

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной и научной работе

\_\_\_\_\_ Ю.М. Боровин  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ПРОГРАММА**

вступительного испытания для поступающих на обучение  
по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

***Направление подготовки: 19.06.01 Промышленная экология и биотехнология***

## РАЗДЕЛ 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. На вступительное испытание поступающие допускаются при наличии документа, удостоверяющего личность и гражданство (паспорта), и расписки о подаче документов.

2. Форма проведения вступительного испытания: устный комплексный междисциплинарный экзамен.

Время подготовки ответа: 60 минут. Ориентировочное время экзамена: 30 минут.

Экзаменационный билет содержит 3 контрольных вопроса по дисциплинам, указанным в разделе 2.

3. По результатам вступительного испытания, поступающему выставляется оценка от нуля до ста баллов. Минимальный положительный балл по 100-балльной системе составляет 40 баллов, ниже которого вступительное испытание считается несданным.

Итоговая оценка за вступительное испытание определяется по критериям:

<b>Баллы</b>	<b>Критерий выставления оценки</b>
81-100	Демонстрация отличных знаний по заданному вопросу. Умение иллюстрировать теоретические положения примерами, рисунками, графиками, формулами. Широкий кругозор по обсуждаемым вопросам.
61-80	Демонстрация твердых знаний по заданному вопросу. Наличие мелких неточностей в ответе и в иллюстративном материале.
51-60	Неплохое знание вопроса, но с заметными ошибками.
41-50	Слабое знание и понимание рассматриваемого вопроса, со значительными ошибками
0-40	Незнание и непонимание рассматриваемого вопроса.

4. Вступительные испытания проводятся по расписанию приёмной комиссии университета.

Экзаменационные аудитории по каждому направлению подготовки объявляются за 1 день до начала вступительного испытания.

5. Перед началом вступительного испытания поступающим сообщается время и место получения информации о полученных результатах.

6. На вступительных испытаниях разрешается пользоваться: справочной литературой, представляемой комиссией. Запрещено пользоваться средствами связи и ПК.

7. Поступающий, нарушающий правила поведения на вступительном испытании, может быть удален из аудитории без предупреждения.

У такого поступающего отбираются все экзаменационные материалы. Фамилия, имя, отчество удаленного из аудитории поступающего и причина его удаления заносятся в протокол проведения вступительного испытания.

Поступающий может покинуть аудиторию только после завершения экзамена, полностью сдав все экзаменационные материалы.

8. При проведении вступительного испытания вопросы поступающих по содержанию экзаменационных вопросов членами экзаменационной комиссии не рассматриваются. При обнаружении опечатки или другой неточности в экзаменационном билете, члены экзаменационной комиссии обязаны отметить этот факт в протоколе проведения вступительного испытания. Экзаменационной комиссией будут проанализированы все замечания, при признании вопроса имеющим возможность разного толкования, альтернативный ожидаемому ответ засчитывается поступающему как правильный.

## **РАЗДЕЛ 2. СОДЕРЖАНИЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

### **1. Биологические аспекты биотехнологии**

Определение жизни и свойства живого. Клетка как основа наследственности и воспроизведения. Строение ядра и его роль в наследственности. Химический состав клетки (нуклеиновые кислоты, белки, полисахариды, липиды, нуклеопротеиды, гликопротеиды, липопротеиды, пептидогликаны, минеральные компоненты, вода).

Строение и функции клетки (различия клеток прокариот и эукариот). Строение клеточной стенки бактерий.

Положение микроорганизмов среди других организмов. Сапрофиты, паразиты, патогенные формы. Принципы классификации и характеристика клеточных организмов: бактерии, в том числе цианобактерии, актиномицеты; археи; эукариоты, в том числе грибы, протисты. Вирусы. Вирусные инфекции, лизогения.

Обмен веществ как совокупность пластического и энергетического обменов. Жизненный цикл клеток и типы клеточного деления. Молекулярные основы организации хромосомы. Функции ДНК, гистонов, РНК в клеточном метаболизме. Сцепление и кроссинговер.

Разнообразие типов питания микроорганизмов (автотрофия, гетеротрофия, фотолитотрофия, фотоорганотрофия, хемолитотрофия, хемоорганотрофия). Разнообразие источников углерода, азота, фосфора, серы и других элементов, используемых микроорганизмами.

Теория лимитирования и ингибирования роста клеток элементами питания.

Метаболизм микроорганизмов. Взаимосвязь биосинтетических и энергетических процессов. Понятие «биологическое окисление». Особенности электронтранспортных систем микроорганизмов. Анаэробные процессы окисления. Анаэробное дыхание. Брожение.

