

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Витебский государственный
университет имени П.М. Машерова»
Кафедра фундаментальной и прикладной биологии

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

Методические рекомендации

*Витебск
ВГУ имени П.М. Машерова
2026*

УДК 579(075.8)
ББК 28.4я73
В24

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 3 от 22.12.2025.

Составитель: профессор кафедры фундаментальной и прикладной биологии ВГУ имени П.М. Машерова, доктор биологических наук, доцент **Д.Д. Жерносеков**

Р е ц е н з е н т ы :

заведующий кафедрой клинической микробиологии УО «ВГМУ»,
доктор медицинских наук, профессор *И.И. Генералов*;
декан факультета химико-биологических и географических наук
ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук,
доцент *Т.А. Толкачёва*

В24 **Введение в специальность** : методические рекомендации /
сост. Д.Д. Жерносеков. — Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова,
2026. — 56 с.

Приведены общие рекомендации по работе над дисциплиной, методические рекомендации для каждой темы, краткие теоретические сведения, вопросы для самопроверки и задания для самостоятельной работы студентов, примерный перечень тем рефератов, презентаций и докладов с критериями оценок. Предназначено для студентов, обучающихся по специальности 6-05-0511-03 Микробиология.

УДК 579(075.8)
ББК 28.4я73

© ВГУ имени П.М. Машерова, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Методические указания по изучению дисциплины «Введение в специальность»	5
Программа дисциплины «Введение в специальность»	6
Тема: Введение	8
Тема: Историческое развитие микробиологии	11
Тема: Систематика и номенклатура микроорганизмов	15
Тема: Таксономическое разнообразие микроорганизмов	21
Тема: Химическая и структурная организация клеток микроорганизмов	28
Тема: Использование микроорганизмов в научных исследованиях	34
Тема: Особенности культивирования микроорганизмов	38
Тема: Возможности использования микроорганизмов в практической деятельности человека	45
Примерные темы рефератов, презентаций и докладов	51
Оценка написания эссе, доклада	52
Оценка реферата	53
Оценка мультимедийных презентаций	53
Рекомендуемая литература	55

ВВЕДЕНИЕ

Основой дисциплины «Введение в специальность» является приобретение студентами современных представлений о достижениях и перспективах развития данной науки, важнейших этапах ее исторического развития и микроорганизмах как основных объектах исследования, что обеспечит достаточно высокий уровень знаний современных микробиологов, имеющих не только должную теоретическую подготовку, но и способных применять свои знания на практике.

Цель преподавания учебной дисциплины — получение студентами глубоких, системных знаний о мире микроорганизмов, их свойствах, распространении роли в природе, характерных особенностях процессов жизнедеятельности, а также об их значении для человека. Помимо этого, студенты должны представлять себе хронологическое развитие микробиологии и достижения выдающихся ученых, внесших свой вклад в становление микробиологии как науки.

Задачи изучения учебной дисциплины:

- ✓ свободно ориентироваться в большом разнообразии микроорганизмов;
- ✓ сформировать четкие современные представления о систематике данных живых организмов, их морфологии, физиолого-биохимических особенностях и циклах развития;
- ✓ изучить возможности использования микроорганизмов в научных исследованиях и практической деятельности человека;
- ✓ оценить вклад различных ученых в становление микробиологии как науки.

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- ✓ историческое развитие микробиологии как науки;
- ✓ ученых, внесших существенный вклад в становление микробиологии как науки;
- ✓ основные направления и достижения микробиологии на современном этапе развития;
- ✓ принципы и подходы, используемые в современной классификации микроорганизмов, современные классификационные схемы;

уметь:

- ✓ свободно ориентироваться в современных классификационных схемах прокариотических и эукариотических микроорганизмов;
- ✓ использовать полученные теоретические знания в научных исследованиях и практической деятельности;

иметь навык:

методов использования микроорганизмов в научных исследованиях и промышленных технологиях;

✓ приемов, используемых при изучении важнейших свойств и процессов жизнедеятельности микроорганизмов, для борьбы с возбудителями различных заболеваний растений и животных, а также при использовании микроорганизмов в качестве продуцентов биомассы и хозяйственно ценных метаболитов.

Методические рекомендации включают теоретический и практический материал, который может быть использован студентами всех форм обучения.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ»

Работа студента над дисциплиной «Введение в специальность» складывается из следующих моментов: краткие теоретические сведения с последующей самопроверкой по контрольным вопросам; выполнения практических работ; выполнения самостоятельной работы; посещения лекций; сдачи зачета по всему курсу.

Изучение дисциплины рекомендуется начать с рассмотрения предложенной программы с последующим изучением отдельных тем. При чтении материала желательно ведение записей с кратким конспектом основных понятий, принципиальных положений и рекомендаций по изучению дисциплины.

Переходить к изучению новой темы следует после полного усвоения предыдущего раздела и ответов на вопросы для самопроверки. Основным условием хорошего усвоения материала является регулярность в занятиях. Завершив изучение каждой темы, желательно ответить на вопросы для самопроверки.

Для каждой темы приводится обязательная для изучения литература с указанием в квадратных скобках порядкового номера рекомендуемых для работы источников литературы.

Учебным планом по дисциплине «Введение в специальность» предусмотрены практические работы, в ходе выполнения которых студенты знакомятся с историей развития микробиологии, систематикой и номенклатурой микроорганизмов, таксономическим разнообразием, химической и структурной организацией клеток микроорганизмов, особенностями культивирования и использования микроорганизмов в биотехнологии.

К зачету по дисциплине «Введение в специальность» допускаются студенты, прослушавшие курс лекций и имеющие выполненные практические работы. Для сдачи зачета необходимо знание теоретического материала в пределах предложенной программы.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ»

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Введение. Микробиология как наука. Предмет, задачи, достижения и перспективы развития микробиологии. Основные разделы микробиологии. Понятие об общей, технической (промышленной), сельскохозяйственной, ветеринарной и медицинской микробиологии. Роль микроорганизмов в единой системе органического мира и жизни человека. Связь микробиологии с другими науками.

Тема 2. Историческое развитие микробиологии. Основные этапы развития микробиологии: период эмпирических знаний, или донаучный период; морфологический, или описательный период; физиологический период; иммунологический период и открытие вирусов; открытие антибиотиков; молекулярно-генетический период. Ученые, внесшие существенный вклад в развитие микробиологии. Значение работ А. Левенгука, Э. Дженнера, Л. Пастера, Р. Коха, Э. Геккеля, С.Н. Виноградского, Д.И. Ивановского, М. Бейеринка, А. Клейвера, А. Флеминга, З.А. Ваксмана, Д.Х. Берджи и других в становление микробиологии как науки. Вклад белорусских ученых микробиологов (А.Г. Лобанок, С.А. Самцевич, Э.И. Коломиец, В.В. Лысак и др.). Работы по изучению и культивированию микромицетов, проводимые сотрудниками ВГУ имени П.М. Машерова.

Тема 3. Систематика и номенклатура микроорганизмов. Современные подходы к систематике микроорганизмов, основные критерии систематики. Классификация микроорганизмов. Филогенетическая и фенотипическая классификация. Таксономическое разнообразие микроорганизмов. Прокариотические (археи и бактерии) и эукариотические (грибы, грибоподобные организмы, водоросли и простейшие) микроорганизмы.

Тема 4. Химическая и структурная организация клеток микроорганизмов. Общая характеристика и различия в организации клеток прокариотических и эукариотических микроорганизмов. Морфология, химический состав и строение бактериальных клеток. Морфология, химический состав и строение эукариотических клеток. Особенности организации клеток микроорганизмов, обусловленные условиями их существования.

Тема 5. Использование микроорганизмов в научных исследованиях. Классические генетические эксперименты с использованием бактерий и микроскопических грибов. Возможности применения прокариот для создания моделей основных процессов, осуществляющихся на клеточном и молекулярном уровне. Исследования генома микроорганизмов. Основные достижения генной инженерии.

Тема 6. Особенности культивирования микроорганизмов. Возможности использования микроорганизмов в практической деятельности человека. Культуральные среды. Их классификация. Особенности культивирования различных групп микроорганизмов. Использование микроорганизмов в биотехнологии. Промышленное производство пищевой и кормовой микробной биомассы с высоким содержанием белка. Технологии получения биологически активных и хозяйственно ценных продуктов метаболизма.

Перспективы использования микроорганизмов в различных отраслях народного хозяйства. Микробные препараты, улучшающие питание растений и способствующие повышению продуктивности растениеводства. Биологический метод защиты растений от болезней бактериальной и грибной этиологии. Использование микроорганизмов-антагонистов фитопатогенное, создание и повышение эффективности микробных препаратов для сельского хозяйства. Микробная деградация ксенобиотиков в техногеннонарушенных природных и производственных средах.

ТЕМА: ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации

При изучении данной темы следует ознакомиться с понятием, целями, задачами и предметом микробиологии; ее основными разделами и перспективами развития. Знать основные понятия общей, технической (промышленной), сельскохозяйственной, ветеринарной и медицинской микробиологии. Знать роль микроорганизмов в единой системе органического мира и жизни человека. Определить связь микробиологии с другими науками, сформировать представление о современной микробиологии как одной из основных фундаментальных биологических наук, исходя из достижений этой науки в последние годы и ее практической значимости для человека.

Рекомендуемая литература: основная — [1], [2], дополнительная — [6].

Теоретические сведения

Микробиология — это наука о морфологии, физиологии, генетике, экологии и эволюции микроорганизмов (живых организмов с размерами до 0,1 мм).

Разделы микробиологии:

• **Общая** микробиология изучает закономерности строения и жизнедеятельности микроорганизмов на всех уровнях — молекулярном, клеточном, популяционном; генетику и взаимоотношения их с окружающей средой.

