

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт белка  
Российской академии наук



*Направление подготовки 06.06.01 – Биологические науки*

Рабочая программа по дисциплине

## **«МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА»**

**Составитель курса:**

**доктор биологических наук**

**О. Н. Озолинь**

Пущино 2023

## **1. Цель изучения дисциплины**

Цель преподавания дисциплины "Молекулярная генетика" состоит в содействии формированию следующих компетенций:

***Общепрофессиональными компетенциями:***

- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1).

***Профессиональными компетенциями:***

- готовностью к организации и проведению на современном уровне научных исследований в профессиональной области (ПК-1);  
- способность выбирать наиболее перспективные направления исследования в области молекулярной биологии (ПК-5);

***Универсальными компетенциями:***

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);  
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач. (УК-3).

## **2. Основные задачи курса**

Курс "Молекулярная генетика" является составной частью образовательной программы аспирантуры по направлению подготовки 06.06.01 «Биологические науки». Курс рассчитан на аспирантов, специализирующихся в области молекулярной биологии, и научных сотрудников, начинающих работать в этой области.

Курс призван дать систематические знания об особенностях процессов сохранения, передачи и реализации генетической информации у про- и эукариотических организмов, механизмах этих процессов на молекулярном уровне. В задачи курса входит изучение строения и функционирования геномов прокариот, низших и высших эукариот, молекулярно-генетических механизмов репликации и транскрипции геномов. Курс знакомит также с молекулярно-генетическими механизмами канцерогенеза и генерирования разнообразия антител; мобильными элементами геномов про- и эукариот, с молекулярно-генетическими механизмами мутационного процесса у про- и эукариот.

Курс "Молекулярная генетика" непосредственно связан с рядом других курсов специализации по молекулярной биологии:

"Принципы структурной организации белков и нуклеиновых кислот";

"Методы генной инженерии и биотехнологии" и должен проводиться параллельно с ними.

## **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины "Молекулярная генетика" формируются следующие компетенции:

1. Общепрофессиональные компетенции ОПК-1:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

2. Универсальные компетенции УК-1, УК-3:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе и междисциплинарных областях;
- готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

### 3. Профессиональные компетенции ПК-1, ПК-5 :

- готовностью к организации и проведению на современном уровне научных исследований в профессиональной области;
- способность выбирать наиболее перспективные направления исследования в области молекулярной биологии.

В результате освоения дисциплины "Молекулярная генетика" аспирант должен:

#### Знать:

- современные актуальные направления и арсенал методов и подходов в избранной профессиональной области и смежных областях биологических наук;
- исчерпывающую характеристику объектов и методов по теме исследования;
- методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме при работе в российских и международных исследовательских коллективах.

#### Уметь:

- критически анализировать и оценивать основные концепции и синтезировать новые идеи в избранной профессиональной области и междисциплинарных направлениях;
- обсуждать полученные собственные результаты в профессиональной и междисциплинарной аудитории, в том числе международной;
- следовать нормам, принятым в научном общении при работе в российских и международных исследовательских коллективах с целью решения научных и научно-образовательных задач;
- осуществлять личностный выбор в процессе работы в российских и международных исследовательских коллективах, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом;
- критически анализировать и оценивать основные концепции и синтезировать новые идеи в избранной профессиональной области и междисциплинарных направлениях;
- обсуждать полученные собственные результаты в профессиональной и междисциплинарной аудитории, в том числе международной.

#### Владеть:

- навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- навыками анализа основных мировоззренческих и методологических проблем, в.т.ч. междисциплинарного характера, возникающих при работе по решению научных и научно-образовательных задач в российских или международных исследовательских коллективах;
- технологиями планирования в профессиональной деятельности в сфере научных исследований;
- технологиями планирования деятельности в рамках работы в российских и международных коллективах по решению научных и научно-образовательных задач
- системным пониманием актуальных проблем методологического арсенала биологических наук;

- системным пониманием перспектив развития и социального значения избранной профессиональной области.

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

Курс "Молекулярная генетика" непосредственно связан с рядом других курсов специализации по молекулярной биологии:

"Принципы структурной организации белков и нуклеиновых кислот";

"Методы генной инженерии и биотехнологии" и должен проводиться параллельно с ними.