Селекция, генетические основы селекции. Понятие о генотипе и фенотипе. Наследственность, изменчивость, отбор микроорганизмов. Рекомбинация. Понятие о генетике популяций и популяционной изменчивости. Методы селекции. Селекция микроорганизмов.

### **2. Технологические аспекты биотехнологии**

Типовая схема и основные стадии биотехнологических производств.

Виды биотехнологических продуктов по структуре технологической схемы их получения.

Примеры блок-схем биотехнологических производств с указанием их экологических характеристик.

Процесс ферментации: основные характеристики.

Классификации процессов ферментации.

Фазы роста в периодической ферментации.

Кинетические и макростехиометрические характеристики процесса.

Стехиометрия процессов культивирования микроорганизмов. Стехиометрическая условная формула биомассы, понятие о С-моле.

Степень восстановленности субстратов и ее использование для расчета теплового эффекта биохимических превращений.

Виды сырья процессов ферментации.

Методы оптимизации ферментационных сред.

Кинетика роста микроорганизмов, биосинтеза продуктов метаболизма, диссимилиации микроорганизмов и инактивации продуктов метаболизма. Кинетика потребления субстрата, в том числе на поддержание жизнедеятельности микроорганизмов.

Блочный принцип математического моделирования процессов ферментации.

Теория непрерывного способа культивирования микроорганизмов. Автоселекция. Хемостат с рециркуляцией биомассы клеток. Двухстадийный хемостат. Метод импульсных добавок.

Оптимизация периодических и полупериодических процессов ферментации. Расчет профилей режимных параметров и оптимального момента окончания процесса.

Технологические основы масштабирования процессов ферментации. Критерии масштабирования.

Биокатализ и биотрансформация. Кинетика биокаталитических процессов. Имобилизованные ферменты и клетки: теоретический анализ, преимущества и недостатки.

Особенности осуществления в биотехнологических производствах стадий отделения биомассы от культуральной жидкости, экстракционных методов выделения продуктов метаболизма, дезинтеграции клеток микроорганизмов, ионообменных, адсорбционных, хроматографических, мембранных методов выделения биотехнологических продуктов.

Материальные балансы и технико-экономические показатели биотехнологических производств.

Нормативная документация биотехнологических производств.

Схема основных каналов контаминации биореактора. Виды контаминации. Основное уравнение надежности асептического культивирования.

Способы отделения и деструкции контаминантов, их характеристика.

Микрофльтрация.

Термическая стерилизация жидкостей, оборудование для периодической и непрерывной стерилизации жидких сред.

Теория термической гибели микроорганизмов.

Критерий стерилизации, его определение в изотермических и нестационарных условиях.

### **3. Техника биотехнологических производств**

Оборудование для деконтаминации воздуха. Фильтрующие материалы и конструкции фильтров. Расчеты задерживающей способности фильтра и его гидравлического сопротивления. Перспективы развития техники асептического обеспечения ферментационных процессов.

Синтез конструкции биореактора на основе предъявляемых к нему технико-экономических и экологических требований.

Классификация биореакторов.

Барботажные ферментеры.

Эрлифтные ферментеры. Многозонные эрлифтные биореакторы. Колонные ферментеры с внешней и внутренней циркуляцией.

Устройства для ввода и распределения аэрирующего воздуха.

Биореакторы с вводом энергии газовой и жидкой фазами. Аппараты с механическим перемешиванием, их основные элементы.

Сопоставление верхнего и нижнего приводов перемешивающих устройств.

Принцип действия и основные элементы биотехнических контактных уплотнений. Расчет биотехнических устройств для снижения контаминации через подвижные соединения.

Биореакторы с вводом энергии жидкой фазой. Принцип действия самовсасывающих устройств, их расчет. Многовальные ферментеры. Струйные биореакторы.

Масштабирование биореакторов по вводимой удельной энергии. Расчет мощности механического перемешивания в двухфазных газо-жидкостных системах с многоярусными мешалками.

Масштабирование по интенсивности массопереноса кислорода. Расчетные соотношения для определения коэффициентов массопередачи.

Сравнительный обзор конструкций аппаратов с иммобилизованными микроорганизмами.

Аппараты для твердофазной ферментации: установки статико-динамического выращивания, барабанного типа, вибрационные.

Фотобиореакторы. Характеристики аппаратов и их сопоставление.

Оборудование для отделения биомассы микроорганизмов. Флотационные установки. Фильтр-прессы. Ленточные и барабанные вакуум фильтры. Центрифуги периодического и непрерывного действия.

Механические и ультразвуковые дезинтеграторы микроорганизмов. Экструзионный дезинтегратор. Расчет производительности и режимных параметров.

Оборудование для концентрирования и очистки нативных растворов. Суперцентрифуги, их конструктивные схемы и особенности.