• Предметом изучения **частной** микробиологии являются отдельные представители микромира в зависимости от проявления и влияния их на окружающую среду, живую природу, в том числе человека. К *частным* разделам микробиологии относятся:

○ биотехнологическая (биосинтез веществ с использованием микроорганизмов);

○ ветеринарная — изучает микроорганизмы, вызывающие заболевания животных;

○ сельскохозяйственная — изучает роль микроорганизмов в почвообразовании и плодородии почвы, патогенные для растений микроорганизмы, способы защиты растений от болезней и вредителей (синтез удобрений, борьба с вредителями);

○ водная — способы очистки промышленных и сточных вод;

○ космическая — изучает влияние на микроорганизмы космических условий, наличие микробов на других планетах и в метеоритах, способы предупреждения заноса земных микроорганизмов на другие планеты и заноса микробов из космоса на Землю;

○ промышленная — получение микробным синтезом различных соединений, микробных удобрений, БАВ (антибиотиков, ферментов, витаминов, гормонов, вакцин);

○ геологическая — исследует роль микробов в круговороте элементов земной коры, в образовании полезных ископаемых, горных пород, разрабатывает микробиологические способы получения металлов из руд;

○ почвенная — видовой состав различных групп микроорганизмов, населяющих почву, их численность и зависимость от внешних условий, биохимическую деятельность почвенных микроорганизмов, их роль в эволюции и плодородии почв;

○ медицинская — изучает микроорганизмы, которые вызывают заболевания человека, а также процессы, происходящие в организме при внедрении болезнетворных микроорганизмов. Задачей медицинской микробиологии является разработка методов лабораторной диагностики инфекционных болезней, создание иммунологических медицинских препаратов для их предупреждения и лечения.

Медицинская микробиология подразделяется на:

✓ *паразитологию* — науку о гельминтах;

✓ *бактериологию* — науку о бактериях;

✓ *вирусологию* — науку о вирусах;

✓ *микологию*, изучающую патогенные для человека грибы;

✓ *протозоологию*, изучающую патогенные одноклеточные организмы;

✓ *иммунологию* — науку о механизмах защиты организма от патогенных и непатогенных агентов;

✓ *санитарную* — изучающую микрофлору окружающей среды; взаимоотношение микрофлоры с организмом, влияние микрофлоры и продуктов ее жизнедеятельности на состояние здоровья человека;

✓ *клиническую* — изучающую роль условно-патогенных микроорганизмов в возникновении заболеваний человека, диагностику и профилактику этих болезней;

✓ *фармацевтическую* — исследующую болезни и порчу лекарственных растений и сырья под действием микроорганизмов, обсемененность лекарственных средств в процессе приготовления, а также готовых лекарственных форм, методы асептики и антисептики, дезинфекции при производстве лекарственных препаратов, технологию получения микробиологических и иммунологических диагностических, профилактических и лечебных препаратов;

✓ *иммунологию* — основа для разработки лабораторных методов диагностики, профилактики и лечения инфекционных и многих неинфекционных болезней, а также разработки иммунобиологических препаратов (вакцин, иммуноглобулинов, иммуномодуляторов, аллергенов, диагностических препаратов).

Собственно микробиологические методы исследования включают микроскопический, культуральный, серологический, молекулярно-генетический, биологический, аллергологический. Используются и методы других наук (физики, химии, цитологии).

Вопросы для самопроверки

1. Микробиология как наука. Методы исследования
2. Предмет, задачи, достижения и перспективы развития микробиологии.
3. Основные разделы микробиологии.
4. Понятие об общей, технической (промышленной), сельскохозяйственной, ветеринарной и медицинской микробиологии.
5. Роль микроорганизмов в единой системе органического мира и жизни человека.
6. Связь микробиологии с другими науками.

Самостоятельная работа студентов:

Задание 1. Дать определение терминам:

Микробиология, бактериология, иммунология, паразитология, микология, вирусология.

Задание 2. Заполнить таблицу: «Частная микробиология»

<i>Виды микробиологии</i>	<i>Определение</i>
Биотехнологическая	
Ветеринарная	
Сельскохозяйственная	
Водная	
Космическая	
Промышленная	
Геологическая	
Почвенная	
Медицинская	

Задание 3. Подчеркнуть правильный ответ:

1. Роль микробов в круговороте элементов земной коры, в образовании полезных ископаемых, горных пород изучает микробиология: биотехнологическая, ветеринарная, сельскохозяйственная, космическая, геологическая, промышленная.

2. Получение микробным синтезом различных соединений, микробных удобрений, БАВ изучает микробиология: биотехнологическая, ветеринарная, сельскохозяйственная, космическая, геологическая, промышленная.

3. Биосинтез веществ с использованием микроорганизмов изучает микробиология: биотехнологическая, ветеринарная, сельскохозяйственная, космическая, геологическая, промышленная.

4. Роль микроорганизмов в почвообразовании и плодородии почвы, патогенные для растений микроорганизмы изучает микробиология: биотехнологическая, ветеринарная, сельскохозяйственная, космическая, медицинская, промышленная.

5. Способы очистки промышленных и сточных вод изучает микробиология: биотехнологическая, водная, сельскохозяйственная, космическая, медицинская, промышленная.

Задание 4. Заполнить таблицу: «Медицинская микробиология»

Виды медицинской микробиологии	Определение
Паразитология	
Вирусология	
Микология	
Санитарная	
Клиническая	
Фармацевтическая	
Иммунология	

ТЕМА: ИСТОРИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ МИКРОБИОЛОГИИ

Методические рекомендации

При изучении данной темы следует ознакомиться с основными этапами развития микробиологии: периодом эмпирических знаний (донаучный период); морфологическим (описательным) периодом; физиологическим, иммунологическим и молекулярно-генетическим периодами, открытием вирусов и антибиотиков. Знать ученых, внесших существенный вклад в развитие микробиологии: значение работ А. Левенгука, Э. Дженнера, Л. Пастера, Р. Коха, Э. Геккеля, С.Н. Виноградского, Д.И. Ивановского, М. Бейеринка, А. Клейвера, А. Флеминга, З.А. Ваксмана, Д.Х. Берджи и других в становление микробиологии как науки. Ознакомление с историей развития микробиологии, становление ее как науки в Республике Беларусь и вклад белорусских ученых микробиологов (А.Г. Лобанок, С.А. Самцевич, Э.И. Коломиец, В.В. Лысак и др.).

Рекомендуемая литература: основная — [1], [2], дополнительная — [6].

Теоретические сведения

Зарождение и развитие микробиологии до начала XX в.:

Этап 1 — эмпирических знаний, или донаучный, эвристический этап развития (до изобретения микроскопов и их применения для изучения микромира) (IV–III вв. до н.э. – XVI в.):

- о существовании м/о не было известно, природу болезней считали магической;
- отдельные исследователи предполагали, что болезни вызываются невидимыми живыми агентами («миазмы» Гиппократ, «контагии» Фракастор);

- применение карантина и изоляции, прижигание ран, неосознанное использование м/о в виноделии, хлебопечении, сыроделии.

Этап 2 — *морфологический* (XVII – первая половина XIX в.):

- прорывом стало создание Левенгуком первых микроскопов с 150–300-кратным увеличением;
- открытие мира микроорганизмов, описание их внешнего вида;
- опыты по самозаражению, доказывающие роль м/о в возникновении инфекций (чума, холера, сыпной тиф, гепатит).

Этап 3 — *физиологический* (до нач. XX в.):

- Дженнер в 1796 г. провел первую вакцинацию, привив человеку вирус коровьей оспы с целью предотвратить заражение натуральной оспой;
- Д.И. Ивановский на опытах с возбудителем мозаичной болезни табака доказал существование вирусов;

- Луи Пастер — основоположник современной микробиологии: опроверг теорию самозарождения микроорганизмов; доказал роль микроорганизмов в процессах брожения; изобрел методы пастеризации и стерилизации сухим жаром; открыл многие патогенные м/о (стафилококк, пневмококк, клостридии); создал первые аттенуированные (ослабленные) вакцины (холера, сибирская язва, бешенство); доказал формирование искусственного иммунитета;

- Роберт Кох — основоположник современной бактериологии и эпидемиологии: сформулировал триаду Генле-Коча: чтобы доказать связь заболевания с м/о, нужно выделить его от больного, получить чистую культуру и заразить ею лабораторное животное; открыл возбудителя сибирской язвы, холерный вибрион, туберкулезную палочку; ввел в практику метод выделения чистых культур на твердых питательных средах.

Развитие микробиологии после начала XX в.:

Этап 4 — *иммунологический* (до сер XX в.):

- И. Мечников — автор клеточной теории иммунитета: открыл фагоцитоз и изложил фагоцитарную теорию иммунитета; изучал микробиологию и эпидемиологию холеры, чумы, брюшного тифа, туберкулеза; изучал проблемы старения, ввел понятие «геронтология»;

- П. Эрлих — автор гуморальной теории иммунитета: открыл анти-токсические антитела, изучал свойства антитоксических сывороток; открыл тучные клетки; основоположник химиотерапии (терапия сифилиса препаратами мышьяка);

- А. Флеминг в 1929 г. получил первый антибиотик — пенициллин (в массовое производство выпущен в 1941 г.).

Этап 5 — *современный молекулярно-генетический этап* (с середины XX в.):

- широкое использование молекулярных методов исследования, расшифровка геномов, функций генов и белков;

- развитие генной инженерии, получение рекомбинантов, новых видов вакцин и диагностических препаратов;
- определена молекулярно-генетическая организация вирусов и механизмы их взаимодействия с клетками, открыты провирусы и прионы;
- стремительное развитие иммунологии: открытие новых антигенов, расшифровано строение антител, получены моноклональные антитела, изучены иммунодефициты и получены иммуномодуляторы;
- разработаны новые способы диагностики заболеваний (ИФА, РИА, ПЦР и др.)

