

# БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе  
и образовательным инновациям

О.Н. Здрок

2020 г.

Регистрационный № УД-9095/уч.

## Функциональная геномика

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:

1-31 01 01 Биология (по направлениям)

### направления специальности

1-31 01 01-01 Биология (научно-производственная деятельность)

1-31 01 01-02 Биология (научно-педагогическая деятельность)

### специализации

1-31 01 01-01 07 Генетика

1-31 01 01-02 07 Генетика

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 01 01-2013 и учебных планов УВО № G 31-132/уч., № G 31-133/уч. от 30.05.2013 г.

**СОСТАВИТЕЛИ:**

А.В. Лагодич, доцент кафедры генетики Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук;

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

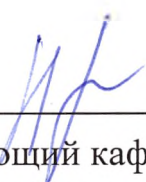
Н.В. Кухарчик, зав. отделом биотехнологии Республиканского унитарного предприятия «Институт плодоводства», доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

А.Л. Лагоненко, доцент кафедры молекулярной биологии Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой генетики  
(протокол № 21 от 16.06.2020 г);

Научно-методическим Советом БГУ  
(протокол № 5 от 17.06.2020)

  
\_\_\_\_\_  
Заведующий кафедрой  
д.б.н., профессор

Н.П. Максимова

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Цели и задачи учебной дисциплины

Учебная дисциплина «Функциональная геномика» представляет собой межпредметную дисциплину, которая дает основы информационного знания специалисту-биологу при работе с базами данных биологической направленности при решении различного рода задач, как теоретической, так и сугубо практической направленности (как в медицинской практике, филогенетике, так и в области биотехнологии (генная инженерия, генотерапия, клонирование и т.д.), возникающие в связи с новейшими достижениями в области молекулярной генетики, биомедицинской науки и практики.

**Цель** учебной дисциплины – сформировать у студентов целостную систему знаний о реализации генетической информации в биологических системах, изучение и освоение разных подходов и методов ее анализа, выявление факторов, влияющих на реализацию наследственной информации, а также демонстрация возможностей использования полученных знаний в экспериментах *in silico*.

### Задачи учебной дисциплины:

- ознакомление с существующими методическими приемами и подходами, используемыми при работе с базами данных биологической направленности;
- освоение умения прогнозирования основных физико-химических и биологических свойств анализируемых нуклеотидных последовательностей детерминированных ими продуктов, а также предсказание их потенциальных функций.

**Место учебной дисциплины** в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к циклу дисциплин специализации компонента учреждения высшего образования.

Программа составлена с учетом **межпредметных связей** и программ по учебным дисциплинам «Биохимия», «Генетика», «Молекулярная генетика», «Молекулярная биология гена».

### Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Функциональная геномика» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

#### *академические* компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

- АК-3. Владеть исследовательскими навыками.  
АК-4. Уметь работать самостоятельно.  
АК-5. Быть способным вырабатывать новые идеи (обладать креативностью).  
АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.  
АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.  
АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

**социально-личностные компетенции:**

- СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.  
СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.  
СЛК-4. Владеть навыками здоровьесбережения.  
СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.  
СЛК-6. Уметь работать в команде.

**профессиональные компетенции:**

- ПК-1. Квалифицированно проводить научные исследования в области биохимии и молекулярной биологии, проводить анализ результатов экспериментальных исследований, формулировать из полученных результатов корректные выводы.  
ПК-7. Осуществлять поиск и анализ данных по изучаемой проблеме в научно-технических и других информационных источниках.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

**знать:**

- химические основы наследственной информации, включая химическое строение и свойства нуклеиновых кислот, основные пути и механизмы реализации генетической информации;
- основные методы исследования, используемые для всестороннего изучения структуры и функции генетических детерминант, определяющих фенотипические признаки живых организмов;
- клеточные, хромосомные, генные и молекулярные механизмы наследственности; механизмы изменчивости генетического материала;
- новейшие достижения в области биохимии, физики, молекулярной генетики, селекции, биотехнологии и перспективы их использования для анализа.

**уметь:**

- использовать знания геномики для объяснения важнейших физиологических процессов, протекающих в живых организмах, как в норме, так и при возникновении патологии;
- использовать комплексный подход, основанный на достижениях генетики, эволюции и биоинформатики, в изучении генетических детерминант и контролируемых ими признаков;
- использовать достижения геномики в решении задач селекции, медицины, экологии и биотехнологии, а также применять полученные знания в дальнейшей практической деятельности.