Техника мембранного разделения растворов биологически активных веществ. Мембраны, их характеристики, структура и материалы. Полые волокна..

Аппараты для мембранного разделения смесей: с плоскими, трубчатыми и спиральными элементами. Показатель плотности упаковки мембран.

Особенности экстракционного оборудования в биотехнологии: смесительные, колонные и центробежные экстракторы.

Аппаратура для экстрагирования биомассы сверхкритическими жидкостями.

Сорбционные аппараты с неподвижным, движущимся и псевдооживленным слоем сорбента. Аппараты для ионообменного и хроматографического разделения биологически активных веществ.

Особенности оборудования для концентрирования и сушки биологически активных веществ.

#### **4. Области применения современной биотехнологии**

*4.1. Биотехнологии для сельскохозяйственного производства (сельскохозяйственная биотехнология)*

Создание растений, устойчивых к болезням и вредителям. Повышение продуктивности растений. Создание растений с улучшенными питательными свойствами.

Применение генной инженерии в животноводстве (трансгенные животные).

*4.2. Биотехнологии для кормовой базы животноводства*

Производство кормового белка – белка одноклеточных микроорганизмов. Промышленные штаммы-продуценты. Сырьевая база. Требования, предъявляемые к качеству готового продукта. Биомасса промышленных микроорганизмов как сырье для получения широкой гаммы продуктов различного назначения. Использование технологии утилизации различных отходов (целлюлозосодержащие материалы, молочная сыворотка, отходы пищевых и рыбоперерабатывающих производств).

Микробиологическое производство ферментных препаратов для кормопроизводства.

Микробиологическое производство индивидуальных L-аминокислот кормового назначения.

Микробиологическое производство кормовых антибиотиков.

Микробиологическое производство концентратов витаминов кормового назначения.

Производство вакцин для животноводства.

Производство пробиотиков для животноводства.

*4.3. Производство микробных препаратов для растениеводства*

Биотехнологии бактериальных и грибных средств защиты растений от вредных насекомых (инсектициды, фунгициды).

Биотехнологии антибиотиков против корневой гнили и мучнистой росы.

Биотехнологии бактериальных удобрений.

Производство стимуляторов роста растений гормональной природы.

Достижения биотехнологии в области создания свободного от вредной микрофлоры посадочного материала (рассады).

*4.4. Биотехнологии для пищевой и легкой промышленности*

Микробиологическое производство индивидуальных органических кислот (лимонная, яблочная, аспарагиновая кислоты).

Микробиологическое производство ферментных препаратов. Использование ферментов микробного происхождения для пищевой промышленности: производство пищевого этанола, виноматериалов, пива, хлебопекарских дрожжей; производство ферментных препаратов (рениноподобные протеиназы, глюкоизомеразы, бета-галактозидазы, бета-фруктофуранозидазы); производство препаратов, основанное на переработке биологического сырья, в том числе и биомасс промышленных микроорганизмов (препараты биологически активных добавок, содержащих смеси аминокислот, пептидов, витаминов и микроэлементов; пищевкусовые добавки; концентраты и изоляты белковых веществ); производство подсластителей – заменителей сахара (глюкозо-фруктозные сиропы, аспартам); производство консервантов (низина).

Использование ферментов для текстильных, кожевенных технологий, при производстве стиральных порошков.

#### *4.5. Медицинская биотехнология (биотехнология для медицины)*

Основы современной иммунобиотехнологии. Типы вакцин и их конструирование. Культуральные и генно-инженерные вакцины. Производство сывороток. Препараты на основе живых культур микроорганизмов (нормофлоры и пробиотики). Иммуносенсоры. Производство биосенсоров на основе ферментов. Диагностические средства *in vitro* для клинических исследований.

Производство пробиотиков. Производство ферментов медицинского назначения. Производство препаратов на основе смеси L-аминокислот для перорального и парентерального питания. Конструирование и производство генно-инженерного инсулина. Другие генно-инженерные лекарства и препараты. Производство иммуномодуляторов, иммуностимуляторов и иммунодепрессантов.

Микробиологическое производство антибиотиков различных классов для медицины. Полусинтетические антибиотики.

Микробиологическое производство витаминов для здравоохранения.

Технологии продуктов трансформации органических соединений ферментами микробных клеток: сорбит в производстве аскорбиновой кислоты; гидрокортизон и превращение его в преднизолон; продукты дегидрирования, восстановления и гидроксирования стероидов.

Технологии культивирования клеток и тканей растений для получения фитопрепаратов и лечебно-профилактических добавок.

#### *4.6. Биотехнологии получения энергоносителей для энергетики*

Микробиологическое производство возобновляемых источников энергии: низших спиртов, ацетона, метана, биоконверсия органических отходов и растительного сырья. Микробиологическое производство водорода.