Микробиология в Республике Беларусь

- в 1911 г. в г. Минске организована первая Пастеровская станция;
- в 1923 г. в составе медицинского факультета БГУ создана кафедра микробиологии;
- основателем Пастеровской станции, кафедры и микробиологии в РБ как таковой считается Борис Яковлевич Эльберт, внесший также большой вклад в разработку вакцины против туляремии и кожного метода ее введения;
- на протяжении более 20-ти лет кафедру возглавлял Алексей Петрович Красильников, изучавший проблемы лептоспироза и внутрибольничных инфекций;
- в настоящее время микробиологические исследования проводятся в РНПЦ эпидемиологии и микробиологии, Институте микробиологии НАН Беларуси, в БГУ и медицинских университетах, РНПЦ пульмонологии и фтизиатрии и др.

Вопросы для самопроверки

1. Дать характеристику эмпирическому этапу развития микробиологии (IV–III вв. до н.э. – XVI в.).
2. Дать характеристику морфологическому этапу развития микробиологии (XVII – первая половина XIX в.).
3. Дать характеристику физиологическому этапу развития микробиологии (до нач. XX в.). Значение работ Э. Дженнера, Л. Пастера, Р. Коха, Д.И. Ивановского, Луи Пастера.
4. Дать характеристику иммунологическому этапу развития микробиологии (до сер XX в). Значение работ А. Флеминга, П. Эрлиха, И. Мечникова и других в становление микробиологии как науки.
5. Дать характеристику современному молекулярно-генетическому этапу развития микробиологии (IV–III вв. до н.э. – XVI в.).
6. История развития микробиологии и становление ее как науки в Республике Беларусь.
7. Вклад белорусских ученых-микробиологов (А.Г. Лобанок, С.А. Самцевич, Э.И. Коломиец, В.В. Лысак и др.).

Самостоятельная работа студентов:

Задание 1. Заполнить таблицу: «Основные этапы развития микробиологии»

Этапы развития	Характеристика этапов
Эмпирический	
Морфологический	
Физиологический	
Иммунологический	
Молекулярно-генетический	

Задание 2. Подчеркнуть правильный ответ:

1. Ученые физиологического этапа развития микробиологии (до нач. XX в.): Э. Дженнер, И. Мечников, П. Эрлих, Л. Пастер, Р. Кох, А. Флеминг.

2. Ученые иммунологического этапа развития микробиологии (до сер. XX в.): И. Мечников, Д.И. Ивановский, А. Флеминг, П. Эрлих, А. Левенгук.

3. Ученые морфологического этапа развития микробиологии (до сер. XX в.): И. Мечников А.П. Красильников, Д.И. Ивановский, А. Флеминг, П. Эрлих, А. Левенгук, Б.Я. Эльберт.

4. Белорусские ученые-микробиологи: И. Мечников, А.П. Красильников, Д.И. Ивановский, А.Г. Лобанок, С.А. Самцевич, В.В. Лысак, Б.Я. Эльберт.

Задание 3. Заполнить таблицу: «Вклад ученых в развитие микробиологии»

Ученые	Вклад в развитие микробиологии
А. Левенгук	
Л. Пастер	
Р. Кох	
И. Мечников	
П. Эрлих	
А. Флеминг	
Б.Я. Эльберт	
А.П. Красильников	

Задание 4. Подготовить сообщения:

1. Роль С.Н. Виноградского в становлении и развитии почвенной микробиологии.

2. Разработка принципов антисептики (И. Земмельвейс, Д. Листер) и химиотерапии (Д.Л. Романовский, П. Эрлих) бактериальных инфекций.

3. Основные направления развития микробиологии в XX и XXI вв.

4. Молекулярно-генетические исследования. Биотехнология.
5. Экологическое направление в микробиологии (Б.Л. Исаченко).
Водная микробиология.
6. Успехи науки по изучению космического пространства. Космическая микробиология.

ТЕМА: СИСТЕМАТИКА И НОМЕНКЛАТУРА МИКРООРГАНИЗМОВ

Методические рекомендации

При изучении данной темы следует ознакомиться с современными подходами к систематике микроорганизмов, основными критериями систематики, принципами систематики и номенклатуры. Знать принципы классификации прокариотных микроорганизмов; правила номенклатуры и идентификации. Получить представление о понятиях вид, штамм, клон, установить специфические признаки, используемые при определении микроорганизмов в определителе Берджи, уметь ориентироваться в морфологическом и функциональном многообразии прокариот.

Рекомендуемая литература: основная — [1], [3], дополнительная — [1], [4], [5], [7], [8].

Теоретические сведения

Принципы систематики микроорганизмов

В систематике используют один из следующих принципов:

1) ***феносистематика*** — анализ совпадения большого числа признаков (морфологических, физиологических, биохимических и др.) с определением коэффициента сходства — доли признаков одновременно отсутствующих или одновременно присутствующих у обоих организмов (но не имеющих только у одного из них). Значение =1 означает 100% сходство, сходство, а <0,02 означает абсолютное несходство;

2) ***хемосистематика*** — анализ структуры химических соединений поверхностных образований бактериальной клетки;

3) ***геносистематика*** — анализ степени сходства геномов:

- сравнение процентного соотношения Г/Ц;
- сравнение коэффициента подобия $(Г+Ц)/(Г+Ц+Т+А)$;
- определение плазмидного состава;
- секвенирование — определение последовательности нуклеотидов, чаще в рРНК;

4) ***смешанный подход*** (наиболее предпочтителен) — комбинация описанных выше.

Систематика (таксономия) — наука о многообразии и взаимосвязях между организмами. Одна из задач систематики — распределение (классификация) множества организмов по группам (таксонам).

Таксон — группа организмов, обладающих заданной степенью однородности.

Три важнейших аспекта систематики — **классификация, идентификация и номенклатура**.

1. Классификация — распределение (объединение) организмов в соответствии с их общими свойствами (сходными генотипическими и фенотипическими признаками) по различным таксонам.

Классификация — это распределение организмов в соответствии с их общими свойствами по группам более высокого порядка — таксономическим единицам (таксонам).

В настоящее время ведущий подход при классификации — **генетический**. Согласно трехдоменной системе, одноклеточные прокариотные микроорганизмы относятся к доменам Бактерии (Эубактерии), и Археи. Третий домен — Эукариоты — включает все живые организмы, клетки которых содержат ядро. Археи внешне сходны с бактериями, но их метаболические пути во многом уникальны, а некоторые схожи с теми, что используют эукариоты.

Основными таксонами, следующими за доменом, являются: *тип, класс, порядок, семейство, род и вид*. **Вид** — это эволюционно сложившаяся совокупность особей, имеющих экологическое единство, близкий генотип и сходные (в стандартных условиях) морфологические, физиологические, биохимические признаки и антигенную структуру.

2. Номенклатура — присвоение названий отдельным группам и видам микроорганизмов. В систематике бактерий, как и в ботанике, зоологии, принята бинарная номенклатура, согласно которой бактериям присваивается название, состоящее из двух слов, в которых первое слово определяет их принадлежность к конкретному роду, второе — к виду.

Номенклатура бактерий определяет их название в соответствии с международными правилами. Все таксоны до вида определяются одним словом (например, у кишечной палочки: тип *Proteobacteria* или род *Escherichia*), а вид — двумя словами, включая родовое название (*Escherichia coli*).

Внутри вида популяции микроорганизмов могут в некоторой степени отличаться друг от друга, и тогда их выделяют в подвидовые таксоны:

1) варианты (вары) — отличаются по свойствам, но не так сильно, чтобы быть выделенными в отдельный вид;

2) чистая культура — совокупность м/о одного вида или варианта, полученная из одного образца материала и содержащаяся в определенном объеме среды (например, в пробирке);

3) штамм — чистая культура, полученная из определенного источника в определенное время, с известными свойствами, которые могут отличаться

от свойств других штаммов (например, выделенных в другом месте или в том же месте в другое время); фактически штамм — это именованная чистая культура после определения ее свойств;

4) клон — чистая культура, полученная из одной материнской клетки, а значит генетически полностью однородная.

3. Идентификация устанавливает принадлежность микроорганизмов к определенному таксону на основании наличия конкретных признаков.

При изучении, идентификации и классификации микроорганизмов (бактерий) чаще всего изучают следующие гено- и фенотипические характеристики или **критерии систематики**:

1. Морфологические — форма, величина, особенности взаиморасположения, структура.

2. Тинкториальные — отношение к различным красителям (характер окрашивания), прежде всего к *окраске по Граму*. По этому признаку все микроорганизмы делят на *грамположительные* и *грамотрицательные*.

Морфологические свойства и отношение к окраске по Граму позволяют как правило отнести изучаемый микроорганизм к крупным таксонам — семейству, роду.

3. Культуральные — характер роста микроорганизма на питательных средах.

4. Биохимические — способность ферментировать различные *субстраты* (углеводы, белки и аминокислоты и др.), образовывать в процессе жизнедеятельности различные биохимические продукты за счет активности различных ферментных систем и особенностей обмена веществ.

5. Антигенные — признаки, обусловленные преимущественно химическим составом и строением клеточной стенки, наличием жгутиков, капсулы, распознаются по способности макроорганизма (хозяина) вырабатывать антитела и другие формы иммунного ответа, выявляются в иммунологических реакциях.

6. Физиологические — способы углеводного (*автотрофы, гетеротрофы*), азотного (*аминоавтотрофы, аминокетотрофы*) и других видов питания, тип дыхания (*аэробы, микроаэрофилы, факультативные анаэробы, строгие анаэробы*).

7. Подвижность и типы движения.

8. Способность к *спорообразованию*, характер спор.

9. Чувствительность к бактериофагам, фаготипирование.

10. Химический состав клеточных стенок — основные сахара и аминокислоты, липидный и жирнокислотный состав.

11. Белковый спектр (полипептидный профиль).