#### **5. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость курса – 2 ЗЕТ, из них лекции – 36 часов.

### **ПРОГРАММА**

#### **Введение**

Молекулярные основы наследственности. Доказательство генетической роли нуклеиновых кислот. Основные структурные элементы ДНК и РНК. Первичная структура нуклеиновых кислот. Модель Уотсона-Крика. Альтернативные двусpirальные структуры ДНК. Влияние суперспирализации на структуру двойной спирали. Организация генома прокариот. Геном вирусов бактерий. Плазмиды. Молекулярные основы наследственности.

#### **Тема 1. Молекулярные механизмы репликации.**

Полуконсервативный механизм редупликации ДНК (опыт Мезельсона и Стала). Понятие репликона. Репликативная "вилка". Клеточный цикл, регуляция репликации хромосомы бактерий, инициация синтеза ДНК. "Расплетающие" белки. Структура и порядок образования праймосомы. Понятие реплисомы. Ферменты биосинтеза ДНК. ДНК-полимераза I (фермент Корнберга). Механизм биосинтеза ДНК. Роль матрицы, dNTP, образование комплементарного продукта. Фрагмент Кленова. Мутации в гене ДНК-полимеразы I. ДНК-полимеразы III в репликации. Фрагменты Оказаки. ДНК-лигазы. Точность редупликации ДНК и мутантные ДНК-полимеразы. Типы репликации (модели, предусматривающие образование  $\theta$ -формы и D-петли, модель "катящегося кольца"). Механизмы репликации плазмид. Группы несовместимости плазмид. Сегрегация хромосом. Особенности репликации ДНК у бактериофагов. Роль ДНК-полимеразы бактериофагов. Современные модели репликации.

#### **1. Тема 2. Пути обмена генетической информации у микроорганизмов.**

Пол и конъюгация у бактерий. Половой фактор. Организация *tra*-оперона. Стадии процесса конъюгации. Молекулярные механизмы трансдукции. Трансдуцирующие фаги.  
Трансформация. Особенности процесса у разного типа бактерий. Картирование хромосом бактерий с использованием систем конъюгации, трансдукции и трансформации. Методы молекулярно-генетического анализа.

### **Тема 3. Молекулярные механизмы возникновения мутаций.**

Классификация мутаций. Мутации, возникающие в процессе репликации ДНК.  
Индукционный мутагенез. . Механизм действия физических мутагенов (УФ, радиация).  
Химический мутагенез (алкилирующие агенты, азотистая кислота, акридиновые красители).  
Аналоги оснований. Мобильные элементы.

### **Тема 4. Механизмы репарации ДНК.**

Репарационные системы. Пострепликативная репарация. Репарация неспаренных оснований. Коррекция неспаренных оснований с участием продуктов генов *mutH*, *mutS* и *mutL*. Световая репарация. Репарация радиационных повреждений у *Deinococcus radiodurans*. Эксцизионная репарация. Ферменты, участвующие в репарации: N-гликозидазы, апуриновая эндонуклеаза, ферменты рекомбинационного комплекса, ДНК-полимераза I, ДНК-лигаза и пр. Механизм работы продуктов генов *uvr* (*UvrA,B,C,D*). ДНК-полимеразы, участвующие в репарационном процессе (ДНК-полимеразы IV и V). Молекулярный механизм их функционирования, связь с мутационным процессом. Тolerантная репарация. SOS - ответ. Гены-мутаторы.

### **Тема 5. Молекулярные механизмы рекомбинации.**

Типы генетической рекомбинации. Общая (гомологичная) рекомбинация. Разрыв и воссоединение нитей ДНК. Ассимиляция нитей. Образование гетеродуплексной области. Структуры Холлидея. Генная конверсия. Энзимология процесса рекомбинации. Роль нуклеазы RecB,C. Белок RecA и условия рекомбинации. Функция белков RuvA, B, C. Горячие точки рекомбинации. Схема Дж. Жостака (репарация двунитевого разрыва). Молекулярные механизмы процесса "homing" (возвращение домой). Сайт-специфическая рекомбинация (на модели интеграции хромосомы фага  $\lambda$ ). Гены, контролирующие интеграцию и эксцизию. Молекулярные механизмы процесса. Структура интасомы. Сайт-специфическая рекомбинация, приводящая к инверсиям участков хромосомы (на примерах инверсии фрагмента G фага Mu и фазовых вариациях у сальмонеллы). Биологическая роль инверсий. Механизм работы инвертаз.