**владеть:**

- навыками работы в интегрированных и специализированных базах данных;
- методологией для определения структуры, свойств и функции различных генетических элементов и (или) их продуктов.

**Структура учебной дисциплины**

Дисциплина изучается в 5 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Функциональная геномика» отведено:

- для очной формы получения высшего образования – 68 часов, в том числе 36 аудиторных часов, из них: лекции – 22 часов, лабораторные занятия – 12 часов, управляемая самостоятельная работа – 2 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 1,5 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – зачет.

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ

### Тема 1.1. Предмет и задачи Функциональной геномики

Геномика, её цели и задачи, место среди других биологических наук. Становление геномики как самостоятельного раздела молекулярной генетики. Основные задачи геномики. Предпосылки, возникновение и развитие функциональной геномики.

## Раздел 2. СТРУКТУРНАЯ (ОПИСАТЕЛЬНАЯ) ГЕНОМИКА

### Тема 2.1. Секвенирование полных геномов и анализ структуры генома

Методы микро- и макросеквенирования, особенности и принципы их использования. Компьютерные программы используемые для анализа секвенированных последовательностей.

### Тема 2.2. Основные структурные и функциональные элементы носителей генетического материала

Структура нуклеиновых кислот (ДНК и РНК). Компактизация молекул ДНК. Хроматин. Полиморфизм двойной спирали ДНК. Общий план строения и виды РНК. Общая характеристика процесса репликации. Эпигенетические факторы подавления и активации транскрипции. Созревание РНК: процессинг и сплайсинг. Регуляторные последовательности в ДНК у эукариот (тата-боксы, энхансеры, сайленсоры, адапторные элементы). Альтернативный сплайсинг, редактирование ДНК. Структура гена. Основные отличия структурной организации генетического материала про- и эукариот.

### Тема 2.3. Молекулярные базы данных и аннотирование геномных последовательностей

Оглавление базы данных и терминология поисковых систем. Использование логических комбинаций и индексных терминов. Работа с контролируемыми словарями. Типы баз данных (последовательностей нуклеиновых кислот, последовательностей генов, аминокислотных последовательностей белков, структуры белков и нуклеиновых кислот, кристаллические структуры малых молекул, функции белков, данные по экспрессии генов и др.). Примеры работы с базами данных.

## Раздел 3. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ГЕНОМИКА И БИОИНФОРМАТИКА



### **Тема 3.1. Организация генома и эволюция**

Геномика вирусов и фагов, характеристика вирусных геномов, вирусоподобные инфекционные агенты (сателлиты, вириды, прионы). Структурная геномика прокариот, характеристика геномов. Молекулярно-филогенетическая систематика и классическая мегасистематика высших таксонов. Домен архибактерий, эубактерий и эукариот. Скорость молекулярной эволюции. Концепция молекулярных эволюционных часов, основные положения. Правила молекулярной эволюции. Горизонтальный перенос генов как информационный фактор эволюции. Типы горизонтального переноса. Понятие мобильных генетических элементов. Информационное давление и информационный фактор эволюции. Роль горизонтального переноса генов в видообразовании (основные пути переноса).

### **Тема 3.2. Архивы и извлечение информации. Биоинформатика**

Биоинформатика как раздел теории информации о создании банков данных, разработке удобного компьютерного интерфейса, а также программно-математических методов для анализа последовательностей и пространственных структур. Основные разделы биоинформатики (компьютерная геномика, метаболомика). Поиск гомологии и выравнивания генетических текстов, множественное выравнивание. Статистический анализ генетических текстов. Предсказание кодирующих участков генов и ORF. Предсказание функциональных сигналов (сайтов, районов). Анализ вторичной структуры РНК и сигналов трансляции. Анализ аминокислотных последовательностей. Предсказание структуры и функций белка (функциональных сайтов и доменов глобулярных белков).

### **Тема 3.3. Выравнивание последовательностей и построение филогенетических деревьев**

Основные цели сравнения (выравнивания последовательностей). Точечные матрицы сходства. Мера сходства последовательностей. Расчет выравнивания и определение значимости. Множественное выравнивание последовательностей и структур. Программа для поиска множественного выравнивания последовательностей по базам данных. Филогенетические деревья (методы кластеризации и кладистические методы). Проблема переменной скорости эволюции.

