

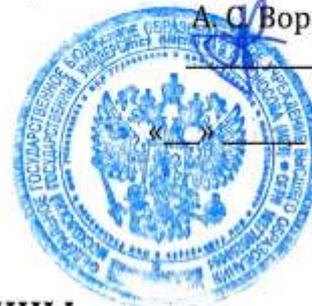
**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В.ЛОМОНОСОВА»**

**ФИЛИАЛ МГУ В Г. ГРОЗНОМ**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Заместитель директора филиала – руководитель  
образовательных программ**

**А. С. Воронцов**



**20\_\_ г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Наименование дисциплины:

**Современные проблемы биотехнологии**

Уровень высшего образования:

**Специалитет**

Специальность:

**06.05.02 Фундаментальная и прикладная биология**

Направленность (профиль)/специализация образовательной программы:

**Биотехнология**

Форма обучения:

**Очная**

Москва 2024

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 06.05.02 «ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ БИОЛОГИЯ» (образовательная программа специалитета «Биотехнология»).

ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова 20.01.2022 года.

Год приема на обучение - 2024.

### **Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП**

Дисциплина относится к обязательной части ОПОП ВО, раздел учебного плана: Вариативная часть, блок: «Дисциплины специализации», реализуется в 10 семестре.

Дисциплина введена в учебный план с целью получения базовых теоретических знаний и практических навыков в области приложения генетических технологий в медицине.

Разработанная программа дисциплины «Современные проблемы биотехнологии» предназначена для подготовки специалистов-биологов. Содержание дисциплины охватывает весь круг вопросов, связанных с практическим применением знаний и современных достижений биологии для развития направлений биотехнологии, ориентированных на решение научных проблем, так и практических проблем здравоохранения и фармацевтики. Изучение дисциплины базируется на освоенных курсах биохимии, молекулярной биологии, генетики.

### **2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия**

Освоенные дисциплины (модули) по биохимии, молекулярной биологии, генетике. Для успешного освоения дисциплины обучающиеся должны:

- **знать** основы биохимии, биофизики и молекулярной биологии, генетики;
- **уметь** анализировать научные публикации, грамотно излагать знания в письменной и устной форме и участвовать в различных формах дискуссий;
- **владеть** базовыми навыками подготовки и представления докладов.
- **демонстрировать готовность** применять методологию геномного редактирования в профессиональной деятельности, в том числе для решения научно-практических задач в междисциплинарных областях

Содержание дисциплины охватывает весь круг вопросов, связанных с практическим применением знаний и современных достижений биологии для развития направлений биотехнологии, ориентированных на решение научных проблем, так и практических проблем здравоохранения и фармацевтики.

#### **Цели освоения дисциплины**

Главной целью освоения дисциплины «Современные проблемы биотехнологии» является приобретение студентами знаний по основным направлениям и достижениям современной медицинской биотехнологии, изучение теоретических и практических основ достижений медико-биологических наук, биохимии и молекулярной биологии и разработки новых технологий в области биофармацевтики, диагностики, клеточных технологий.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

| Компетенция  | Индикатор достижения компетенции   | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций   |
|--|--|--|
| <p><b>СПК-4.</b><br/>Владеет современными методами биотехнологии и биоинженерии прокариотических и эукариотических организмов для решения задач по созданию продуцентов белков, пептидов и биологически активных веществ с заданными свойствами с учетом современных трендов</p> | <p><b>СПК-4.1.</b><br/>Использует современные методы биотехнологии и биоинженерии прокариотических и эукариотических организмов для решения задач по созданию продуцентов белков, пептидов и биологически активных веществ с заданными свойствами с учетом современных трендов</p> | <p><b>Знает:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• современные проблемы и направления в современной медицинской биотехнологии;</li> <li>• основные специфические термины на английском языке.</li> </ul> <p><b>Умеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• вести дискуссию по поводу применения и развития биотехнологических методов (генная инженерия, редактирование геномов, пересадка органов и клеток в терапевтических целях, клонирование и т.д.);</li> <li>• применять полученные знания на практике и при изучении других дисциплин; а также для решения актуальных практических задач в области медицинской биотехнологии;</li> <li>• самостоятельно проводить эксперименты по заданной схеме; анализировать полученные экспериментальные</li> </ul> |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>данные</p> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• фундаментальными знаниями о основных методах биотехнологии, структуре и функции геномов</li> </ul> |
|--|--|--|