12. Чувствительность к антибиотикам и другим лекарственным препаратам.

13. Генотипические (использование методов геносистематики)

Генетические критерии систематики

Наиболее объективными и дающими представление о филогенетических связях между микроорганизмами являются генетические (молекулярно-биологические) критерии. К ним относятся:

- *определение относительного содержания ГЦ-пар в ДНК* представляет собой стабильный признак бактерий, не зависящий ни от возраста, ни от условий культивирования, ни от отдельных перестроек генов в хромосоме (т.е. данное свойство практически не изменяется под влиянием большинства мутаций);
- *гибридизация нуклеиновых кислот* — определяют число и степень сходства гомологичных участков в геномах сравниваемых видов;
- *определение нуклеотидных последовательностей в молекулах ДНК или РНК* — дает возможность проводить сопоставительный анализ последовательностей в различных молекулах ДНК и РНК;
- *применение генетических зондов (ДНК-зондов)* — основан на реакции гибридизации между фрагментом нуклеотидной последовательности (зондом), несущим наиболее специфический и консервативный для данного вида бактерий ген, с полимерной ДНК изучаемого микроорганизма;
- *рестрикционный анализ ДНК* — метод изучения строения генома бактерий;
- *методы генетического анализа* (изучение переноса генов, генетических скрещиваний, картирование хромосом бактерий и др.).

Фенотипические критерии систематики

В классификации бактерий используют набор фенотипических признаков: морфологических, культуральных, физиологических и биохимических. Описание ***морфологических признаков*** включает определение формы, размеров клеток и их взаимного расположения, типа жгутикования, наличия капсулы, способности образовывать споры, особенностей внутреннего строения. К категории морфологических признаков относится и окраска по методу Грама, связанная со строением клеточной стенки. При характеристике ***культуральных признаков***, т.е. таких, которые проявляются при выращивании бактерий в различных условиях, отмечают особенности роста бактерий на плотной питательной среде (размер, окраска, форма, характер колоний) и в жидких питательных средах (образование осадка, пленки, взвеси, хлопьев и т.д.) Разнообразными являются ***биохимические признаки*** бактерий, которые обусловлены наличием тех или иных ферментов, образованием определенных продуктов метаболизма (кислоты, спирты, газы), типом запасных веществ, химическим составом клеток.

Серологические критерии систематики

Серологические (от лат. *serum* — сыворотка) критерии систематики основаны на специфических реакциях взаимодействия антигенов (компоненты клеточных стенок, жгутиков, капсул, ДНК и токсинов) идентифицируемых микроорганизмов с антителами, содержащимися в сыворотках.

Между антигенами и соответствующими им антителами происходит связывание, что положено в основу методов серологической диагностики.

Такие серологические реакции, как агглютинация, преципитация, связывание комплемента, иммуофлуоресценция, иммуоферментный и радиоиммунный анализ, позволяют легко и быстро проводить предварительную идентификацию микроорганизмов.

Современная классификация бактерий

Наиболее приемлемой филогенетической системой классификации прокариот является система, основанная на сопоставлении последовательности нуклеотидов в 16S-рРНК. Эта система положена в основу 2-го издания многотомной энциклопедии прокариот — Bergey's Manual of Systematic Bacteriology (Руководство по систематике бактерий Берджи), первый том которой вышел в свет в 2001 г. В этом труде все прокариоты разделены на 26 филогенетических «ветвей» (групп) на основании строения их 16S-рРНК; 23 «ветви» представлены эубактериями, а три — архебактериями.

Из 23 групп эубактерий две филогенетические группы представлены грамположительными бактериями, остальные группы — грамотрицательными.

Грамотрицательные бактерии состоят из крупной группы Протеобактерий (*Proteobacteria*) и 20 групп остальных бактерий, имеющих данный тип клеточной стенки.

Кроме Протеобактерий, к грамотрицательным относятся следующие основные группы эубактерий: водородные термофилы, зеленые нитчатые бактерии, зеленые серные бактерии, цианобактерии, спирохеты, цитофаги, бактериоиды, хламидии, планктомицеты, дейнококки, хлорофлексусы, фузобактерии, фибробактерии, термодесульфобактерии и др.

Наиболее признанной и используемой фенотипической классификацией бактерий является классификация, представленная в девятом издании Определителя бактерий Берджи. В этом издании бактерии на основании строения пограничного слоя клетки разделены на четыре основные категории (отдела):

1) *Gracilicutes* (от лат. *cutes* — кожа, *gracilis* — тонкий) — грамотрицательные эубактерии, имеющие клеточные стенки;

2) *Firmicutes* (от лат. *firmus* — прочный) — грамположительные эубактерии, имеющие клеточные стенки; 3) *Tenericutes* (от лат. *tener* — мягкий, нежный) — эубактерии, лишенные клеточных стенок; 4) *Mendosicutes* (от лат. *mendosus* — ошибочный) — архебактерии, клеточные стенки которых отличаются от аналогичных структур других прокариот.

В классификации Берджи используются следующие группы или уровни (таксоны):

царство — Regnum (лат.);

домен — Domen (лат.);

филум — Phylum (лат.); в классификации прокариотов для обозначения этого таксона используется термин «филум», а для эукариотов — «тип»;
класс — Class (лат.);
порядок — Ordo (лат.);
семейство — Familia (лат.);
род — Genus (лат.);
вид — Species (лат.).

Кроме этих таксонов широко используются и другие термины:
штамм — популяция бактерий одного вида, выделенных из какого-либо определенного источника;

клон — популяция бактерий, полученная из одной бактериальной клетки;

подвид, инфравид — популяция бактерий, отличающихся от основного вида по какому-либо признаку или признакам, которые могут быть детализированы как варианты (-*вары*, но не типы), для их обо значения используется только суффикс «-вар», чтобы избежать возможной ошибки — принять «вариант» за «тип», как таксон эукариотов;

морфовары — популяция бактерий, отличающихся от основного вида по морфологическим свойствам;

хемовары — по биохимическим свойствам;

серовары — по антигенной структуре;

фаговары — по чувствительности к бактериофагам;

колициновары — по продукции бактериоцинов;

резистенсвары — по устойчивости к антибиотикам;

геновары — по строению части генома;

патовары — по вирулентности;

биовары — по нескольким биологическим свойствам.

Вопросы для самопроверки

1. Принципы систематики микроорганизмов.
2. Современные подходы к систематике микроорганизмов, основные критерии систематики.
3. Классификация микроорганизмов.
4. Филогенетическая и фенотипическая классификация.
5. Понятие о виде, варианте, штамме и клоне.

Самостоятельная работа студентов:

Задание 1. Дать определение терминам:

систематика, таксон, классификация, классификация, вид, клон, подвид, морфовары, хемовары, хемовары, фаговары, колициновары, резистенсвары, геновары, патовары, биовары.

Задание 2. Заполнить таблицу: «Критерии систематики»

Критерии	Определение
Морфологические	
Тинкториальные	
Культуральные	
Биохимические	
Антигенные	
Физиологические	
Генотипические	

Задание 3. Тестовые задания

Выберите один правильный ответ.

1. Семейства микроорганизмов подразделяются на следующие таксономические единицы: 1) виды, 2) роды, 3) классы, 4) порядки.

2. Первое слово в бинарном наименовании микроорганизмов — это название: 1) вида, 2) рода, 3) семейства, 4) класса.

3. Вариант бактерий, отличающийся от типового вида по антигенным свойствам, называется: 1) биоваром, 2) фаговаром, 3) сероваром, 4) морфоваром.

4. Популяция бактерий, полученная из одной бактериальной клетки, называется: 1) биоваром, 2) штаммом, 3) клоном, 4) морфоваром.

5. По морфологическим свойствам к коккам относятся: 1) клостриды, 2) бациллы, 3) сарцины, 4) боррелии.

6. Споробразующие бактерии, размер споры которых превышает диаметр клетки, называются: 1) бациллами, 2) клостридиями, 3) сарцинами, 4) боррелиями.

7. К спирохетам относятся: 1) вибрионы, 2) кампилобактерии, 3) сарцины, 4) боррелии.

ТЕМА: ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ

Методические рекомендации

При изучении данной темы следует ознакомиться с таксономическим разнообразием микроорганизмов. Знать прокариотические и эукариотические микроорганизмы. Изучить характеристику бактериальных и архейных клеток.

Рекомендуемая литература: основная — [1], [3], дополнительная — [1], [4], [5], [7], [8].

Теоретические сведения

В последнее время в систематике микроорганизмов все чаще используется нумерическая таксономия. Она признает равноценность всех признаков. Видовая принадлежность устанавливается по числу совпадающих признаков: размеры, форма, взаиморасположение в колониях, биохимические аспекты, и в особенности, сходство участков генома.

В современной систематике эукариот, бактерий и архей широко применяется принцип **клатистики** (рис. 1). В соответствии с ним группы живых существ разделяются на 3 варианта: «монофилетическая группа», «парафилетическая группа», «полифилетическая группа».