### **Тема 3.4. Структура белка**

Основные законы термодинамики. Сворачивание белков (фолдинг), гидрофобный эффект. Стабильность и денатурация. Эволюция белковых структур. Классификация белковых структур.

### **Тема 3.5. Совмещение структур и структурные выравнивания**

Базы данных. Предсказание и моделирование белковых структур (предсказание вторичной структуры, моделирование по гомологии,

распознавание способа укладки, предсказание новых фолдов). Проведение сайт-специфического мутагенеза посредством ПЦР. Проведение амплификации заданных последовательностей ДНК.

### **Тема 3.6. Предсказание функции белка.**

Дивергенция функции: ортологи и паралоги. Открытие и разработка лекарств. Основные критерии предъявляемые к лекарственным средствам. Понятие лидерного соединения.



## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования с применением дистанционных образовательных технологий

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1</b>	<b>Введение</b>	<b>2</b>						
1.1	Предмет и задачи функциональной геномики							
<b>2</b>	<b>Структурная (описательная) геномика</b>	<b>6</b>			<b>4</b>			
2.1	Секвенирование полных геномов и анализ структуры генома.	2						
2.2	Основные структурные и функциональные элементы носителей генетического материала.	2			2			Отчет о выполнении лабораторной работы на образовательном портале LMS Moodle
2.3	Молекулярные базы данных и аннотирование геномных последовательностей.	2			2			Отчет о выполнении лабораторной работы на образовательном портале LMS Moodle
<b>3</b>	<b>Функциональная геномика и биоинформатика</b>	<b>14</b>			<b>8</b>		<b>2</b>	
3.1	Организация генома и эволюция.	2						

3.2	Архивы и извлечение информации. Биоинформатика.	2			2			Отчет о выполнении лабораторной работы на образовательном портале LMS Moodle
3.3	Выравнивание последовательностей и построение филогенетических деревьев.	4			2			Отчет о выполнении лабораторной работы на образовательном портале LMS Moodle
3.4	Структура белка.	2			2			Отчет о выполнении лабораторной работы на образовательном портале LMS Moodle
3.5	Совмещение структур и структурные выравнивания.	2			2		2	Защита индивидуальных заданий на образовательном портале LMS Moodle
3.6	Предсказание функции белка.	2						

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Перечень основной литературы

1. *Попов В.В.* Геномика с молекулярно-генетическими основами. / В.В. Попов.- М.: Книжный дом “ЛИБРОКОМ”, 2009. – 304 с.
2. *Леск А.* Введение в биоинформатику. / А. Леск; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лабораторные знания, 2009. – 318 с.
3. *Смиряев А.В., Панкина Л.К.* Основы биоинформатики. / А.В. Смиряев, Л.К. Панкина.- уч. пособие. Издание 2-е исправленное - М.: ФГОУ ВПО РГАУ - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. - 120 с.
4. Srinivasa K. G., Siddesh G. M., S. R. Manisekhar. Statistical Modelling and Machine Learning Principles for Bioinformatics Techniques, Tools, and Applications . Springer Singapore. 2020 . –317 p.

### Перечень дополнительной литературы

1. *Глик Б., Пастернак Дж.* Молекулярная биология. Принципы и применение: Пер. с англ. / под ред. Н.К. Янковского. – М.: Мир. 2002. – 589 с.
2. *Боринская С.А., Янковский Н.К.* Структура прокариотических геномов./ С.А. Боринская, Н.К. Янковский// Молекулярная биология.- 1999. Т. 33. №6.
3. *Гельфанд М.С.* Компьютерный анализ последовательности ДНК. / М.С. Гельфанд // Молекулярная биология.- 1998. Т. 32. С.-103-120.
4. *Свердлов Е.Д.* Микрокосм генома./ Е.Д. Свердлов // Молекулярная биология.- 1999. Т. 33. №6.

### Интернет-ресурсы:

1. Проект по геному человека: [www.ornl.gov/hgmis/project/info.html](http://www.ornl.gov/hgmis/project/info.html)
2. Филогения и биологическая вариативность:  
[www.phylogeny.arizona.edu/tree](http://www.phylogeny.arizona.edu/tree)
3. Список банков данных: [www.ebi.ac.uk/biocat/](http://www.ebi.ac.uk/biocat/)
4. Список инструментов для анализа: [www.ebi.ac.uk/tools/index.html](http://www.ebi.ac.uk/tools/index.html),  
[www.uniprot.org](http://www.uniprot.org), [www.expasy.org](http://www.expasy.org), [www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov).

### Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для оценки профессиональных компетенций студентов рекомендуется использовать следующий диагностический инструментарий:

1. Задания (ДО), размещенные на образовательном портале БГУ LMS Moodle.

2. Защита индивидуальных заданий при выполнении лабораторных работ. При оценке данного задания будет учитываться полнота и оригинальность представления полученных результатов, аргументированность выводов и самостоятельность выполнения работы.

Формой текущей аттестации по учебной дисциплине «Функциональная геномика» учебным планом предусмотрен зачет.

При формировании итоговой оценки будет использована рейтинговая оценка знаний студента, которая предусматривает использование весовых коэффициентов для каждого вида деятельности и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад текущего контроля знаний и текущей аттестации в рейтинговую оценку:

1. Задание 1 - 50 %;
2. Задание 2 - 50 %;

Студент дневной формы обучения допускается к итоговой аттестации, если имеет оценку текущего контроля знаний не ниже «четыре», отработал все лабораторные занятия и сдал отчеты по всем занятиям. Лабораторные занятия, пропущенные без уважительной причины, не отрабатываются.

### **Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов**

Тема 3.5. Совмещение структур и структурные выравнивания. (2 ч.).

Задание 1. Структура, физико-химические свойства и функции белка (Форма контроля - индивидуальный проект на образовательном портале БГУ LMS Moodle).

### **Тематика лабораторных занятий**

1. Работа с базами данных. Анализ нуклеотидных последовательностей и их аннотации. Основные структурные и функциональные элементы носителей генетического материала

2. Работа с базами данных. Анализ нуклеотидных последовательностей и их аннотации. Молекулярные базы данных и аннотирование геномных последовательностей.

3. Работа с базами данных. Идентичность и гомологичность. Построение филогенетических деревьев. Структура белка.

4. Работа с базами данных. Поиск и извлечение информации. Определение биотехнологического потенциала фермента. Повышение термостабильности белка.

5. Работа с базами данных. Проведение сайт-специфического мутагенеза посредством ПЦР.

6. Работа с базами данных. Моделирование ферментативной активности белка. Анализ I-й и II-й структуры белков. Предсказание строения и функций белковой последовательности.

## **Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины**

При организации образовательного процесса будут использованы **эвристический и практико-ориентированный подходы.**

**Эвристический подход** предполагает:

- осуществление студентами лично-значимых открытий окружающего мира;
- демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем;
- творческую самореализацию обучающихся в процессе создания образовательных продуктов;
- индивидуализацию обучения через возможность самостоятельно ставить цели, осуществлять рефлексию собственной образовательной деятельности.

**Практико-ориентированный подход** предполагает:

- освоение содержания образования через решения практических задач;
- приобретение навыков эффективного выполнения разных видов профессиональной деятельности;
- ориентацию на генерирование идей, реализацию групповых студенческих проектов, развитие предпринимательской культуры;
- использованию процедур, способов оценивания, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

### **Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся**

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине «Функциональная геномика» рекомендуется использовать ЭУМК, включающий учебную программу, учебное пособие по данной дисциплине, методические указания к лабораторным занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания для самоконтроля, тематику рефератов, перечень вопросов для подготовки к итоговой аттестации и др.

Представленный теоретический и учебно-вспомогательный материал, а также задания для самоконтроля позволят создать учащимся индивидуальную учебную среду для их лично значимой реализации, определить соответствие учебной деятельности образовательным стандартам высшего образования и учебно-программной документации, обеспечить непрерывность и полноту процесса обучения. Эффективность самостоятельной работы студентов проверяется в ходе текущего и итогового контроля знаний. Текущий контроль самостоятельной работы студентов может быть осуществлен с использованием различных видов промежуточной аттестации, в том числе дистанционно.

Для оптимизации самостоятельной работы студентов рекомендуется использовать тестирование (ДО), что позволит оценить базовый уровень владения материалом данной дисциплины, а также подготовку тематических презентаций, что будет способствовать развитию творческих способностей, аналитическому мышлению и самостоятельности.