#### 4. Объем дисциплины

Объем дисциплины - 5 з.е. (180 ак.ч), из них 132 ак.ч - контактная работа обучающихся с преподавателем на занятиях лекционного типа (лекции – 120 ак.ч.) и на занятиях семинарского типа (семинары - 12 ак.ч). Самостоятельная работа обучающихся – 48 ак.ч. Форма промежуточной аттестации – экзамен (10 семестр).

#### 5. Формат обучения

Очный.

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

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),<br><br>Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) | Всего (часы) | В том числе   |                                      |   |          |
|--|--------------|---|--------------------------------------|---|----------|
|  |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем)<br><i>Виды контактной работы, часы*</i> |                                      | Самостоятельная работа обучающегося<br><br><i>Виды самостоятельной работы, ак. часы</i> |          |
|  |              | Занятия лекционного типа (лекции)   | Занятия семинарского типа (семинары) | Доклады   | Рефераты |
| Тема 1. Медицинская биотехнология как индустрия  | 26           | 12  | 2                                    | 6   | 6        |
| Тема 2. Молекулярная онкология и ее мишени.  | 30           | 20  | 2                                    | 4   | 4        |
| Тема 3. Достижения медицинской биотехнологии.  | 58           | 48  | 2                                    | 4   | 4        |
| Тема 4. Стволовые клетки и регенеративная медицина.  | 26           | 16  | 2                                    | 4   | 4        |
| Тема 5. Биотехнология вакцин и сывороток.  | 40           | 24  | 4                                    | 6   | 6        |
| Промежуточная аттестация   |              | Экзамен   |                                      |   |          |
| <b>Всего</b>   | <b>180</b>   | <b>132</b>  |                                      | <b>48</b>   |          |

## **6.1. Содержание дисциплины по разделам (темам)**

**Тема 1. Медицинская биотехнология как индустрия,** отличия от академической науки. Основные направления и области приложения усилий. Примеры успеха, направления роста, проблемы развития. Анализ устройства успешного биотехнологического кластера.

Становление и развитие биотехнологических компаний различного профиля на примере различных направлений.

**Тема 2. Молекулярная онкология и ее мишени.** Развитие онкологических заболеваний от первичной опухоли до метастазов. Фазы роста и распространения опухоли – инвазия, интравасация, тромбообразование, колонизация. Эффективность метастазирования, микрометастазы. Генетическая гетерогенность опухоли и методы ее анализа.

Клеточный цикл: общий обзор, механизмы регуляции, мишени для терапии рака. Распределение активности циклинов и их киназ по ходу клеточного цикла, принципы регуляции их активности. Регуляция перехода от метафазы к анафазе, критические моменты клеточного цикла. Регуляция клеточного цикла сигналами от Ras – зависимых рецепторов факторов роста. Антимитогенная регуляция через TFG-beta лиганды/рецепторы. Ингибиторы митогенных сигналов.

Гены белков, регулирующих клеточный цикл, которые часто претерпевают мутации или изменения в уровне экспрессии при раке.

Модель «двух ударов» при инактивации супрессора опухолеобразования. Варианты мутаций и эпигенетических изменений, дающие преимущества трансформированным клеткам – онкогены, регуляторы дифференцировки, замедление процессов клеточной смерти.

Классификация онкологических заболеваний на примере рака молочной железы: диагноз, прогноз, терапия. Индивидуализация лечения при помощи молекулярной диагностики. Обзор методов анализа генома раковых клеток, развитие опухоли как эволюционный процесс.

