

# БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского  
государственного университета

А.Д.Король

27 июня 2025 г.

Регистрационный № 14250/уч.



## БИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИНТЕЗЕ И ТЕСТИРОВАНИИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для  
специальности:

**1-31 05 02 Химия лекарственных соединений**

2025 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 05 02-2021, учебных планов № G31-1-008/уч. от 25.05.2021, № G31-1-235/уч. от 22.03.2022.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

*Я.В. Фалетров*, доцент кафедры высокомолекулярных соединений химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

*Д.Г. Костин*, начальник отдела антидопинговых испытаний учреждения здравоохранения «Национальная антидопинговая лаборатория», кандидат биологических наук

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой высокомолекулярных соединений БГУ  
(протокол № 13 от 19.06.2025);

Научно-методическим советом БГУ  
(протокол № 11 от 26.06.2025)

Заведующий кафедрой



А.С.Боковец

*В.В. Зубов / А.В. Зубов /*

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины – приобретение студентами фундаментальных знаний о лекарственных соединениях и их прекурсорах, получаемых биотехнологическими способами, генно-инженерных способах модификации метаболических путей клеток, способах получения и применения модифицированных биогенных молекул для синтеза и исследования лекарств, особенностях фармацевтического анализа биофармацевтических препаратов, навыках по биотехнологическому получению лекарственных веществ, исследованию их биологических свойств и получению производных с применением биотехнологических и химических методов.

Задачи учебной дисциплины:

1. сформировать знания о биотехнологических способах промышленного и лабораторного получения ряда лекарств и их синтетических предшественников (аминокислот, производных липидов и стероидов, антибиотиков, пептидов и белков, включая ферменты и антитела)), а также микробиологических и биохимических основах процессов, лежащих в их основе данных способов.

2. сформировать знания о современных биологических и химических технологиях, используемых для создания систем поиска (скрининга) и изучения механизмов действия лекарств с использованием технологий репортерного гена и применения меченых молекул, а также специфики фармацевтического контроля качества биофармацевтических белковых препаратах.

3. сформировать навыки по биотехнологическому получению лекарственных веществ, получению их производных и исследования их биологических свойств с применением методов *in silico* и *in vitro*.

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

Учебная дисциплина относится к модулю «Прикладные аспекты химии лекарственных соединений» компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами: «Органическая химия», «Биохимия», «Высокомолекулярные соединения».

### Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Биофармацевтические технологии в синтезе и тестировании лекарственных средств» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

#### *Базовые профессиональные компетенции:*

Характеризовать биохимические, химические и физико-химические процесс, протекающие на стадиях получения, выделения и очистки целевого продукта фармацевтических и биотехнологических производств.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

#### **знать:**

- основную терминологию биотехнологии, биофармацевтики, белковой и генной инженерии, связанную с синтезом и анализом лекарств и их предшественников;

- структуру, свойства ряда современных биофармацевтических препаратов, а также биосистемы и технологии, используемые для их получения и биохимические основы их функционирования; методы их анализа;

- химические и биотехнологические подходы для создания модифицированных и «меченных» биомолекул и их применение для получения фармацевтических препаратов с улучшенными свойствами или для скрининга и установления механизмов действия лекарств;

**уметь:**

- использовать знания о способах получения и анализа биофармацевтических препаратах, биотехнологических способах получения веществ и создания технологий скрининга и определения биологических свойств лекарств в научной, педагогической и производственной деятельности;

**владеть:**

- некоторыми методами тестирования лекарственных веществ с использованием клеток и ферментов, выявления биологических свойств лекарств с применением методов *in silico*.