## Тема 6. Нестабильность генома.

Мобильные генетические элементы микроорганизмов. IS-элементы и транспозоны бактерий. Инфекционные интроны в генах бактериофагов. Молекулярные механизмы транспозиции. Репликативная и нерепликативная транспозиция. Фаг Mu. Регуляция процесса транспозиции. Изменения генома микроорганизмов, вызываемые транспозируемыми элементами. Механизмы регуляции частоты транспозиции на примерах транспозонов *TnA* и *Tn10*. Горизонтальный перенос генов и его роль в эволюции прокариот.

## Тема 7. Системы рестрикции и модификации ДНК.

Роль систем рестрикции и модификации ДНК, индуцируемых клеткой-хозяином. Метилирование ДНК фагов и бактерий. Рестрикция неметилированной ДНК. Классификация систем рестрикции - модификации. Ферменты рестрикции и модификации. Генетические и биохимические данные об их структуре. Специфичность рестриктаз и метилаз. Механизм действия. Антирестриктазные механизмы бактериофагов. CRISPR-cas системы «иммунной» защиты бактерий.

## Тема 8. Транскрипция и биосинтез РНК.

Стадии транскрипции. Структура и функция бактериальной РНК-полимеразы. Сайты инициации транскрипции у бактерий. Структура промоторов. Механизмы узнавания промотора РНК-полимеразой. Системные переключения инициации транскрипции: синтез новых РНК-полимераз (на примере T7-подобных фагов) и использование альтернативных факторов (на примере спорообразования у *Bacillus subtilis*). Терминация транскрипции. Механизмы антирерминации. Пост-транскрипционные модификации РНК (сплайсинг, полиаденилирование и редактирование).

## Тема 9. Регуляция экспрессии генов на уровне транскрипции.

Классическая схема оперона по Жакобу и Моно. Индукция и репрессия синтеза ферментов на примере лактозного оперона. Катаболитная репрессия как пример позитивной регуляции транскрипции. Явление аттенуации (на модели триптофанового оперона). Организация регуляторной области арабинозного оперона. Принципы работы двухкомпонентных систем. “Строгий” контроль регуляции генной активности при аминокислотном голодании. Особенности регуляции транскрипции у бактериофагов. Регуляция транскрипции ДНК фага  $\lambda$ .

## Тема 10. Использование результатов молекулярно-генетических исследований.

Использования результатов молекулярно-генетических исследований в решении проблем геносистематики, экологии и биотехнологии микроорганизмов (включая задачи медицинской микробиологии).

### **Тема 11. Парадоксальное строение геномов высших эукариот.**

C-value парадокс – отсутствие корреляции между свойствами геномов и их таксономическим положением. Кинетика реассоциации эукариотных ДНК. Уникальные и повторяющиеся гены. Мультигенные семейства (МС). Строение МС глобиновых и гистоновых генов и генов рРНК. Механизмы экспрессии генов в МС. Механизмы, обеспечивающие гомогенность МС.

### **Тема 12. Строение хромосомы.**

Строение нуклеосом. Уровни организации хроматина. Неактивная ДНК конденсирована в гетерохроматине, активная – в эухроматине. . Метилирование ДНК. Нуклеосомы. Гистоновый код

### **Тема 13. Транскрипция эукариотной ДНК.**

Три типа ДНК-зависимых РНК-полимераз. Общие факторы транскрипции. Разнообразие регуляторных зон эукариотных генов. Промотры, энхансеры, сайленсеры. Регуляция генов за счет регуляторов транскрипции.

### **Тема 14. Мозаичное строение эукариотных генов и их экспрессия.**

Экзоны и интроны. Сплайсинг. Малые ядерные РНП-частицы обеспечивают сплайсинг. Сплайсинг рРНК и тРНК. Аутосплайсинг рРНК у простейших. Альтернативный сплайсинг. Многофункциональность инtronов. Интроны – как мобильные генетические элементы. Псевдогены. Механизмы их образования. Интеины и сплайсинг белков.

### **Тема 15. Механизмы РНК редактирования**

Типы РНК редактирования. Их функции. Медицинские аспекты РНК редактирования.