Геном раковых клеток. Общий обзор генов и мутаций, методы исследования, геномика и терапия. Дорожная карта исследования генома опухолей. Методы профилирования экспрессии генов, потеря гетерозиготности, амплификации, конверсия. Сравнительные характеристики секвенаторов второго поколения и их применение. Каталогизация соматических мутаций на примере клеточных линий.

Геномный ландшафт опухоли. Сигнальные пути и процессы при опухолеобразовании. Основные направления современных исследований генома раковых клеток.

### **Тема 3. Достижения медицинской биотехнологии.**

Биотехнологии в медицинской генетике. Ассоциативные исследования с использованием высокоплотных микроматриц ДНК. Однонуклеотидные полиморфизмы, как маркеры сцепления. Моногенные и полигенные заболевания человека. Методические основы анализа данных по ассоциативным исследованиям. Учет этнического фона пациентов. Евразийские этнические карты. Персональная геномика будущего.

Биотехнология в эпигенетике. Эпигенетика. Краткий экскурс в историю эпигенетики. Деминуция хроматина. Основные эпигенетические характеристики клеток позвоночных. Современные биотехнологии для определения спектра экспрессирующихся генов клетки/ткани. Современные биотехнологии для определения метилирования ДНК, статуса гистоновых модификаций и профиля связывания транскрипционных факторов. Определение метилирования ДНК с однонуклеотидным разрешением. Диплоидный геном с фазированными аллелями, как

идеальная модель изучения взаимосвязи генетических и эпигенетических факторов. Эпигенетические отличия в ДНК монохориальных и дихориальных гомозиготных близнецов.

Биотехнологии соматических клеток позвоночных. Клетки позвоночных, как фабрики для производства ценных белков. Моноклональные и поликлональные антитела. Получение, характеристика, стратегия использования. Специфическое выключение генов позвоночных (короткие интерферирующие РНК и блокаторы трансляции. Современные методы инактивации генов с применением энхансерных, генных и промоторных ловушек. Системы сайт-специфической рекомбинации Cre/lox.

Биотехнологии стволовых клеток. Эмбриональные стволовые клетки. Стволовые клетки взрослого организма. Индуцированные плюрипотентные стволовые клетки. Проблемы канцерогенеза при индуцировании плюрипотентности. Трансгенные животные, нокауты (knock-out) и нокины (knock-in). Нокаутные мыши, как модели изучения функционирования отдельных генов и модели заболеваний.

Стволовые клетки опухолей. Примеры успеха и трудностей молекулярной фармакологии в лечении рака. Дегенеративные процессы и медицинская биотехнология. Повреждения и смерть клеток. типы клеточной адаптации к физиологическим и патологическим стрессам. Часто встречающиеся обратимые и необратимые повреждения. Апоптоз и некроз, паттерны развития некроза в тканях. Гипоксия, ионы кальция, свободные радикалы. Повреждение мембран, действие химических и биологических агентов в индукции клеточной дегенерации и смерти. Хроническая клеточная травма и воспаление. Нейродегенеративные процессы, артрит. Механизмы апоптоза.

Трансгенные животные, как биофабрики. Основные способы получения трансгенных животных (инъекция ДНК в пронуклеусы яйцеклеток после оплодотворения, использование стволовых клеток; применение рекомбинантных вирусов для заражения эмбриональных клеток зародыша). Клонирование организма. Основные проблемы клонирования. Заместительная клеточная терапия у животных и человека. Химерное терапевтическое клонирование с использованием животных оплодотворенных яйцеклеток и ядер клеток человека. Подходы к генотерапии наследственных и приобретенных заболеваний.

**Тема 4. Стволовые клетки и регенеративная медицина.** Клеточный рост и дифференцировка, самообновление, асимметричность процесса. Эмбриогенез человека, его стадии. Типы стволовых клеток и их основные свойства. Мультипотентность, клонирование с перенесением ядра. Фундаментальные свойства эмбриональных стволовых клеток, их получение, пластичность и возможное применение.

Индуцированные стволовые клетки, их получение, молекулярное перепрограммирование. Болезни, которые можно лечить при помощи стволовых клеток.