**Структура учебной дисциплины**

Дисциплина изучается в 9 семестре. В соответствии с учебным планом всего на изучение учебной дисциплины «Биофармацевтические технологии в синтезе и тестировании лекарственных средств» отведено для очной формы получения высшего образования – 102 часа, в том числе 50 аудиторных часов, лекции – 24 часа, лабораторные занятия – 20 часов, семинарские занятия – 6 часов. **Из них:**

Лекции – 24 часа, лабораторные занятия – 20 часов, управляемая самостоятельная работа – 6 часов.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

## Раздел 1 Введение

### *Тема 1.1 Введение*

Дисциплина «Биофармацевтические технологии в синтезе и тестировании лекарственных средств», ее предмет, задачи и объекты исследований. Клетки, субклеточные и многоклеточные биосистемы как «реакторы» синтеза веществ и/или «аналитические устройства» для определения их свойств. Основные понятия и термины. Биологические технологии в современном производстве лекарственных препаратов. Биологические технологии для скрининга и исследования лекарств. Связь дисциплины с биотехнологией, микробиологией, биохимией, аналитической химией, фармацевтической химией, фармакологией, молекулярной биологией, биоорганической и бионеорганической химией, белковой и генетической инженерией.

## Раздел 2 Биотехнологическое получение аминокислот

### *Тема 2.1 Биотехнологическое получение аминокислот*

Аминокислоты, используемые как лекарственные вещества. Аминокислоты, используемые как пищевые добавки и сырье для синтеза пептидных лекарств. Природные и генно-модифицированные микроорганизмы-продуценты аминокислот, сырье, условия культивирования штаммов. Методы выделения и очистки аминокислот из биомассы. Метаболические пути биосинтеза аминокислот и способы их регуляции. Синтез аминокислот с использованием иммобилизованных ферментов.

## Раздел 3 Биотехнологическое получение лекарств липидной природы

### *Тема 3.1 Стероиды*

Лекарства липидной природы: стероидные гормоны, витамин D; жирные кислоты, простагландины; убихинон, каротин. Эргостерин как провитамин D2. Микроорганизмы-продуценты эргостерина, среды для культивирования, методы выделения из биомассы. Метаболический путь биосинтеза эргостерина и способы интенсификации его образования. Генно-модифицированные микроорганизмы как продуценты провитамина D3 и его аналогов. Стероидные гормоны, их классификация по структуре. Микробиологическое получение стероидных гормонов: природные и генно-инженерные штаммы-продуценты, условия культивирования, выделение стероидов из биомассы. Метаболические пути превращения стероидов в микроорганизмах, пути интенсификации микробиологической продукции стероидов. Последующая химическая модификация микробиологически-синтезированных стероидов.

### *Тема 3.2 Производные жирных кислот*

Лекарства-эйкозаноиды: классификация и примеры. Пути биосинтеза и биотехнологическое получение арахидоновой кислоты и другие

полиненасыщенных кислот; (биотехнологический) синтез простагландинов на их основе.

### ***Тема 3.3 Каротиноиды и убихинон***

Пути биосинтеза каротиноидов. Микроорганизмы-продуценты, условия продукции и выделения из биомассы. Убихиноны (коферменты Q) как лекарственные и косметические средства. Пути биосинтеза убихинонов. Микроорганизмы-продуценты каротиноидов и убихинонов, схемы их превращения в лекарственные вещества.

## **Раздел 4 Биотехнологическое получение антибиотиков**

### ***Тема 4.1 Биотехнологическое получение антибиотиков***

Структурные классы антибиотиков, получаемых биотехнологическими способами: бета-лактамы, аминогликозиды, тетрациклины, макролиды; противоопухолевые антибиотики и иммунодепрессанты. Метаболические схемы биосинтеза антибиотиков из простых веществ. Микроорганизмы-продуценты антибиотиков, специфика накопления и способы выделения антибиотиков из биомассы. Способы повышения способности микроорганизмов продуцировать антибиотики. Химическая модификация для получения новых эффективных полусинтетических антибиотиков и молекулярных зондов.

## **Раздел 5 Биотехнологическое получение лекарств полипептидной природы**

### ***Тема 5.1 Пептиды и белки (не антитела)***

Белки и пептиды, применяемые как лекарства. Инсулин человека. Рациональный дизайн генно-инженерного штамма (выбор микроорганизма-хозяина, дизайн плазмид). Методы выделения и очистки полупродуктов. Сборка цепей. Ферментативный гидролиз проинсулина. Очистка рекомбинантного инсулина. Биотехнологическое производство рекомбинантного инсулина. Интерлейкины. Структура и механизм биологической активности. Генетически-модифицированные микроорганизмы для синтеза интерлейкинов. Интерфероны. Классификация и применение в качестве лекарств. Биотехнологические способы получения интерферонов. Гормон роста (СТГ). Структура и механизм биологической активности. Генетически-модифицированные микроорганизмы для синтеза интерлейкинов. Синтез структурных аналогов СТГ как лекарств. Колонистимулирующие факторы (флиграстим, эритропозтин). Ферменты, используемые как лекарства. Ферменты, используемые как биокатализаторы синтеза лекарственных веществ.

