

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра биохимии и медицинской биотехнологии

Авторы-составители: **Лисовенко Наталья Юрьевна
Максимов Александр Юрьевич**

Рабочая программа дисциплины

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Код УМК 94931

Утверждено
Протокол №5
от «24» июня 2022 г.

Пермь, 2022

1. Наименование дисциплины

Биотехнология

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **04.03.01** Химия
направленность Биохимия

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Биотехнология** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

04.03.01 Химия (направленность : Биохимия)

ОПК.1 Владеет базовыми знаниями о современной научной картине мира на основе положений, законов и методов математических и естественных наук

Индикаторы

ОПК.1.1 Имеет представление о научной картине мира на основе положений, законов и закономерностей естественных наук

ОПК.4 Способен обрабатывать, анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в профессиональной деятельности с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач

Индикаторы

ОПК.4.2 Систематизирует и грамотно интерпретирует результаты экспериментальных исследований

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	04.03.01 Химия (направленность: Биохимия)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	6
Объем дисциплины (ак.час.)	216
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	84
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	28
Проведение лабораторных работ, занятий по иностранному языку	28
Самостоятельная работа (ак.час.)	132
Формы текущего контроля	Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

ПРЕДМЕТ И ОБЪЕКТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ. ИСТОРИЯ БИОТЕХНОЛОГИИ

Предпосылки и история развития биологических технологий и биотехнологических методов
.Основные объекты биотехнологии.
Современные методы биотехнологических исследований

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Основные уровни регуляции метаболизма, регуляция работы ферментов и транспорта веществ
Регуляция метаболизма на уровне транскрипции и трансляции, влияние топологии ДНК на синтез белков
Регуляция активности функционального белка

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Методы создания продуцентов *in vivo*.
- Гибридизация
- Трансформация
- Трансдукция
- Протопласты: получение, регенерация, трансформация и слияние.
Методы создания продуцентов *in vitro*:
- Генная инженерия и геномное редактирование

КУЛЬТИВИРОВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ И КЛЕТОК

Методы клеточной инженерии. Определения и термины. Технологии культивирования растительных клеток и тканей. Технологии культивирования животных клеток и тканей

ОТДЕЛЕНИЕ И ОЧИСТКА ЦЕЛЕВОГО БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОДУКТА

Методы разрушения биомассы и разделения компонентов. Механические и физико-химические методы разделения веществ и концентрирования целевого продукта. Центробежные методы. Хроматография и электрофорез. Смежные и вспомогательные методы. Анализ биотехнологических продуктов.

ФЕРМЕНТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, БИОКАТАЛИЗ И БИОТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ

Ферменты, их свойства, классификация. Получение ферментсодержащих препаратов и их применение в биотехнологии. Биотрансформация и биокатализ.
Получение и применение биокатализаторов. Имобилизация клеток и ферментов. Гетерогенный биокатализ. Метаболизм и биодegradация ксенобиотиков.

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО МЕТАБОЛИТОВ

Первичные и вторичные метаболиты, особенности биосинтеза, основы получения.
Производство первичных метаболитов: аминокислоты, органические кислоты и др.
Производство вторичных метаболитов: антибиотики и др.

ПРОМЫШЛЕННАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

Биотехнология в химической и фармацевтической промышленности. Производство метаболитов.
Производство ферментов. Производство материалов и энергии.
Биотехнология в пищевой промышленности.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

Биотехнология в растениеводстве
- Селекция растений
- Клеточные, тканевые, органные технологии в растениеводстве

- Биопрепараты для растениеводства.

Биотехнология в животноводстве и рыбоводстве

- Селекция животных

- Клеточные, тканевые, органые технологии в животноводстве

- Ветеринарная биотехнология,

- Биотехнология кормов

- Биопрепараты для животноводства и аквакультуры.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

Биодеструкция и биодетоксикация органических веществ. Биоаккумуляция катионов. Очистка водной среды и воздуха. Детоксикация и биоремедиация почв

Аэротенки и анаэротенки. Утилизация твердых отходов. Биофильтры.

МЕДИЦИНСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ И НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Производство пробиотиков. Клеточные и тканевые технологии в биологии человека. Производство противомикробных веществ биогенного происхождения и продуктов биокаталитического синтеза.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Луканин, А. В. Инженерная биотехнология: основы технологии микробиологических производств : учебное пособие / А. В. Луканин. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 304 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011479-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система Znanium : [сайт]. <https://elis.psu.ru/node/619662>
2. Луканин, А. В. Инженерная биотехнология: процессы и аппараты микробиологических производств : учебное пособие / А. В. Луканин. — Москва : ИНФРА-М, 2020. - 451 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011480-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система Znanium : [сайт]. <https://elis.psu.ru/node/619663>
3. Максимова Ю. Г.,Максимов А. Ю. Биоресурсы и биотехнологии. Основы биотехнологии:учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров "Биология"/Ю. Г. Максимова, А. Ю. Максимов.-Пермь:ПГНИУ,2019, ISBN 978-5-7944-3298-5.-1031.-Библиогр.: с. 101-103 <https://elis.psu.ru/node/592372>