**Тема 5. Биотехнология вакцин и сывороток.** Основные иммунологические механизмы, главные комплексы гистосовместимости и презентация антигенов. Типы и разновидности вакцин и профили удачных кампаний по вакцинации. Возможность ликвидации инфекций, эпидемии и эпизоотии. Основа защитного иммунитета, профили вакцинации и иммунного ответа. Требования к эффективной вакцине. Сравнение иммунного ответа для убитой и живой аттенуированных вакцин. Аттенуированные вакцины, их получение и компоненты векторов. Фазы испытания вакцин и регуляторные вопросы иммунопрофилактики. Терапевтические вакцины против рака, вируса иммунодефицита человека, дендритные и ДНК-вакцины. Побочные реакции при вакцинации белков с использованием лентивирусов.

## 6.2. Методические указания для обеспечения аудиторной и самостоятельной работы студентов

В процессе изучения дисциплины используется метод проблемного изложения материала, самостоятельное чтение обучающимися учебной, учебно-методической и справочной литературы, анализ информационных ресурсов в научных библиотеках и сети Internet по актуальным проблемам устройства и функционирования генома про- и эукариот и последующие свободные дискуссии по освоенному ими материалу.

Аудиторные занятия проводятся с использованием Интернет-технологий: учебный материал представлен также в виде мультимедийных презентаций. Презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Самостоятельная работа студентов. При подготовке студенты могут использовать рекомендованные основные и дополнительные литературные источники, любую доступную справочную литературу, Интернет-ресурсы и базы данных.

## 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине

### 7.1. Перечень оценочных средств

| Компетенция  | Результат обучения по дисциплине (модулю)   | Оценочные средства  |
|--|---|---|
| <b>СПК-4.</b><br>Владеет современными методами биотехнологии и биоинженерии прокариотических и эукариотических организмов для решения задач по созданию продуцентов белков, пептидов и биологически активных веществ с заданными свойствами с учетом современных трендов | <b>Знает:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• современные проблемы и направления в современной медицинской биотехнологии;</li><li>• основные специфические термины на английском языке.</li></ul> <b>Умеет:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• вести дискуссию по поводу применения и развития биотехнологических методов (генная инженерия, редактирование геномов, пересадка органов и клеток в терапевтических целях, клонирование и т.д.);</li><li>• применять полученные знания на практике и при</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Вопросы для текущей и промежуточной аттестации (устные опросы, доклады, рефераты, вопросы к экзамену)</li></ul> |

|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <p>изучении других дисциплин; а также для решения актуальных практических задач в области медицинской биотехнологии;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>самостоятельно проводить эксперименты по заданной схеме; анализировать полученные экспериментальные данные</li> </ul> <p><b>Владеет:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>фундаментальными знаниями о основных методах биотехнологии, структуре и функции геномов</li> </ul> |  |
|--|--|--|

***Примеры вопросов для проведения текущего контроля успеваемости***

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущая самостоятельная работа студента направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений

1. Расскажите об технологиях секвенирования ДНК следующего поколения (NGS).
2. Расскажите о теломерах, теломеразе и перспективах терапии на основе ингибиторов теломеразы.
3. Трудности персонализированного подхода в медицине, на примере специфических ингибиторов B-Raf и злокачественной меланомы
4. Примеры эффективных противораковых препаратов, основанных на принципах «рациональной медицины».
5. Понятие о клеточном цикле и его регуляции, циклины и циклин-зависимые киназы, интеграция сигналов.
6. Модель «двух ударов» в ходе злокачественной трансформации, характер необходимых повреждений генома.
7. Индивидуализация терапии рака, способы обнаружения мутаций и анализа генома, уровни регуляции экспрессии генов.
8. Сигнальные пути и процессы, повреждаемые при опухолеобразовании.
9. Транскрипционные факторы NFκB и их роль в воспалении.
10. Подходы, применяемые для поиска и идентификации генов, важных для опухолеобразования.
11. Расскажите о проблеме метастазирования опухолей.
12. Биотехнология вакцин, типы вакцин, принципы их работы
13. Стволовые клетки, их типы и потенциальное применение
14. Репликация ДНК в клетках, роль теломер, теломеразы.