### ***Тема 5.2 Белки-антитела***

Антитела и механизмы иммунного ответа. Антигенные детерминанты и поликлональные антитела, моноклональные антитела. Гибридная технология получения моноклональных антител. Лекарственные соединения на основе моноклональных антител (МАБы: трастузумаб, пертузумаб, адо-трастузумаб, бентуксимаб ведотин, гентузумаб). Конъюгаты лекарство-антитело. Однодоменные и разнодоменные антитела как перспективные лекарства.

## **Раздел 6 Анализ биофармацевтических препаратов**

### ***Тема 6.1 Анализ биофармацевтических препаратов***

Специфика фармацевтического анализа биофармпрепаратов. Биосимиляры. Анализ примесей, иммуногенности, структуры. Биофармацевтические аспекты технологии лекарственных форм.

## **Раздел 7 Биотехнологии для скрининга и анализа лекарств**

### ***Тема 7.1 Концепция «меток»***

Использование меченых низкомолекулярных соединений для установления фармакологических свойств веществ. Флуоресцентные, «кликабельные», аффинные (биотин) и масс-спектрометрические метки (дейтериевые, Girard's Reagent P); фотоактивируемые ковалентно-модифицирующие метки (дииновые, азидоанилиновые, дифенилкетонные). Искусственные аминокислоты и другие классы модифицированных низкомолекулярных соединений. Химические и биологические способы введения меток (ферментативное биотинилирование, липоилирование, пальмитоилирование, тубулинтирозин-лигирование, интеин и т.п.); совместное «встраивание» ферментов для мечения белковых субстратов. Стратегии определения белков-мишеней (механизмов действия) при помощи меченых биомолекул.

### ***Тема 7.2 Расширение генетического кода для внедрения «меток»***

Общее представление о расширении генетической трансляции и генетического кода и применении данного подхода для получения модифицированных белков, содержащих неприродные аминокислоты. Использование в исследованиях лекарств.

### ***Тема 7.3 Высокопроизводительный и высокосодержательный скрининг***

Клеточные и ферментативные системы для скрининга. Библиотеки мутантов с удаленными (knockout) генами. Специфические репортерные молекулы для скрининга (формазановый тест на жизнеспособность, тест на индукцию апоптоза и т.п.). Микроорганизмы со встроенными человеческими генами для тестирования лекарств. Технологии репортерного гена (гены люциферазы, гены флуоресцентных белков).

## **Раздел 8 Компьютерные технологии для оценки фармакологических свойств веществ**

### ***Тема 8.1 Виртуальный скрининг и QSAR (количественная взаимосвязь структуры и активности)***

Компьютерное моделирование взаимодействия молекул (докинг). Белок-белковый и белок-лигандный докинг: сходства и различия. Программное обеспечение для докинга. Базы данных структур белков. Особенности построения трехмерных структур низкомолекулярных лигандов. Виртуальный скрининг. Программы для оценки эффективности взаимодействия белок-лиганд

квантово-химическими методами. QSAR и ADME (абсорбция-распределение-метаболизм-выведение). Программы и алгоритмы для прогноза фармакодинамических и фармакокинетических свойств соединений. Понятие дескриптор и его связь с понятием фармакофор, расширение понятия фармакофор. Применение искусственного интеллекта в решении таких задач.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Очная (дневная) форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий  
(ДОТ)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1</b>	<b>Введение</b>							
1.1	Введение	1						Опрос
<b>2</b>	<b>Биотехнологическое получение аминокислот</b>							
2.1	Биотехнологическое получение аминокислот	1						Опрос
<b>3</b>	<b>Биотехнологическое получение лекарств липидной природы</b>							
3.1	Стероиды	2						Опрос
3.2	Производные жирных кислот	2			4			Опрос, тест
3.3	Каротиноиды и убихинон	2			4			Опрос, тест
<b>4</b>	<b>Биотехнологическое получение антибиотиков</b>							
4.1	Биотехнологическое получение антибиотиков	2						Опрос