Дополнительная:

1. Бахарев, В. В. Промышленная микробиология : лабораторный практикум / В. В. Бахарев. — Самара : Самарский государственный технический университет, 2022. — 88 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <https://www.iprbookshop.ru/122211>
2. Темникова, О. Е. Молекулярная биотехнология : лабораторный практикум / О. Е. Темникова, Я. В. Малолеткова. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2020. — 116 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/105031>
3. Максимова Ю. Г.,Максимов А. Ю. Имобилизованные клетки и ферменты в биотехнологии:учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров "Биотехнология"/Ю. Г. Максимова, А. Ю. Максимов.-Пермь:ПГНИУ,2018, ISBN 978-5-7944-3183-4.-88.-Библиогр.: с. 80-82
4. Промышленная микробиология:учебное пособие для вузов по специальностям "Микробиология" и "Биология"/З. А. Аркадьева [и др.] ; ред. Н. С. Егоров.-Москва:Высшая школа,1989, ISBN 5-06-001482-7.-686.-Библиогр.: с. 677-687

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

При освоении дисциплины использование ресурсов сети Интернет не предусмотрено.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Биотехнология** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);

доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)

доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).

система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.

система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

1. Лекционные занятия

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, и маркерной доской.

2. Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)

Аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, и маркерной доской.

3. Групповые (индивидуальные) консультации

Аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской;

4. Текущий контроль

Аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской;

5. Самостоятельная работа

Аудитория для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с

доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Биотехнология**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.1

Владеет базовыми знаниями о современной научной картине мира на основе положений, законов и методов математических и естественных наук

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.1.1 Имеет представление о научной картине мира на основе положений, законов и закономерностей естественных наук</p>	<p>Знает структуру, объекты и историю развития биотехнологии; принципы организации клеток, регуляции метаболизма: функционирования генома, экспрессии генов, регуляции на уровне функционально-активного белка; методы селекции и конструирования культур-продуцентов <i>in vivo</i> и <i>in vitro</i> (генной инженерии), геномного редактирования; принципы геномики, протеомики, метаболомики.</p>	<p align="center">Неудовлетворител</p> <p>Не знает общих положений и истории развития биотехнологии, структурной и функциональной организации биологических систем, основ и принципов регуляции метаболизма, методов селекции и конструирования культур-продуцентов <i>in vivo</i> и <i>in vitro</i>. Не владеет основными понятиями биотехнологии.</p> <p align="center">Удовлетворительн</p> <p>Знает лишь поверхностно принципы клеточной организации биологических объектов и механизмы регуляции метаболизма. Кратко излагает основы структурной и функциональной организации биологических систем, знает не все основные принципы и методы конструирования штаммов-продуцентов. Плохо владеет основными понятиями биотехнологии.</p> <p align="center">Хорошо</p> <p>Хорошо знает принципы клеточной организации биологических объектов и механизмы регуляции метаболизма. Детально излагает основы структурной и функциональной организации биологических систем, знает основные принципы и методы конструирования штаммов-продуцентов. Хорошо владеет основными понятиями биотехнологии.</p> <p align="center">Отлично</p> <p>Отлично знает общие положения и историю развития биотехнологии, основы структурной и функциональной организации биологических систем, принципы и механизмы регуляции метаболизма, методы</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> селекции и конструирования культур-продуцентов in vivo и in vitro. Отлично владеет основными понятиями биотехнологии.

ОПК.4

Способен обрабатывать, анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в профессиональной деятельности с использованием теоретических знаний и практических навыков решения математических и физических задач

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.4.2 Систематизирует и грамотно интерпретирует результаты экспериментальных исследований</p>	Знает основы культивирования микроорганизмов и клеток, отделения и очистки целевого биотехнологического продукта, основы ферментных технологий, получения ферментных препаратов и их характеристики, методов энзимологии, основы биокатализа и биотрансформации органических соединений; основы биотехнологического производства метаболитов.	<p style="text-align: center;">Неудовлетворител</p> Не знает основы культивирования микроорганизмов и клеток, отделения и очистки целевого биотехнологического продукта, основы ферментных технологий, получения ферментных препаратов и их характеристики, методов энзимологии, основы биокатализа и биотрансформации органических соединений; основы биотехнологического производства метаболитов.
		<p style="text-align: center;">Удовлетворительн</p> Плохо знает основы культивирования микроорганизмов и клеток, отделения и очистки целевого биотехнологического продукта, основы ферментных технологий, получения ферментных препаратов и их характеристики, методов энзимологии, основы биокатализа и биотрансформации органических соединений; основы биотехнологического производства метаболитов.
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> Хорошо знает основы культивирования микроорганизмов и клеток, отделения и очистки целевого биотехнологического продукта, основы ферментных технологий, получения ферментных препаратов и их характеристики, методов энзимологии, основы биокатализа и биотрансформации органических соединений; основы биотехнологического производства