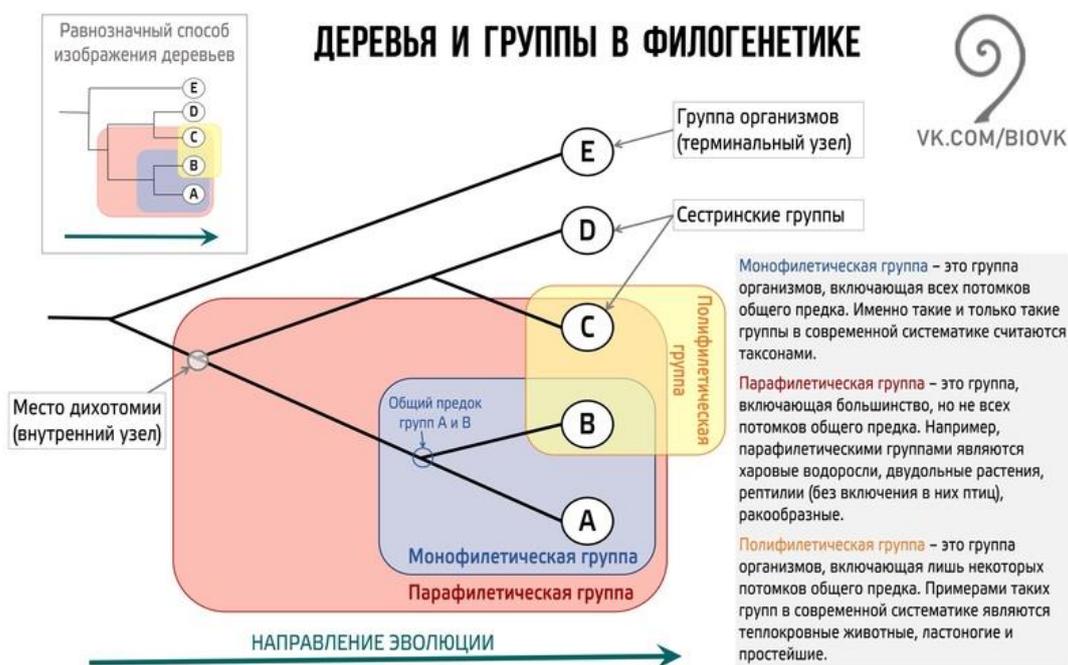


Рисунок 1. Основные принципы клатистики

Монофилетической группой называют один из целых «стволов» на дереве. Например, монофилетическими группами на дереве эукариот оказываются охрофитовые водоросли, Stramenopiles, SAR, сами эукариоты.

Парафилетической группой называют один «ствол» дерева без некоторых отходящих от него веточек. Примером такой группы могут служить харовые водоросли.

Полифилетические группы объединяют несколько разных «стволов». Например, такова группа “Excavata” в эукариотах. Пара- и полифилетические группы не могут быть таксонами, и их латинские названия пишут в кавычках.

Основы систематики заложил Карл Линней в середине XVIII века. В основу классификации организмов положен иерархический принцип.

Основной единицей систематики является вид. Вид — это группа особей, имеющих общее происхождение, обладающих сходным строением, способных свободно скрещиваться между собой и давать плодовитое потомство. Близкородственные виды объединяются в рода, рода — в семейства, семейства в порядки (или отряды), порядки — в классы, классы — в типы (или отделы), типы — в царства, царства — в домены. Существуют также промежуточные варианты: подкласс, надотряд и т.д.

В настоящее время высшей единицей классификации является домен. Все живые существа относятся к одному из 3 доменов: бактерии, археи и эукариоты.

Домен бактерии. Бактерии — домен микроорганизмов. Бактерии обычно достигают нескольких микрометров в длину, их клетки могут иметь разнообразную форму: от шарообразной до палочковидной и спиралевидной.

➤ Одноклеточные, колониальные и даже многоклеточные организмы, в том числе с начальной дифференцировкой клеток (до четырех функциональных типов клеток в одной многоклеточной нити).

➤ Прокариотическое строение клетки (набор цитоплазматических органелл, помимо нуклеоида и рибосом, включает, у разных видов: тилакоиды, фикобилисомы, хроматофоры, хлоросомы, каротиносомы, азотфиксирующие и хемосинтетические ламеллы, карбоксисомы, аэросомы, пиреллюлосомы и др.).

➤ Геном не содержит гистонов.

➤ Мембраны состоят из фосфолипидов.

➤ Мембраны всегда двухслойные; часто присутствует дополнительная, периплазматическая мембрана, расположенная снаружи от клеточной стенки.

➤ Клеточная стенка состоит из муреина и/или S-протеинов; часто присутствуют дополнительные слои из миколовых кислот, арабанов, маннанов, галактанов и др.

➤ Жгутик представляет собой полую белковую нить, образованную субъединицами флагеллина А; он правовращающий, растущий от конца, движется с использованием протонного градиента.

➤ Уникальные процессы: большинство типов брожения, азотфиксация, фотосинтез на основе бактериохлорофилла, анаэробное дыхание на основе восстановления соединений серы, железа, марганца, хлора, сурьмы, мышьяка.

Классификация бактерий длительное время базировалась на признаке структуры клеточной стенки. В системе Берджи 1984–1987 гг. выделяли четыре отдела бактерий: Грамположительные, Грамотрицательные, Микоплазмы и Мендозокуты. Последняя группа оказалась синонимом архей; что же касается остальных трех, то грамположительные бактерии сохранили статус отдела, микоплазмы стали одним из классов в составе этого же отдела, а грамотрицательные бактерии распались на минимум 22 отдела, никак не связанных друг с другом.

В настоящее время царства в домене бактерий не выделяются и поэтому этот домен состоит непосредственно из отделов.

Перечень основных отделов бактерий и схема установленных филогенетических взаимоотношений между ними.

Отдел VI. Aquificae — Аквифексы, водородные бактерии

Отдел VII. Thermotogae — Термотоги

Отдел VIII. Thermodesulfobacteria — Термодесульфобактерии

Отдел XIV. «Deinococcus-Thermus» — «Дейнококкус-Термус»

Отдел V. Chrysiogenetes — Хризогенеты

Отдел XVI. Chloroflexi — Зеленые несерные бактерии

Отдел XVII. Thermomicrobia — Термомикробиумы

Отдел XVIII. Nitrospira — Нитроспирры

Отдел XIX. Deferribacteres — Деферрибактеры

Отдел X. Cyanobacteria — Цианобактерии

Отдел XXI. Chlorobi — Зеленые серобактерии

Отдел XII. Proteobacteria — Протеобактерии

Отдел XIII. Firmicutes — Грамположительные бактерии

Отдел XIV. Actinobacteria — Актинобактерии

Отдел XV. Planctomycetes — Планктомицеты

Отдел XVI. Chlamydiae — Хламидии

Отдел XVII. Spirochaetes — Спирохеты

Отдел XVIII. Fibrobacteres — Фибробактеры

Отдел XIX. Acidobacteria — Ацидобактерии

Отдел XX. Bacteroidetes — Бактероиды

Отдел XXI. Fusobacteria — Фузобактерии

Отдел XXII. Verrucomicrobia — Веррукомикробиумы

Отдел XXIII. Dictyoglomus — Диктиогломусы

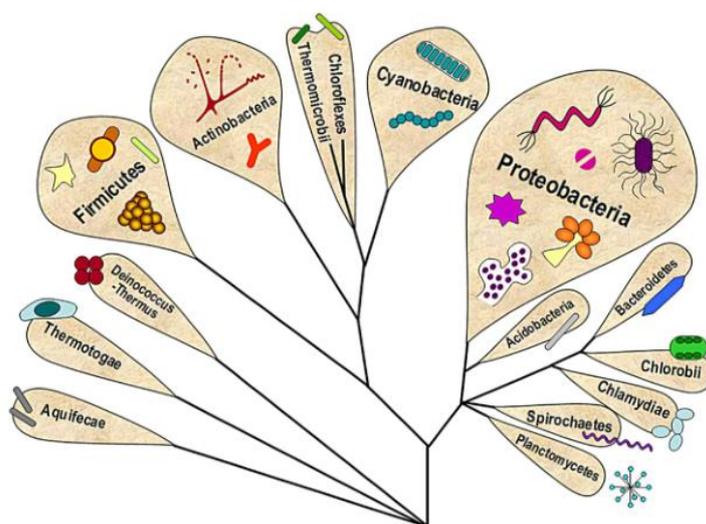


Рисунок 2. Филогенетические связи между основными отделами бактерий (по Леонтьеву, 2014)

Домен архей. Домен архей был выделен Карлом Вёзе в 1977 г. на основе генетики. Внешне похожи на бактерий, но отличаются от них по строению.

Основные особенности строения:

- Исключительно одноклеточные организмы.
- Прокариотическое строение клетки (набор цитоплазматических органелл ограничен нуклеоидом и рибосомами).
- Геном содержит гистоноподобные белки.
- Липидный компонент мембраны состоит из фитанолглицеридов (простых эфиров глицерина и терпеноида фитанола).
- Мембраны могут быть однослойными.
- Клеточная стенка состоит из псевдомуреина (полимера из чередующихся остатков N-ацетилглюкозамина и N-ацетилгаллозаминуриновой кислоты) и/или S-протеинов.
- Жгутик представляет собой сплошную белковую нить, образованную субъединицами флагеллинов В1, В2 и В3; он левовращающий, растущий от основания, движется с использованием энергии АТФ.
- Уникальные метаболические процессы: метаногенез, бактериородопсиновый фотосинтез.

Экология: термофилы, галофилы, ацидофилы, алкалофилы, барофилы. Любят экстремальные местообитания (гейзеры, соленые озера, болота, наш кишечник).

Выделяют не менее 15 отделов архей:

Отдел AI Crenarchaeota Garrity and Holt 2001 — Кренархеоты — термофилы, термоацидофилы, серные анаэробные бактерии;

Отдел AII. Euryarchaeota Garrity and Holt 2001 — Эвриархеоты — метаногенные и галофильные архей;

Отдел AIII. Nanoarchaeota Huber et al. 2002 — Наноархеоты — единственные известные представители Nanoarchaeum equitans и Nanobsidianus stetteri;

Отдел AIV. Korarchaeota Barns et al. 1996 — Корархеоты — ДНК обнаружена в геотермальных источниках США, Исландии, на рисовых полях Японии;

Отдел AV. Thaumarchaeota Brochier-Armanet et al. 2008 — в основном окислители аммония, как например, морской аммоний-окислитель Nitrosopumilus maritimus и аммоний-окислитель преимущественно почвенного происхождения Nitrososphaera gargensis;

Отдел AVI. Lokiarchaeota Spang et al. 2015 — наиболее известный представитель, *Lokiarchaeum*, выделен на основании генома, собранного при метагеномном анализе образцов, полученных рядом с гидротермальными источниками в Атлантическом океане на глубине 2,35 км [172] и в дальнейшем введен в культуру в лаборатории, позднее удалось вырастить еще одного представителя локиархей — *Promethoarchaeum syntrophicum*;

Эукариотные группы микроорганизмов



Примечания. 1) s. l. – sensu lato – в широком смысле; s. s. – sensu stricto – в узком смысле.