<b>5</b>	<b>Биотехнологическое получение лекарств полипептидной природы</b>								
5.1	Пептиды и белки	2			4				Опрос, тест
5.2	Белки-антитела	2					2		Опрос, контрольная работа
<b>6</b>	<b>Анализ биофармацевтических препаратов</b>								
6.1	Анализ биофармацевтических препаратов	2							Опрос
<b>7</b>	<b>Биотехнологии для скрининга и анализа лекарств</b>								
7.1	Концепция «меток»	2			4		2		Опрос, реферат, контрольная работа
7.2	Расширение генетического кода для внедрения «меток»	2							Опрос
7.3	Высокопроизводительный и высокосодежательный скрининг	2							Опрос
<b>8</b>	<b>Компьютерные технологии для оценки фармакологических свойств веществ</b>								
8.1	Виртуальный скрининг и QSAR (количественная взаимосвязь структуры и активности)	2			4		2		Опрос, реферат, контрольная работа

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. Якупов, Талгат Равилович. Молекулярная биотехнология : учебник / Т. Р. Якупов, Т. Х. Фаизов. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2024. - 158 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/179623> .
2. Иванищев, Виктор Васильевич. Молекулярная биология : учебник / В. В. Иванищев. - 2-е изд. - Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2024. - 232 с.
3. Баженова, Ирина Анатольевна. Основы молекулярной биологии. Теория и практика : учебное пособие / И. А. Баженова, Т. А. Кузнецова. - Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2025. - 139 с. Ссылка на ресурс: <https://e.lanbook.com/book/443300>
4. Евтушенков, Анатолий Николаевич. Введение в биотехнологию : учеб. пособие для студ. УВО по спец. "биология (по направлениям)", "биотехнология" / А. Н. Евтушенков, О. Б. Русь, А. М. Ходосовская ; БГУ. - Минск : БГУ, 2023. - 206 с. Ссылка на ресурс: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/315810>
5. Колубако, Анастасия Вячеславовна. Молекулярная биология. Практикум : учебно-методическое пособие для студ. учреждений высшего образования, обуч. по спец. "биология", "биохимия", "микробиология", "биоинженерия и биоинформатика", "биотехнология", "фундаментальная и прикладная биотехнология" / А. В. Колубако, К. Ю. Песоцкая, Е. А. Николайчик ; БГУ. - Минск : БГУ, 2025. - 67 с. Ссылка на ресурс: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/332065>

### Дополнительная литература

1. Фармацевтическая технология: Производство биологически активных веществ: учеб. пособие : в 2 ч. – Ч. 1 / Ю.М. Краснопольский, Н.Ф. Клещев. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2013 – 304 с.
2. Фармацевтическая технология: Производство биологически активных веществ: учеб. пособие : в 2 ч. – Ч. 2 / Ю.М. Краснопольский, Н.Ф. Клещев. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2013 – 192 с.
3. Основы фармацевтической биотехнологии: Учебное пособие / Т.Ц. Прищеп, В.С. Чучалин, К.Л. Зайков, Л.К. Михалева, Л.С. Белова. — Ростов н/Д.: Феникс; Томск: Издательство НТЛ, 2006. — 256 с.
4. Pharmaceutical biotechnology: fundamentals and applications / edited by. Daan J.A. Crommelin, Robert D. Sindelar, Bernd Meibohm.—3rd ed. – 479 с. (англ.).
5. Глик, Б. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение / Б. Глик, Дж. Пастернак. М: Мир, 2002. – 589 с.
6. Скоупс, Роберт К. Методы очистки белков / Р. К. Скоупс ; пер. с англ. В. К. Антонова. - Москва : Мир, 1985. - 358 с.
7. Плакунов, В.К. Основы динамической биохимии: учебник / В.К. Плакунов, Ю.А. Николаев. М.: Логос, 2010 г. – 212 с.
8. Чиркин, А.А. Биохимия / А.А. Чиркин, Е.О. Данченко. – М.: Медицинская литература, 2010. – 608 с.