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе лекционных занятий путем привлечения проблемно-ситуативных приемов изложения материала.

### **Примерный перечень вопросов к зачету**

1. Основные задачи геномики. Предпосылки, возникновение и развитие функциональной геномики.
2. Анализ вторичной структуры РНК и сигналов трансляции.
3. Анализ аминокислотных последовательностей. Предсказание структуры и функций белка (функциональных сайтов и доменов глобулярных белков).
4. Геномика, её цели и задачи, место среди других биологических наук. Становление геномики как самостоятельного раздела молекулярной генетики.
5. Основные цели сравнения (выравнивания последовательностей). Точечные матрицы сходства.
6. Методы микро- и макросеквенирования, особенности и принципы их использования.
7. Компьютерные программы используемые для анализа секвенированных последовательностей.
8. Филогенетические деревья (методы кластеризации и кладистические методы). Проблема переменной скорости эволюции.
9. Структура нуклеиновых кислот (ДНК и РНК). Компактизация молекул ДНК. Полиморфизм двойной спирали ДНК. Общий план строения и виды РНК.
10. Сворачивание белков (фолдинг), гидрофобный эффект. Стабильность и денатурация.
11. Регуляторные последовательности в ДНК у эукариот (тата-боксы, энхансеры, сайленсоры, адапторные элементы).
12. Альтернативный сплайсинг, редактирование ДНК.
13. Дивергенция функции: ортологи и паралоги.
14. Структура гена. Основные отличия структурной организации генетического материала про- и эукариот.
15. Эпигенетические факторы подавления и активации транскрипции. Созревание РНК: процессинг и сплайсинг.
16. Оглавление базы данных и терминология поисковых систем. Использование логических комбинаций и индексных терминов. Работа с контролируемыми словарями.



17. Базы данных. Типы баз данных (последовательности нуклеиновых кислот, генов, данные по экспрессии генов и др.). Примеры работы с базами данных.
18. Типы баз данных (аминокислотные последовательности белков, структуры и функции белков, кристаллические структуры малых молекул и др.).
19. Предсказание и моделирование белковых структур (предсказание вторичной структуры, моделирование по гомологии, распознавание способа укладки, предсказание новых фолдов).
20. Эволюция белковых структур. Классификация белковых структур.
21. Геномика вирусов и фагов, характеристика вирусных геномов, вирусоподобные инфекционные агенты (сателлиты, вироиды, прионы).
22. Мера сходства последовательностей. Расчет выравнивания и определение значимости.
23. Структурная геномика прокариот, характеристика геномов. Молекулярно-филогенетическая систематика и классическая мегасистематика высших таксонов.
24. Анализ аминокислотных последовательностей. Предсказание структуры и функций белка (функциональных сайтов и доменов глобулярных белков).
25. Концепция молекулярных эволюционных часов, основные положения. Правила молекулярной эволюции.
26. Горизонтальный перенос генов как информационный фактор эволюции. Типы горизонтального переноса. Понятие мобильных генетических элементов.
27. Эпигенетические факторы подавления и активации транскрипции.
28. Информационное давление и информационный фактор эволюции. Роль горизонтального переноса генов в видообразовании (основные пути переноса).
29. Основные разделы биоинформатики (компьютерная геномика, метаболомика). Поиск гомологии и выравнивания генетических текстов.
30. Особенности попарного и множественного выравнивания.
31. Биоинформатика как раздел теории информации: цели и задачи.
32. Предсказание кодирующих участков генов и ORF. Предсказание функциональных сигналов (сайтов, районов).
33. Поиск гомологии и выравнивания генетических текстов, множественной выравнивание. Статистический анализ генетических текстов.
34. Домен архибактерий, эубактерий и эукариот. Скорость молекулярной эволюции.
35. Точечная матрица сходства: особенности создания и использования.
36. Понятие сигнатуры белка. Основные разновидности и их особенности.



## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Молекулярная биология гена	Генетики	Отсутствуют	Утвердить согласование (протокол № 21 от 16.06.2020 г.)
2. Молекулярная генетика	Генетики	Отсутствуют	Утвердить согласование (протокол № 21 от 16.06.2020 г.)
3. Генетика	Генетики	Отсутствуют	Утвердить согласование (протокол № 21 от 16.06.2020 г.)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО  
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
генетики (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 202\_ г.)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_