#### *4.7. Биотехнологии для нефте- и горнодобывающей и обогатительной промышленности*

Бактериальное выщелачивание химических элементов из руд, концентратов и горных пород, обогащение руд, биосорбция металлов из растворов. Удаление серы из нефти и угля. Повышение нефтеотдачи. Удаление метана из угольных пластов. Подавление биокоррозии нефтепроводов.

#### *4.8. Биотехнологические методы защиты окружающей среды (экологическая биотехнология)*

Микроорганизмы – биодеструкторы.

Биологическая очистка сточных вод. Принципиальные схемы очистных сооружений. Основные принципы работы, методы и сооружения аэробной и анаэробной биологической очистки сточных вод и переработки промышленных отходов.

Утилизация диоксида углерода с помощью микроорганизмов.

Биологические методы очистки воздуха. Биологическая дезодорация газов. Основные методы и принципиальные конструкции установок.

Биоремедиация и биологическая очистка природных сред.

Биологическая переработка твердых отходов. Биодеструкция природных и синтетических полимерных материалов. Компостирование. Вермикультура.

Биологическая коррозия и биоциды.

### Литература:

а) Основная литература:

1. Клунова, С.М. Биотехнология: учебник / С. М. Клунова, Т. А. Егорова, Е. А. Живухина. – М.: Академия, 2010. - 256 с.
2. Бирюков В.В. Основы промышленной биотехнологии. М.: КолосС, 2004, 296 с.
3. Комов В.П., Шведова В.Н. Биохимия / В.П. Комов, В.Н. Шведова. М.: Дрофа, 2008.– 638 с.
4. Бейли Дж., Оллис Д. Основы биохимической инженерии. В 2-х томах. М.: Мир, 1989, 590 с.
5. Шлегель Г. Общая микробиология. М.: Мир, 1987, 567
6. М.С. Мосичев, А.А. Складнев, В.Б. Котов. Общая технология микробиологических производств. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982, 264 с.

б) Дополнительная литература:

7. Елинов Н.П. Основы биотехнологии. – СПб.: Наука, 1995. – 600 с.
8. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии/ ред. К. Уилсон и Дж. Уокер; пер.с англ.—2-е изд.-М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015.— 848 с.
9. Наглядная биохимия / Я. Кольман, К.-Г. Рем. М: Мир, 2000, 472
10. Современная микробиология. Прокариоты: В 2-х томах. Пер. с англ./ Под ред. Й. Ленгелера, Г. Древса, Г. Шлегеля. –М.: Мир, 2014. – (Лучший зарубежный учебник).
11. Кузнецов, А. Е. Научные основы экобиотехнологии: учеб. пособие / А.Е. Кузнецов, Н.Б. Градова. - М.: Мир, 2006. - 504 с.
12. Кантере В.М. Теоретические основы технологии микробиологических производств. М.: Агропромиздат, 1990 г., 271 с.
13. Грачева И.М., Иванова Л.А, Кантере В.М. Технология микробных белковых препаратов, аминокислот и биоэнергия. М.: Колос, 1992 г., 383 с.
14. Калунянц К.А., Голгер Л.И., Балашов В.Е. Оборудование микробиологических производств. М.: Агропромиздат, 1987 г., 398 с.
15. Бурместер Г.-Р., Пецутто А. Наглядная иммунология. Бином.:Лаборатория знаний., 2014, 80 с.



16. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции: Учеб. для студ. высш. учеб. завед. – СПб.: Изд-во Н-Л, 2010. – 720 с.
17. Пухальский В.А. Введение в генетику. Учебное пособие для студентов ВУЗов. М.: Инфра-М, 2014. – 224 с.
18. В.Е.Матвеев. Основы асептики в технологии чистых микробиологических препаратов. – М.: Легкая и пищевая промышленность. 1981. – 312 с.
19. Загребельный СИ. Биотехнология. 4.2. Инженерная энзимология. // С.Н. Загребельный. Новосибирск, 2001. - 138 с.
20. Фрешни Р. Я.. Культура клеток животных. Практическое руководство. Москва, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010, 134 с.
21. Аткинсон Б. Биохимические реакторы : переводное издание / Б. Аткинсон; пер. с англ. В. М. Тарасенко; под ред. А. А. Складнева, В. Е. Матвеева. - Москва: Пищевая промышленность, 1979. - 280 с
22. Глик, Б. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. Пер. с англ. / Б. Глик, Дж. Пастернак. - М.: Мир, 2002. - 589с

ВрИО Директора НОЦ ХимБиотех,  
доцент, канд. биол. наук

/Е.С. Горшина/