### **Тема 16. Молекулярно-генетические механизмы развития.**

Гомеотические мутации. Гены, морфогены и рецепторы морфогенов..Метилирование ДНК и наследование дифференцированного состояния. Строение гомеозисных генов. Молекулярные механизмы эмбриогенеза. НОХ гены.

### **Тема 17. Молекулярно-генетические механизмы онкогенеза.**

Клеточные культуры в изучении канцерогенеза. Белки, регулирующие пролиферацию и дифференцировку. Взаимодействие факторов роста с рецепторами имеет плейотропное действие на экспрессию многих генов. Генетические основы рака. Онкогенные вирусы. Онкогенные ретровирусы происходят из клеточных онкогенов. Типы онкогенов.

### **Тема 18. Мобильные генетические элементы эукариот.**

Классификация МГЭ. Обратная транскрипция – механизм транспозиции МГЭ.. Эволюционная роль МГЭ.

### Тема 19. Некодирующие РНК.

Их типы. Пост-транскрипционный сайленсинг. РНК интерференция. Некодирующие РНК как онкогены и супрессоры онкогенов. Механизмы инактивации X-хромосомы.

### Тема 20. Трансгенерационная эпигенетическая наследственность: молекулярные механизмы

Механизмы эпигенетического репрограммирования соматических и репродуктивных клеток.. Эксосомы. «Мобильные» РНК. Медицинские аспекты тренсгенерационного репрограммирования и наследования

## **6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Контроль успеваемости и качества подготовки обучающихся подразделяется на текущий контроль и промежуточную аттестацию.

Текущий контроль предназначен для проверки хода и качества усвоения учебного материала, стимулирования учебной работы обучающихся и совершенствования методики проведения занятий. Он проводится в ходе всех видов учебных занятий в форме, избранной преподавателем и/или предусмотренной рабочей программой дисциплины

### **Формы, уровни и критерии оценивания**

Форма оценивания	Уровни оценивания	Критерии оценивания
Практические работы	Не аттестован (Не удовлетворительно)	Аспирант имеет отдельные представления об изученном материале; не может полно и правильно ответить на поставленные вопросы, при ответах допускает грубые ошибки; практические работы не выполнены или выполнены с ошибками, влияющими на качество выполненной работы. Практически не посещает занятия.
	Низкий (Удовлетворительно)	Аспирант знает лишь основной материал; на заданные вопросы отвечает недостаточно четко и полно, что требует дополнительных и уточняющих вопросов преподавателя; практические, лабораторные и курсовые работы выполняет с ошибками, не отражающимися на качестве выполненной работы. Посещает занятия, но не системно.
	Средний (Хорошо)	Аспирант твердо знает учебный материал; отвечает без наводящих вопросов и не допускает при ответе серьезных ошибок; умеет применять полученные знания на практике; практические работы выполняет правильно, без ошибок. Посещает занятия, но не в полном объеме.

	Высокий (Отлично)	Аспирант глубоко изучил учебный материал; последовательно и исчерпывающе отвечает на поставленные вопросы; свободно применяет полученные знания на практике; практические работы (задания) выполняет правильно, без ошибок, в установленное нормативом время. Посещает занятия практически полностью.
Самостоятельная работа	Не аттестован (Не удовлетворительно)	Аспирант неполно изложил задание; при изложении были допущены существенные ошибки; результаты выполнения работы не удовлетворяют требованиям, установленным преподавателем к данному виду работы.
	Низкий (Удовлетворительно)	Аспирант неполно, но правильно изложил задание; при изложении была допущена 1 существенная ошибка; знает и понимает основные положения данной темы, но допускает неточности в формулировке понятий; излагает выполнение задания недостаточно логично и последовательно; затрудняется при ответах на вопросы преподавателя; материал оформлен неаккуратно или не в соответствии с требованиями.
	Средний (Хорошо)	Аспирант неполно, но правильно изложил задание; при изложении были допущены 1-2 несущественные ошибки, которые он исправляет после замечания преподавателя; дает правильные формулировки, точные определения, понятия терминов; может обосновать свой ответ, привести необходимые примеры; правильно отвечает на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие целью выяснить степень понимания аспирантом данного материала; материал оформлен недостаточно аккуратно и в соответствии с требованиями.
	Высокий (Отлично)	Аспирант обстоятельно, с достаточной полнотой излагает соответствующую тему; дает правильные формулировки, точные определения, понятия терминов; может обосновать свой ответ, привести необходимые примеры; правильно отвечает на дополнительные вопросы преподавателя, имеющие целью выяснить степень понимания аспирантом данного материала. Материал оформлен аккуратно в соответствии с требованиями.
Тестирование	Не аттестован (Не удовлетворительно)	Аспирант выполнил работу не полностью или объем выполненной части работы не позволяет сделать правильные выводы.
	Низкий (Удовлетворительно)	Аспирант выполнил работу не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; в ходе проведения работы были допущены ошибки.
	Средний (Хорошо)	Аспирант выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий, но допустил 2-3 ошибки.
	Высокий (Отлично)	Аспирант выполнил работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности действий; в ответе правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; или правильно и аккуратно выполнил все задания; правильно выполняет анализ ошибок.