2) Часть объединений трактуется по-разному разными авторами.

3) Некоторые группы – спорные между водорослями, простейшими и грибами.

Рисунок 3. Традиционное деление эукариот на царства

Candidatus Thorarchaeota — известны только по метагеномным исследованиям осадков эстуариев рек;

Candidatus Odinarchaeota — известны только по метагеномным исследованиям глубоководных океанических желобов;

Candidatus Heimdallarchaeota — известны только по метагеномным исследованиям глубоководных океанических желобов, наиболее близкие родственники эукариот;

Candidatus Aigarchaeota Nunoura et al. 2011 — термофилы;

Candidatus Diapherotrites Rinke et al. 2013 — известны только по метагеномным исследованиям в заброшенных шахтах в США;

Candidatus Nanohaloarchaeota Rinke et al. 2013 — распространены в гипергалинных местообитаниях

Candidatus Parvarchaeota Rinke et al. 2013 — найдены в заброшенных шахтах в США;

Candidatus Undinarchaeota Dombrowski et al. 2020 — известны только по метагеномным исследованиям;

Candidatus Verstraetearchaeota Vanwonterghem et al. 2016 — известны только по метагеномным исследованиям.

Эукариот традиционно распределяли по трём царствам: животных, растений и грибов, как показано на схеме ниже. Принцип такого деления

был основан на разных типах питания. Растения — это фотосинтетики-автотрофы, они производят органику для собственного питания из неорганики, используя энергию света. Животные и грибы — гетеротрофы, они потребляют чужую готовую органику, при этом животные едят её большими кусками (они фаготрофы / голотрофы), а грибы всасывают её раствором через поверхность тела (они осмотрофы).

Вопросы для самопроверки

1. Таксономическое разнообразие микроорганизмов.
2. Прокариотические (археи и бактерии) микроорганизмы.
3. Эукариотические (грибы, грибоподобные организмы, водоросли и простейшие) микроорганизмы.

Самостоятельная работа студентов:

Задание 1. Заполнить таблицу: «Мир микроорганизмов»

Доклеточные организмы	Клеточные организмы		

Задание 2. Заполнить таблицу: «Распределение микроорганизмов на царства в зависимости от структуры их клеточной организации»

Надцарство	Царство	Структура клеточной организации
Эукариоты		
Прокариоты		
Ациты		

Задание 3. Заполнить таблицу: «Сравнение клеток растений и грибов»

Характерный признак	Клетка	
	растений	грибов
Клеточная стенка		
Пластиды		
Основной запасной углевод		
Клеточный центр		
Вакуоли		

ТЕМА: ХИМИЧЕСКАЯ И СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ КЛЕТОК МИКРООРГАНИЗМОВ

Методические рекомендации

При изучении данной темы следует ознакомиться с общей характеристикой и различиями в организации клеток прокариотических и эукариотических микроорганизмов. Знать морфологию, химический состав и строение бактериальных клеток и эукариотических клеток.

Особенности организации клеток микроорганизмов.

Рекомендуемая литература: основная — [1], [2], [3], дополнительная — [6].

Теоретические сведения

К микроорганизмам относят три типа организации живого:

- доклеточные формы: вирусы и прионы;
- прокариоты: бактерии и археи;
- некоторые эукариоты: микроскопические животные, растения и грибы до 0,1 мм.

Общие черты микроорганизмов с другими организмами:

1) состоят из тех же химических элементов и имеют в структуре те же химические соединения (белки, липиды, углеводы, НК);

2) имеют те же механизмы обеспечения энергией и биохимические процессы (с некоторыми отличиями).

Отличительные черты микроорганизмов:

1) малые размеры: до 450 нм у вирусов, до 10 мкм у большинства бактерий, до 100 мкм у простейших и микроскопических грибов;

2) относительная простота строения;

3) повсеместное распространение;

4) превосходство биомассы микроорганизмов над биомассой животных и растений;

5) высокие темпы размножения и адаптации к окружающей среде, генетическое разнообразие;

6) высокая активность метаболизма и его пластичность (разнообразие);

7) являются ключевым звеном круговорота веществ и энергии.

Отличия прокариот и эукариот

Признак	Прокариоты	Эукариоты
Ядро	Нуклеоид без гистонов, гаплоидный набор	Линейная ДНК, диплоидный набор;
Внехромосомные генетические элементы	Плазмиды, транспозоны	ДНК митохондрии
Деление	Бинарное (амитоз)	Митоз и мейоз

Мембранная система	Высокоорганизованных органелл нет	Высокоорганизованные мембранные и немембранные органеллы
Рибосомы	70S	80S
Состав клеточной стенки	Пептидогликан	Целлюлоза, хитин, отсутствует
Эндоцитоз	Нет	Есть
Устойчивость к гамма-облучению	Очень высокая	Низкая
Анаэробизм	Факультативный и облигатный	Факультативный

Основные формы бактерий

I. Кокки (шаровидные бактерии ~ 1 мкм)

1) микрококки — поодиночке, непатогенны; 2) диплококки — парами; 3) стрептококки — в виде цепочек; 4) тетракокки — по четыре, непатогенны; 5) стафилококки — в виде гроздьев винограда; 6) сарцины — в виде пакетов кубической формы (чаще по 8), непатогенны.

II. Палочки (до 10 мкм):

1) энтеробактерии — прямые, располагаются беспорядочно; 2) коринебактерии — попарно, буквой «V», на концах расширения с волутином; 3) клостридии — форма теннисной ракетки (на конце эндоспора); 4) бациллы — располагаются цепочками, образуют эндоспоры.

III. Извитые бактерии:

1) вибрионы — короткие, с одним изгибом (форма запятой); 2) спирохеты — длинные и тонкие, много изгибов; 3) спириллы и кампилобактерии — длинные, с двумя-тремя изгибами; 4) актиномицеты — ветвятся по типу мицелия грибов.

IV. Полиморфные бактерии (микоплазмы) — изменяют форму в зависимости от условий.

Общий план строения бактериальной клетки

Любая бактериальная клетка имеет нуклеоид, цитоплазматическую мембрану, мезосомы, цитоплазму и рибосомы. Все остальные органеллы являются факультативными.

Цитоплазматическая мембрана (ЦПМ) — это двойной слой липидов с направленными наружу гидрофильными головками и погруженными внутрь гидрофобными хвостами. У бактерий это чаще всего фосфолипиды и нейтральные жиры. Липиды — это основа механической стабильности мембраны.

Цитоплазматическую мембрану также пронизывают белки: *структурные* (также поддерживают структуру мембраны) и *функциональные*

(ферменты синтеза, переноса веществ и дыхания). Они бывают *интегральными* (проходят через всю толщу), *поверхностными* и *периферическими*.

Цитоплазматическая мембрана выполняет целый ряд функций: структурную, барьерную, транспортную, интегрирующую, энергетическую, участвует в процессах биосинтеза, репликации ДНК, деления и спорообразования.

Мезосомы — это впячивания цитоплазматической мембраны внутрь клетки. Наличие мезосом позволяет увеличить рабочую поверхность мембраны, разместив на ней большее количество ферментов (например, дыхательной цепи). Мезосомы также участвуют в процессах деления и спорообразования, а у немногочисленных бактерий еще в секреторных процессах. За редкими исключениями бактерии не способны к эндо- и экзоцитозу.

Цитоплазма — это полужидкое содержимое клетки, ограниченное цитоплазматической мембраной. На 75% цитоплазма состоит из воды, остальное составляют растворенные и взвешенные в ней органические и минеральные вещества. Жидкую часть цитоплазмы с растворенными в ней веществами называют *цитозолем*, а остальные элементы (нуклеоид, рибосомы, включения и др.) называют *структурными элементами*. Важнейшая функция цитоплазмы — объединение всех клеточных компонентов и обеспечение их взаимодействия. Цитоплазматическая мембрана, мезосомы и цитоплазма выявляются электронной микроскопией.

Нуклеоид. Рибосомы

Нуклеоид — структурный элемент прокариотической клетки, в котором находится жизненно необходимый генетический материал (это всегда ДНК). Нуклеоид называют эквивалентом ядра эукариотической клетки, однако отличия между ними значительны:

- нуклеоид не отделен от цитоплазмы ядерной мембраной;
- не имеет ядрышек и гистонов;
- почти всегда это одна хромосома с гаплоидным набором генов;
- почти всегда это кольцевая (замкнутая) молекула ДНК. Так же как и хромосомы у эукариот, нуклеоид у прокариот выполняет функции хранения, передачи и реализации наследственной информации. Кроме нуклеоида, в цитоплазме могут находиться **плазмиды** — также кольцевые молекулы двунитевой ДНК, но меньшие по массе. В них тоже кодируется наследственная информация, но она не является жизненно важной. Нуклеоид выявляется электронной и фазово-контрастной микроскопией, а также в световой микроскоп при окраске по Романовскому-Гимзе (окрашивается в фиолетовый цвет на фоне бледно-розовой цитоплазмы).

Рибосомы у прокариот, в отличие от эукариот, не объединяются в эндоплазматическую сеть и имеют меньшую массу и размер. *Коэффициент седиментации* (скорость осаждения в центрифуге) для большой и малой субъединиц — 50S и 30S соответственно, а после их объединения — 70S.