## Электронные ресурсы

1. Nature Biotechnology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nature.com/nbt/index.html>. – Дата доступа: 28.08.2025.
2. Nature Reviews Drug Discovery [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nature.com/nrd/index.html>. – Дата доступа: 28.08.2025.
3. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/07317085/59?sdc=1>. – Дата доступа: 28.08.2025.
4. «Правила проведения исследований биологических лекарственных средств Евразийского экономического союза». Решение совета евразийской экономической комиссии 3 ноября 2016 г. № 89 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://права.бел/document/?guid=3871&p0=F91600344>. – Дата доступа: 28.08.2025.

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

Для диагностики компетенций могут использоваться следующие средства текущей аттестации: опрос, реферат, тест, контрольная работа.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Биофармацевтические технологии с синтезе и тестировании лекарственных средств» учебным планом предусмотрен зачет.

### Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы

#### *Тема 5.2 Белки-антитела (2 часа)*

Привести список (примеры) структур цитотоксичных компонентов конъюгатов моноклональных антител и биохимических механизмов их действия. Примеры конъюгатов моноклональное вещество – флуорофор (или другая маркерная группа) для использования в целях медицинской диагностики.

Интернет-ресурсы для прогноза сайтов интеракции антител с белками и ДНК.

Форма контроля – опрос, контрольная работа.

#### *Тема 7.1 Концепция «меток» (2 часа)*

Привести 2-4 примера веществ, флуоресцирующих синим светом. Привести 2-4 примера веществ, флуоресцирующих зеленым светом. Привести 2-4 примера веществ, флуоресцирующих красным или ближним инфракрасным светом. Привести примеры методов химического присоединения флуоресцирующего вещества к лекарственному или биогенному соединению. Привести примеры групп-«меток», которые детектируются методами Рамановской спектроскопии, ЯМР или масс-спектрометрии. Нарисуйте схемы азид-алкинового и тетразин-енового превращения. Приведите примеры фотосшивающих «меток».

Форма контроля – опрос, реферат, контрольная работа.

### **Тема 8.1 Виртуальный скрининг и QSAR (количественная взаимосвязь структуры и активности) (2 часа)**

Приведите примеры компьютерных программ или интернет-ресурсов для осуществления виртуального скрининга методом белок-лигандного докинга. Какие отечественные разработки таких программ вам известны? Приведите примеры компьютерных программ или интернет-ресурсов для осуществления оценки биологических свойств низкомолекулярных органических соединений методами на основе принципа количественной взаимосвязи структуры с функцией (QSAR)? Приведите примеры компьютерных программ или интернет-ресурсов для осуществления оценки физико-химических свойств белков методами на основе принципа количественной взаимосвязи структуры с функцией (QSAR)?

Форма контроля – опрос, реферат, контрольная работа.

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

При организации образовательного процесса используется практико-ориентированный подход, который предполагает:

– освоение содержания образования через теоретические эвристические решения практико-ориентированных задач;

– ориентацию на предпринимательское видение перспектив решения обучающих задач дисциплины.

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

Рекомендуется освоение электронного ресурса <https://pharmit.csb.pitt.edu/search.html> для моделирования трехмерных структур потенциальных белков-мишеней, для которых она не установлена на сегодня экспериментально, для дальнейшей проверки ее драгабильности в отношении модельных (учебных) структур лекарственных соединений интереса.

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

1. Антитела. Основы строения. Моноклональные антитела (МАБ). Гибридомы для получения моноклональных антител. Конъюгаты МАБ для иммуноферментного и иммунофлуоресцентного анализа. Конъюгаты МАБ-лекарство.

2. Биосинтез эритромицина и доксорубицина в *S. erythreus*: поликетид-синтазный комплекс, субстраты.

3. Биотехнологическое получение аминокислоты лизина.

4. Биотехнологическое получение аминокислоты триптофана.