**Показатели и критерии оценивания компетенций на этапе сдачи зачета с оценкой по дисциплине, описание шкалы оценивания**

По результатам текущего контроля успеваемости за 3 модуля аспирант до экзамена может набрать от 0 до 15 баллов.

Выполнение учебных заданий по дисциплине оценивается от 0 до 15 баллов (до 45 в каждом из 3-х текущего контроля успеваемости).

Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства	Критерии оценивания (Уровни сформированности компетенции)		
ОПК-1; ОПК-2; ПК-3; ПК-4; УК-1; УК-4	Выполнение промежуточных заданий	– не аттестован	0 – 19	
				– низкий 20 – 29
				– средний 30 – 39
				– высокий 40 – 45
				<b>макс: 45 баллов</b>

**Критерии итогового оценивания сформированности компетенций**

Формы оценивания	Уровни оценивания	Критерии оценивания
Ответы (устные или письменные) на вопросы билетов	<ul style="list-style-type: none"> <li>– не аттестован</li> <li>– низкий</li> <li>– средний</li> <li>– высокий</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>50% и менее</li> <li>51% – 65 %</li> <li>66 % – 84%</li> <li>85% – 100%</li> </ul>

До итогового зачета с оценкой допускается аспирант, набравший сумму в пределах от 20 до 45 баллов (включая оценку по успеваемости и посещаемости). Аспирант, набравший 20 баллов и менее до зачета допускается, но должен добрать недостающие баллы, либо до или во время зачета.

Положительную оценку на зачете успешно выполнившие все тестовые задачи и правильно ответившие на контрольные вопросы.

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций**

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1.	Задания для практических работ	Занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы.	Задания для практических занятий
2.	Задания для самостоятельных работ	Самостоятельная работа – это вид учебной деятельности, выполняемый аспирантами без непосредственного контакта с преподавателем или управляемый преподавателем опосредованно через специальные учебные материалы.	Вопросы, задания, темы рефератов для самостоятельных работ
3.	Вопросы к зачету / экзамену	Перечень вопросов для зачета / экзамена	Перечень вопросов к зачету / экзамену

## **Типовые вопросы для проведения промежуточной аттестации.**

### **Часть 1:**

1. А, В и Z формы двойной спирали ДНК: структурные параметры и биологическая роль.
2. Бактериальная реплисома.
3. Топоизомеразы. Классификация и механизм действия.
4. Типы структурной организации бактериальных геномов.
5. Типы структурной организации геномов бактериофагов.
6. Классификация плазмид и группы несовместимости.
7. Репликация линейных двухнитевых бактериальных ДНК.
8. Генерализованная и специализированная трансдукции.
9. Коррекция ошибочно спаренных оснований в системе MisMatch Repair (MMR).
10. Удаление окисленных, дезаминированных и алкилированных оснований ДНК в системе Base excision repair (BER).
11. Два пути коррекции повреждений в системе Nucleotide excision repair (NER).
12. Системы reparации одно- и двухнитевых разрывов в ДНК.
13. Гомологичная и негомологичная системы рекомбинации.
14. Структуры Холлидея. Кроссинговер и генная конверсия.
15. Молекулярные механизмы работы «homing» эндонуклеаз.
16. Горячие точки рекомбинации.
17. Горизонтальный перенос генов и механизмы его обеспечивающие.
18. Классификация систем рестрикции - модификации.
19. Структурная организация бактериального промотора.
20. РНК-полимеразы прокариот и бактериофагов.
21. Механизмы инициации транскрипции у прокариот (абортивный, реитеративный и продуктивный синтез).
22. Механизм выхода транскрипционных комплексов из состояния пауз и ареста.
23. Структурные белки бактериального нуклеоида и факторы транскрипции.
24. Структурные модули узнавания ДНК в факторах транскрипции.