Функция рибосом — синтез белка, и чем он интенсивнее, тем больше их в клетке. При активном синтезе рибосомы могут объединяться в *полисомы*. Выявляются рибосомы электронной микроскопией.

Включения цитоплазмы

Включения — необязательные компоненты бактериальной клетки: зерна, глыбки, капли или гранулы различной формы с запасаемыми химическими веществами. Включения преимущественно состоят из полисахаридов (гликоген и крахмал), липидов, полифосфатов (зерна волютина), минеральных веществ (S, Ca, Fe). *Функция включений* — трофическая и энергетическая. Зерна волютина могут выявляться световой микроскопией после окраски по Леффлеру или по Нейссеру.

Поверхностные структуры бактериальной клетки (капсула, клеточная стенка, жгутики, фимбрии)

1. Капсула — это поверхностное слизистое образование, располагающееся снаружи от клеточной стенки и состоящее из синтезируемых бактерией биополимеров (обычно полисахаридов). В зависимости от выраженности выделяют:

- макрокапсулу (до 0,2 мкм) — имеет диаметр больше, чем таковой у клетки, и прочно с ней связана; обычно образуется при неблагоприятных условиях; видна в световой микроскоп при окраске по Бурри-Гинсу;
- микрокапсулу (менее 0,2 мкм) — имеется у многих бактерий, выявляется в электронном микроскопе;
- слизистый чехол — не имеет четких границ и легко отделяется от клетки.

Капсула выполняет несколько функций:

- защищает от механических и температурных воздействий, а также от фагов;
- запасает некоторые питательные вещества;
- участвует в адгезии;
- является фактором патогенности, подавляя фагоцитоз;
- определяет антигенную специфичность (капсульный К-антиген), что используется в еще одном методе их выявления — применении противокapsульных сывороток.

2. Клеточная стенка покрывает бактериальную клетку снаружи цитоплазматической мембраны, но располагается под капсулой, если капсула имеется. Основу клеточной стенки составляет пептидогликан (муреин). Пептидогликан хорошо сохраняет свою структуру за счет связей двух типов: гликозидных связей (1) между молекулами глюкозы и пептидных связей (2) между олигопептидными хвостами. При этом не все пептидные хвосты участвуют в образовании межцепочечных связей, некоторые из них

находятся в свободном состоянии. Строение клеточной стенки сильно отличается у бактерий двух групп: грамположительных (Грам+, окрашиваются в фиолетовый) и грамотрицательных (Грам–, окрашиваются в красный).

У *Грам+* бактерий клеточная стенка толстая, причем основную ее часть составляет пептидогликан (до 90% массы), состоящий из множества цепочек (вплоть до 10).

Клеточная стенка *Грам–* бактерий устроена более сложно. В сравнении она значительно тоньше, пептидогликан имеет всего 1–2 цепочки и составляет только 5–10% от массы клеточной стенки.

Кнаружи от пептидогликана у *Грам–* бактерий находится наружная (внешняя) мембрана. Это наиболее толстый слой клеточной стенки. Внутренний листок наружной мембраны имеет такое же строение, как и любой из листков ЦПМ. При помощи липопротеинов, имеющих гидрофобный и гидрофильный домены, наружная мембрана связана с пептидогликаном. Наружный листок на треть состоит из липополисахаридов, которые имеют в своем составе три компонента. *Грам–* бактерии менее чувствительны к пенициллину и лизоциму

3. Жгутики — это органы движения бактерий. Они состоят из трех частей:

- спиральная нить — полый цилиндр из 11 рядов сократительного белка флагеллина, может достигать в длину нескольких микрометров;
- крюк — содержит иной белок, соединяет спиральную нить с базальным телом;
- базальное тело — комплекс из двух (*Грам+*) или четырех (*Грам–*) белковых колец, нанизанных на крюк; единственное подвижное М-кольцо находится в цитоплазматической мембране и вращается за счет градиента концентрации протонов

По числу и расположению жгутиков выделяют:

- атрихи (нет жгутика);
- монотрихи (1 — один жгутик, самые подвижные);
- политрихи (много жгутиков), в том числе *лофотрихи* (2 — пучок на одном полюсе), *амфитрихи* (3 — пучки на обоих полюсах) и *перитрихи* (4 — по всей поверхности клетки).

4. Фимбрии — это поверхностные нити из белка пилина. Они короче и тоньше жгутиков, не участвуют в движении. Делятся на два типа:

- фимбрии 1-го типа (общие) — имеются в большом количестве (сотни-тысячи) у большинства бактерий; обеспечивают адгезию, механическую защиту и увеличивают поверхность всасывания и водно-солевого обмена;
- фимбрии 2-го типа (чаще пили, или секс-пили) — обеспечивают конъюгацию.

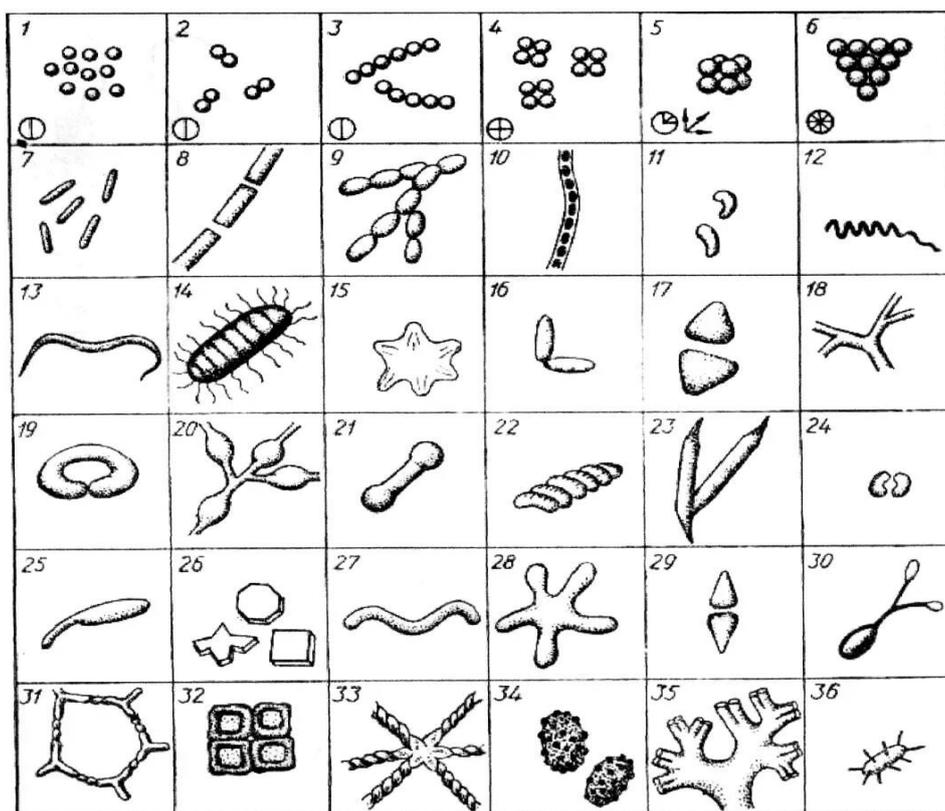
Фимбрии обоих типов обладают антигенной активностью, а также могут адсорбировать бактериофаги. Выявляются только электронной микроскопией.

Вопросы для самопроверки

1. Основные отличия прокариотических и эукариотических клеток.
2. Общая характеристика в организации клеток прокариотических и эукариотических микроорганизмов.
3. Морфология, химический состав и строение бактериальных клеток.
4. Морфология, химический состав и строение эукариотических клеток.
5. Изучение структуры бактериальной клетки. Определение постоянных и непостоянных компонентов бактерий.
6. Изучение строения клеточной стенки грамположительных и грамотрицательных бактерий.
7. Особенности организации клеток микроорганизмов, обусловленные условиями их существования.

Самостоятельная работа студентов:

Задание 1. Подписать основные формы бактериальных клеток



Задание 2. Заполнить таблицу «Отличия прокариот и эукариот»

Признак	Прокариоты	Эукариоты

ТЕМА: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРООРГАНИЗМОВ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Методические рекомендации

При изучении данной темы следует ознакомиться с понятием «*модельные организмы*» с генетическими экспериментами с использованием бактерий и микроскопических грибов. Знать возможности применения прокариот для создания моделей основных процессов, осуществляющихся на клеточном и молекулярном уровне; основные достижения генной инженерии.

Рекомендуемая литература: основная — [1], [2], дополнительная — [2], [9].

Теоретические сведения

Использование микроорганизмов в научных исследованиях

- Открытие трансформации (Гриффит, 1928; Эйвери, Маклеод, Маккарти, 1944).
- Возникновение мутантных штаммов (С. Лурия и М. Дельбрюк, 1943).
- Доказательство генетической роли ДНК (Херши, Чейз, 1952).
- Полуконсервативный механизм репликации ДНК (Мезельсон, Сталь, 1958).
- Метод реплик (Дж. и Э. Ледерберг, 1952).
- Оперонный принцип организации генов (Жакоб, Моно, 1961).

Модельные объекты и их роль в генетическом анализе

Модельные организмы — организмы, используемые в качестве моделей для изучения тех или иных свойств, процессов или явлений живой природы.

- Позволяют значительно ускорить и облегчить процесс анализа, проводить эксперименты, невыполнимые на людях.
- Хорошо изучены и легкодоступны.
- Легко содержать и разводить в лаборатории.
- Имеют короткое время генерации.
- Живые организмы проявляют высокую степень сходства на молекулярном уровне.
- Некоторые гены могут сохраниться в ходе эволюции у далеких видов.

Модельным объектом обычно считают организмы, удовлетворяющие большинству требований экспериментатора при решении определенной генетической задачи, прежде всего обеспечивающие большую разрешающую способность анализа.