5. Биофармацевтические препараты (БФП). Оригинаторы и биосимиляры. Специфика фармацевтического анализа (БФП).

6. Высокопроизводительный скрининг (HTS) по технологиям, основанным на разрешенном во времени переносе энергии флуоресценции, люминисценции и поляризации флуоресценции: общие принципы и красители.

7. Генно-инженерное получение инсулина. Микроорганизмы-хозяева. Модификация структуры для получения препаратов быстрого и пролонгированного действия.

8. Классические методы создания геномных библиотек (дробовика, метод кРНК).

9. Методы выделения и очистки аминокислот из биомассы (осаждение, хроматография)

10. Микроорганизмы-продуценты монобактама тиеномицина. Химическая модификация этого соединения для получения имепенема и меропенема.

11. Основы встраивания генетического материала в клетки бактерий и дрожжей. Метод теплового шока. Метод электропорации. Приемы селекции (гены резистентности к ампициллину, биосинтеза аминокислот, отрицательная селекция с применением гена барназы).

12. Приемы белковой инженерии для повышения эффективности выделения белков. His-tag, химическое и ферментативное биотинилирование (Avi-tag), линкерные последовательности для селективного протеолиза (TEV-протеаза, убиквитиназа) и интеины.

13. Природные и рекомбинантные дрожжи для биотехнологического получения/модификации стероидов.

14. Расширение генетического кода через биоортогональную трансляцию: принцип и применение (структуры неприродных аминокислот для изучения свойств белков).

15. Рекомбинантные дрожжи для биотехнологического получения каротеноидов (каротин, ликопин).

16. Флуоресцентные и аффинные метки. Активированные группы для образования ковалентной связи метки по  $-NH_2$ ,  $-SH$  и карбонильной группе. NBD-Cl и Dansyl Cl.

17. Фотоактивируемые метки (бензофенон, диазириин, арилазид, диин).

18. Получение C21- и C19-стероидов из диосгенина.

19. HTS по технологии репортерного гена. Типы репортерных генов. Формазановый тест на жизнеспособность клеток.

20. Биотехнологическое получение глутаминовой и гамма-аминомасляной аминокислот.

21. Дрожжи для биотехнологического получения полиненасыщенных жирных кислот и их производных. Роль пероксисом в данном процессе.

22. Клик-химия для введения меток: азид-алкиновое циклоприсоединение, тетразин-алкеновое.

23. Микроорганизмы-продуценты клавулановой кислоты. Субстрат и путь ее биосинтеза.

24. Микроорганизмы-продуценты пенициллина G и цефалоспорина C. Подходы по увеличению биотехнологической продукции бета-лактамных антибиотиков. Роль пероксисом в биосинтез пенициллина G.

25. Недостатки E.coli в качестве продуцента «встроенных» белков.
26. Номенклатура МАБ по окончанию: umab, zumab, ximab, momab.
27. Общее представление и номенклатура биофармацевтических препаратов не-моноклональных антител.
28. Пептидные и белковые метки (биотин, пальмитоил, липоат, тубулин, убиквитин).
29. Получение C19-стероидов с использованием непатогенных микобактерий.
30. Получение эргокальциферола из эргостерина.
31. Скрининга антител и кодирующих их генов по технологии фагового дисплея.
32. Флуоресцирующие красители в биоисследованиях (DAPI, Нильский красный, BODIPY, родамин 6G для теста на АТФ-зависимый трансмембранный транспорт лекарств, амфотерицин В).
33. Циклоспорин, каспофунгин и другие пептидные антибиотики: полипептид-синтазный комплекс, субстраты.
34. Масс-спектрометрические метки. Реагент Р Джирарда.
35. Проточная цитофлуориметрия и Активируемая по флуоресценции сортировка клеток (FACS): определение и примеры применения.
36. Рамановское рассеяние и рамановские метки (алкин, азид, диин). Принцип биоортогональности на примере меток (клик, рамановские).

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Учебная дисциплина не требует согласования			

Заведующий кафедрой  
высокомолекулярных соединений,  
кандидат химических наук

А.С.Боковец

19.06.2025

## ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УО

на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

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

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_