### **Часть 2:**

1. Что такое C -value N-value парадоксы
2. Мультигенные семейства и механизмы их образования.
3. Основные классы некодирующих РНК.
4. Сайленсинг, основные типы и механизмы действия.
5. РНК интерференция, типы и механизмы.
6. Длинные некодирующие РНК, их функции.
7. Что такое эпигеном и эпитранскриптом?
8. Кинетика реассоциации эукариотных ДНК. Уникальные и повторяющиеся гены.
9. Строение нуклеосом. Уровни организации хроматина.
10. Разнообразие регуляторных зон эукариотных генов. Регуляция генов за счет позитивных регуляторов транскрипции.
11. Строение генов антител.
12. Механизмы рекомбинации фрагментов ДНК, кодирующих антитела. Различные уровни генерирования разнообразия антител.
13. Метилирование ДНК и наследование дифференцированного состояния.
14. Эксцизия и избирательная репликация генов рРНК в ооцитах амфибий. Строение гомеопатических генов.

15. Клеточные культуры в изучении канцерогенеза. Белки, регулирующие пролиферацию и дифференцировку.

16. Генетические основы рака. Типы онкогенов.

17 Медицинские аспекты тренсгенерационного репрограммирования и наследования

### **Материально-техническая база для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для групповых лекционных и семинарских занятий, самостоятельной работы студентов, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется аудитория № 305 (биотехнологический корпус ИБ РАН). Она оборудована стационарным компьютером с выходом в Интернет и принтером, проектором и стационарным экраном, доской для маркеров, имеет 15 посадочных мест (с возможностью организации дополнительных), 5 столов, и отдельный стол со стулом для преподавателя. В аудитории имеется беспроводной доступ к локальной сети и к сети Интернет.

## **ЛИТЕРАТУРА**

### **ОСНОВНАЯ**

1. Молекулярная биология клетки./ Б. Альбертс и др. М. Ижевск : Ин-т компьютер. исслед.: R&C Dynamics, 2013, в трех томах.
2. Жимулёв И.Ф.Общая и молекулярная генетика.Новосибирск: Сибирское университетское изд-во, 2007.
3. Калинин В.Л. Репликация генома. 2004. <http://padaread.com/?book=9141&pg=18>
4. Сингер М, Берг П. Гены и геномы. М., Мир, 1998, том1, том 2.
5. Агол В.И., Богданов А.А., Гвоздев В.А. и др. Молекулярная биология: Структура и биосинтез нуклеиновых кислот. Под ред. А. С. Спирина. М., Высшая школа, 1990.
6. Патрушев Л.И. Экспрессия генов. Под ред. Ю.А. Берлин. М, Наука, 2000
7. Молекулярная биология клетки./ Б. Альбертс и др. М. Ижевск : Ин-т компьютер. исслед.: R&C Dynamics, 2013, в трех томах.
8. Молекулярная биология. Структура рибосомы и биосинтез белка./ Спирин А.С.,— М: Академия, 2011.
9. Молекулярная биология. Структура и биосинтез нуклеиновых кислот./ В.И.Агол, А.А.Богданов, В.А.Гвоздев и др. Под ред. А.С.Спирина., — М: Высшая школа, 1986.
10. Хроматин: упакованный геном./ Разин С.В., Быстрицкий А.А., — М: Бином, 2009.

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ**

1. Хесин Р.Б. Непостоянство генома. М., Наука, 1984.
2. Разин С.В., Быстрицкий А.А. Хроматин: упакованный геном. 2009 М Бином
3. В.З. Тарактул. Геном человека: энциклопедия, написанная четырьмя буквами. 2003 М Языки славянской культуры.
4. Н.В. Равин, С.В. Шестаков ГЕНОМПРОКАРИОТ 2013 г. Вавиловский журнал генетики и селекции, 2013, <https://vavilov.elpub.ru/jour/article/view/216/217>

