация.

Во время занятий могут проходить интерактивные обсуждения в чатах курса, что будет являться домашним заданием. Успешное выполнение всех заданий по курсу и выполнение контрольных срезов знаний дает преимущество на дифференцированном зачете.

### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

1. Разнообразие бактерий в желудочно-кишечном тракте человека.
2. Открытие нескольких энтеротипов кишечника человека.
3. Кишечная микробиота при развитии и болезни.
4. Основа метаболического взаимодействия между хозяином и его кишечной микробиотой.
5. Пробиотические микроорганизмы – ключевой основной компонент микробиоты человека.
6. Классификация систем токсин-антитоксин бактерий, биомишени и механизмы действия.
7. Пробиотики — применение, механизмы действия, перспективы использования.
8. Функциональные биомаркеры (гены) для диагностики и метагеномного анализа.
9. Бактериальная трансплантация.
10. Классификация систем токсин-антитоксин бактерий.
11. Системы токсин-антитоксин II типа у бактерий микробиома человека
12. Систем токсин-антитоксин MazE-MazF.
13. Систем токсин-антитоксин RelB-RelE.

Примеры билетов для дифференцированного зачета:

Билет №1

Пробиотики — применение, механизмы действия, перспективы использования.

Билет №2

Метатранскриптомика, метапротеомика и метаболомика.

Билет №3

Функциональные биомаркеры (гены) для диагностики и метагеномного анализа.

Билет №4

#### Критерии оценивания

Оценка отлично (10 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7 баллов) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6 баллов) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5 баллов) - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4 балла) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3 балла) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2 балла) - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1 балл) - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

#### **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.