### ***Примерный перечень вопросов для промежуточной аттестации (экзамена)***

1. Сигнальные пути и процессы, повреждаемые при опухолеобразовании.
2. Характерные свойства злокачественных новообразований.
3. Трудности персонализированного подхода в медицине, на примере специфических ингибиторов V-Raf и злокачественной меланомы.
4. Примеры эффективных противораковых препаратов, основанных на принципах «рациональной медицины».
5. Процесс метастазирования опухоли, его клиническое значение и этапы.
6. Расскажите о возможных вариантах «продукции» (в широком смысле слова) биотехнологических компаний медицинского профиля, приведите примеры соответствующих успешных компаний
7. Эффективность метастазирования, проблема эволюции опухоли и микрометастазов, значение для стратегий терапии.
8. Подходы, применяемые для поиска и идентификации генов, важных для опухолеобразования.
9. Типы стволовых клеток, их источники и характерные свойства СК.
10. Этические проблемы терапии с использованием эмбриональных СК.
11. Индивидуализация терапии рака, способы обнаружения мутаций и анализа генома, уровни регуляции экспрессии генов.
12. Выделение стволовых клеток взрослых и их потенциальное применение.
13. Индуцированные стволовые клетки, технологии переноса ядра и молекулярного репрограммирования.
14. Понятие о типах иммунитета и роли белков MHC I и MHC II в презентации антигенов.
15. Разновидности вакцин.
16. Понятие о клеточном цикле и его регуляции, циклины и циклин-зависимые киназы, интеграция сигналов.
17. Примеры эффективных вакцинационных кампаний, связь характера инфекции с возможностью её искоренения путем вакцинации.
18. Модель «двух ударов» в ходе злокачественной трансформации, характер необходимых повреждений генома.
19. Динамика иммунного ответа в ходе онтогенеза, инфекции и при иммунизации.
20. Трудности разработки вакцины против СПИД.

Промежуточная аттестация (экзамен) проводится по билетам в письменной форме. В билет включено три теоретических вопроса. Экзамен оценивается по 5-бальной системе: 5 баллов (полный ответ на все 3 вопроса); 4 балла (ответ на 2 вопроса); 3 балла (полный ответ на один вопрос и частично на другие вопросы).

### Шкала и критерии оценки на экзамене

| Уровень освоения    | Показатели   | Критерии   |
|---------------------|--|--|
| Отлично             | 1. Полнота изложения теоретического материала.<br>2. Правильность и/или аргументированность изложения.<br>3. Самостоятельность ответа. | Студентом дан полный, в логической последовательности развернутый ответ на 3 теоретических вопроса, где он демонстрирует знания предмета в полном объеме учебной программы, достаточно глубоко осмысливает дисциплину, приводит собственные примеры по проблематике поставленного вопроса. (Повышенный уровень.)   |
| Хорошо              | 4. Культура речи.  | Студентом дан полный ответ на 2 поставленных вопроса, где продемонстрировано в целом хорошее знание предмета. (Базовый уровень.)   |
| Удовлетворительно   |  | Студентом дан полный ответ на 1 поставленный вопрос, где он продемонстрировал в целом хорошее знание предмета, и частичный на остальные вопросы. (Пороговый уровень.)  |
| Неудовлетворительно |  | Студентом дан ответ, который содержит ряд серьезных неточностей, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы, незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов, неумением давать аргументированные ответы, слабым владением письменной речью, отсутствием логичности и последовательности. Выводы поверхностны. (Уровень не сформирован.) |

### Шкала оценивания сформированности компетенций

|                                      |                              |
|--------------------------------------|------------------------------|
| Уровень сформированности компетенции | Оценка в 5-ти балльной шкале |
| Недостаточный (не сформирован)       | неудовлетворительно          |
| Пороговый                            | удовлетворительно            |
| Базовый                              | хорошо                       |
| Повышенный                           | отлично                      |

### ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения по дисциплине (модулю)

(\*оценка сформированности компетенций дается в соответствии со шкалой выше)

| Оценка                    | 2<br>(не зачтено) | 3<br>(зачтено)       | 4<br>(зачтено)                        | 5<br>(зачтено)                        |
|---------------------------|-------------------|----------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Рез-т обучения            |                   |                      |                                       |                                       |
| Знания (приведены в п.3.) | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания | Общие, но не структурированные знания | Сформированные систематические знания |
| Умения (приведены в п.3.) | Отсутствие умений | В целом успешное, но | В целом успешное, но содержащее       | Успешное и систематическое            |

|   |   |                           |  |   |
|---|---|---------------------------|--|---|
|   |   | не систематическое умение | отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)    | умение  |
| Навыки /владения/опыт деятельности (приведены в п.3.) | Отсутствие навыков (владений, опыта деятельности) | Наличие отдельных навыков | В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме | Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач |

## 8. Ресурсное обеспечение

### 8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

#### Основная литература.

1. Щелкунов С.А. Генетическая инженерия. Новосибирск: Изд. Сибирское университетское издательство, 2004. – 496 с.
2. Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. – М.: Мир, 2002
3. Рыбчин В.Н. Основы генетической инженерии. Санкт-Петербург, 2002.

#### Дополнительная литература.

1. Ред. V.T. DeVita Jr., T. S. Lawrence, (2015), **Cancer: Principles & Practice of Oncology: Primer of the Molecular Biology of Cancer.**
2. Ред. Patrick R. Murray (2012), **Medical Microbiology.**
3. Ред. Kenneth Murphy (2011), **Janeway's Immunobiology**

### 8.2. Перечень лицензионного и(или) свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Яндекс Браузер
2. Libre Office
3. Adobe Acrobat Reader
4. Windows,
5. Google Chrome
6. MS Office

### 8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov>, Интернет-браузер, базы данных PubMed (NCBI, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), Protein Data Bank (Research Collaboratory for <http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do>), Structural Bioinformatics
- <http://www.genecards.org/> Биоинформатический портал GeneCards \_ <http://www.omim.org/> Портал OMIM
- <http://www.cancergenome.ru/> Портал молекулярно-генетической диагностики при таргетной терапии
- <http://www.cancer.sanger.ac.uk/cosmic> Международная база данных по мутациям в опухолях человека COSMIC

### 8.4. Описание материально-технической базы

Для освоения дисциплины требуется свободный доступ к сети Интернет, а также:

- Аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

А. Помещения: аудитории для проведения лекционных/семинарских занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации: учебная аудитория филиала МГУ в г. Грозном;

Б. Оборудование: наборы ученической мебели, рабочее место преподавателя, компьютер, проектор, экран, доска.

## **9. Язык преподавания**

Русский.

## **10. Преподаватели**

доктор химических наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой синтетической биологии МГУ имени М.В.Ломоносова Попов Владимир Олегович, e-mail [vpopov@fbras.ru](mailto:vpopov@fbras.ru), тел.: +74959380006

кандидат биологических наук, доцент кафедры организации и технологии производства иммунобиологических препаратов ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), e-mail [chumakov a m 1@staff.sechenov.ru](mailto:chumakov_a_m_1@staff.sechenov.ru), тел.: +74959380006

## **11. Разработчики программы**

доктор химических наук, профессор, академик РАН, заведующий кафедрой синтетической биологии Попов Владимир Олегович, e-mail [vpopov@fbras.ru](mailto:vpopov@fbras.ru), тел.: +74959380006

кандидат биологических наук, доцент кафедры организации и технологии производства иммунобиологических препаратов ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И. М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), e-mail [chumakov a m 1@staff.sechenov.ru](mailto:chumakov_a_m_1@staff.sechenov.ru), тел.: +74959380006

доктор биологических наук доцент кафедры синтетической биологии Страховская Марина Глебовна, e-mail [maristra@yandex.ru](mailto:maristra@yandex.ru), тел.: +74959380006