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Хорошо</p> <p>метаболитов.в</p> <p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Отлично знает основы культивирования микроорганизмов и клеток, отделения и очистки целевого биотехнологического продукта, основы ферментных технологий, получения ферментных препаратов и их характеристики, методов энзимологии, основы биокатализа и биотрансформации органических соединений; основы биотехнологического производства метаболитов.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : набор 2022

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 48 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 48 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.1.1 Имеет представление о научной картине мира на основе положений, законов и закономерностей естественных наук	СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ Письменное контрольное мероприятие	Знание предмета, структуры, объектов и истории развития биотехнологии; принципов организации клеток, биохимической и генетической регуляции. функционирования генома, экспрессии генов, регуляции на уровне функционально-активного белка; методы селекции и конструирования культур-продуцентов in vivo и in vitro (генной инженерии), геномного редактирования. Знание принципов геномики, протеомики, метаболомики.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<p>ОПК.4.2 Систематизирует и грамотно интерпретирует результаты экспериментальных исследований</p>		<p>Знание основ культивирования микроорганизмов и клеток, поверхностного и глубинного, непрерывного и поверхностного, аэробного и анаэробного. Умение подбирать и составлять среды, знание роли компонентов сред и условий культивирования для продуктивности живых клеток. Знание классификации биореакторов и ферментационных процессов. Знание методов разрушения клеток и биомассы, отделения и очистки целевых биотехнологических продуктов. Знание основ ферментных технологий, получения ферментных препаратов и их характеристики, методов энзимологии, основы биокатализа и биотрансформации органических соединений. Знание основ биотехнологического производства первичных и вторичных метаболитов.</p>

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
	БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО МЕТАБОЛИТОВ Письменное контрольное мероприятие	
ОПК.1.1 Имеет представление о научной картине мира на основе положений, законов и закономерностей естественных наук ОПК.4.2 Систематизирует и грамотно интерпретирует результаты экспериментальных исследований	МЕДИЦИНСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ И НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ Итоговое контрольное мероприятие	Знание объектов, методов и процессов промышленной, сельскохозяйственной, экологической и медицинской биотехнологии. Знание новых направлений - бионано- и нанобиотехнологии, биоэлектроники, биофотоники и др.

Спецификация мероприятий текущего контроля

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **14**

Показатели оценивания	Баллы
Знание предмета, структуры, объектов и истории развития биотехнологии; принципов организации клеток, биохимической и генетической регуляции.	16
Функционирования генома, экспрессии генов, регуляции на уровне функционально-активного белка. методы селекции и конструирования культур-продуцентов <i>in vivo</i> и <i>in vitro</i> (генной инженерии), геномного редактирования. Знание принципов геномики, протеомики, метаболомики.	5
Методы селекции и конструирования культур-продуцентов <i>in vivo</i> и <i>in vitro</i> (генной инженерии), геномного редактирования.	5
Знание принципов геномики, протеомики, метаболомики.	4

БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО МЕТАБОЛИТОВ

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **14**

Показатели оценивания	Баллы
Знает классификации биореакторов и ферментационных процессов. Знает методов разрушения	8

клеток и биомассы, отделения и очистки целевых биотехнологических продуктов.	
Умеет подбирать и составлять среды, знание роли компонентов сред и условий культивирования для продуктивности живых клеток.	8
Знает основы ферментных технологий, получения ферментных препаратов и их характеристики, методов энзимологии, основы биокатализа и биотрансформации органических соединений.	7
Знает теорию периодического и непрерывного культивирования микроорганизмов и клеток, основы ферментации и типы биореакторов	7

МЕДИЦИНСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ И НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

Показатели оценивания	Баллы
Отлично ориентируется в основных направлениях, объектах и методах промышленной и экологической биотехнологии.	11
Отлично ориентируется в основных направлениях, объектах и методах сельскохозяйственной и медицинской биотехнологии, новых направлениях биотехнологии - нанобио- и бионотехнологии, биофотонике.	11
Знает основные объекты и методы биотехнологии, предпосылки и историю развития, теоретические основы биотехнологии.	9
Знает основы теории биокатализа. Основные технологии производства ферментов, первичных и вторичных метаболитов. Основы культивирования и ферментации, основные процессы и аппараты биотехнологии.	9