Впервые внимание к важности модельных объектов в генетических исследованиях привлек И.Г. Мендель. Он посвятил этому вопросу специальный раздел в работе «Опыты над растительными гибридами», так и назвав его: «Выбор подопытных растений». Он перечислял качества и особенности растений, удобных для генетических опытов:

- наличие у них константных альтернативно проявляющихся признаков,
- хорошая плодовитость гибридов,
- простота постановки скрещиваний,
- сравнительно короткий период вегетации.

Со времен Менделя в практику генетических исследований введены многие модельные объекты, которые используются для решения различных генетических задач. Это дрозофила, кукуруза, мышь, арабидопсис, дрожжи, нейроспора, кишечная палочка (*E. coli*) и др.

Исследования генома микроорганизмов

Генетика — наука о наследственности и изменчивости живых организмов. В отличие от классической генетики, генетика бактерий — относительно молодая отрасль микробиологии, первые работы по которой появились в начале 1940-х годов. Генетика бактерий пользуется всеми разработанными для классической генетики терминами и определениями.

Размер хромосомы бактерий по данным разных методов (генетического: размер трансдуцирующего фрагмента; физических: вискоэластометрический метод, скорость ренатурации, электронная микроскопия) составляет для *Pseudomonas aeruginosa* $2,1 \cdot 10^9$ Д (= а.е.м.), для *Escherichia coli* K-12 - $2,8 \cdot 10^9$, для *Bacillus subtilis* - $2,0 \cdot 10^9$ - $2,6 \cdot 10^9$ и для *Streptomyces coelicolor* - $4,7 \cdot 10^9$ Д.

Если исходить из среднего размера гена в 1500 пар нуклеотидов, то бактериальная хромосома может содержать около 3000 генов.

Число хромосом в одной клетке бактерий зависит от стадии развития и физиологических условий роста культуры. При выращивании культуры на богатой среде в условиях хорошей аэрации может быть несколько хромосом в одной клетке вследствие реинициации новых циклов репликации ДНК еще до деления клетки.

Число автономно реплицирующихся кольцевых молекул плазмид определяется системой контроля репликации. При наличии строгого контроля репликации число копий плазмид на одну хромосому невелико, а при ослабленном контроле репликации оно увеличивается на 1–2 порядка, достигая нескольких десятков и сотен копий.

Термин «геном» был предложен Г. Винклером в 1920 г. для описания совокупности генов, заключенных в гаплоидном наборе хромосом организмов одного биологического вида

Разделы геномики:

- структурная геномика — содержание и организация геномной информации;
- функциональная геномика — реализация информации, записанной в геноме, от гена — к признаку;
- сравнительная геномика — сравнительные исследования содержания и организации геномов разных организмов.

Проект «Искусственный геном»

Институт Крейга Вентера, публикация в мае 2010 года в журнале «Science» под названием «Создание бактериальной клетки, которая контролируется химически синтезированным геномом».

Синтетическая ДНК, состоящая из 1,08 миллиона нуклеотидов, стала самой длинной молекулой, синтезированной когда-либо в лабораторных условиях.

Синтезировали геном одной бактерии и внедрили его в клетку бактерии другого вида (бактерия-реципиент *Mycoplasma capricolum*, бактерия-донор — *Mycoplasma mycoides*). Так впервые достоверно было показано, что ДНК действительно содержит полную информацию о работе всей живой клетки.

Основные достижения генной инженерии

Генетическая инженерия — совокупность методов, позволяющих создавать *in vitro* рекомбинантные молекулы ДНК, с последующим введением этих новых генетических структур в живую клетку.

Для того чтобы осуществить генно-инженерный эксперимент, т.е. создать рекомбинантную ДНК и ввести ее в клетку другого организма, необходимо соблюсти следующие условия:

- иметь инструменты для разрезания молекул ДНК на фрагменты;
- иметь инструменты для соединения фрагментов ДНК, выделенных из различных источников;
- подобрать переносчик, или вектор генов, предназначенных к введению в клетку другого организма. Этот вектор должен самостоятельно реплицироваться в клетке и обеспечивать репликацию введенного фрагмента ДНК;
- разработать способ введения гибридных или рекомбинантных молекул ДНК в живую клетку;
- определить метод отбора (селекции) клона реципиентной клетки, воспринявшей гибридную молекулу ДНК.

Метод клонирования нашел широкое применение. С его помощью можно получать микробиологическим путем продукты, используемые человеком. В настоящее время разработаны методы микробиологического получения гормона инсулина, в котором нуждаются больные диабетом. Раньше его получали путем экстрагирования из поджелудочных желез коров, свиней, что очень сложно и дорого.

Разработаны методы получения интерферонов — белков, обладающих антивирусным действием; соматостатина — гормона роста и др. Гены, детерминирующие синтез этих веществ, клонированы в основном в клетках *E. coli*.

Проект «Минимальный геном»

«Минимальный» геном обеспечивает все необходимые функции, которые позволяют одноклеточному организму существовать в определенной среде.

Работы в этом направлении ведутся в основном с бактериями рода *Mycoplasma*. Геномы микоплазм, как уже говорилось, очень малы (от 580 до 1400 тысяч пар оснований) и хорошо изучены. Самый-самый короткий геном у *Mycoplasma genitalium*. Его длина — около 580 тысяч пар оснований, которые составляют 485 генов.

Предлагаемый гипотетический минимальный набор генов (по последним расчётам группы Вентера — от 310 до 388 генов).

Внедряя «минимальный» геном в клетку и добавляя к ней другие гены, исследователи намереваются создавать простейшие организмы с новыми, заданными наперёд свойствами.

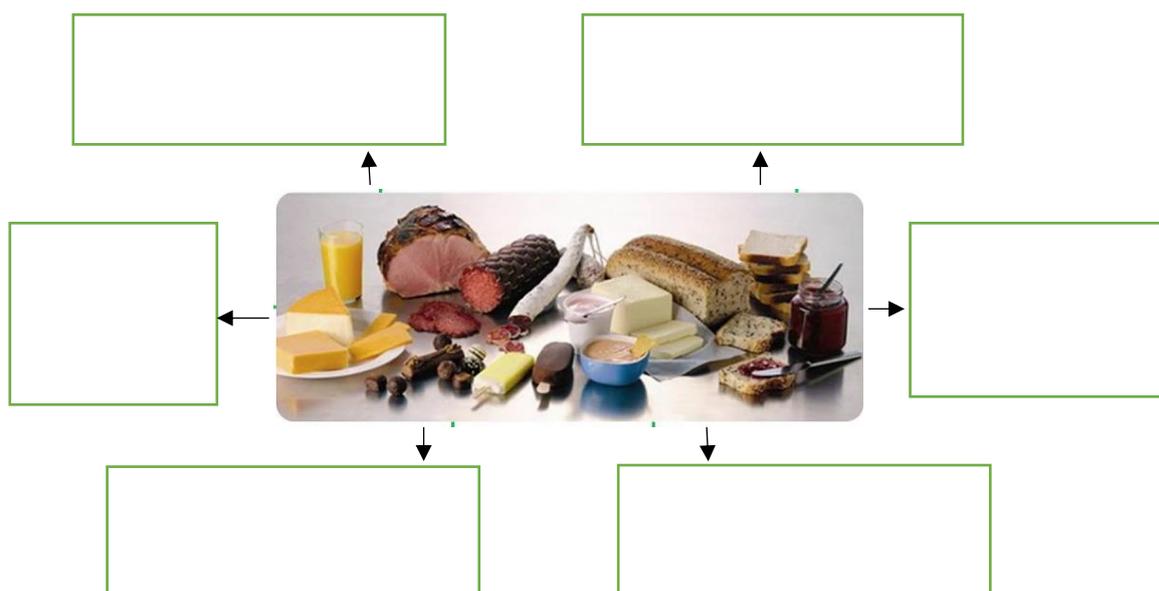
Вопросы для самопроверки

1. Классические генетические эксперименты с использованием бактерий и микроскопических грибов.
2. Возможности применения прокариот для создания моделей основных процессов, осуществляющихся на клеточном и молекулярном уровне.
3. Исследования генома микроорганизмов.
4. Основные достижения геной инженерии.
5. Сущность проектов «Искусственный геном», «Минимальный геном».

Самостоятельная работа студентов:

Задание 1. Записать использование микроорганизмов в научных исследованиях.

Задание 2. Заполнить и объяснить схему «Использование микроорганизмов в промышленности».



ТЕМА: ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ

Методические рекомендации

При изучении данной темы следует ознакомиться с ростом и размножением бактерий; типами питания бактерий и классификацией в зависимости от источника получения углерода и энергии. Знать основные компоненты питательных сред; фазы размножения бактериальной клетки на жидкой питательной среде. Ознакомиться с питательными средами и их классификацией. Давать характеристику сред по консистенции, по составу и назначению, в зависимости от потребности в кислороде. Знать требования к питательной среде для культивирования определенного вида микроорганизма.

Рекомендуемая литература: основная — [1], [2], [3], дополнительная — [6].

Теоретические сведения

Рост бактерий — увеличение бактериальной клетки в размерах без увеличения числа особей в популяции.

Размножение бактерий — процесс, обеспечивающий увеличение числа особей в популяции. Бактерии характеризуются высокой скоростью размножения.

Фазы размножения бактериальной клетки на жидкой питательной среде:

1) начальная стационарная фаза; то количество бактерий, которое попало в питательную среду и в ней находится;

2) лаг-фаза (фаза покоя); продолжительность — 3–4 ч, происходит адаптация бактерий к питательной среде, начинается активный рост клеток, но активного размножения еще нет; в это время увеличивается количество белка, РНК;

3) фаза логарифмического размножения; активно идут процессы размножения клеток в популяции, размножение преобладает над гибелью;

4) максимальная стационарная фаза; бактерии достигают максимальной концентрации, т.е. максимального количества жизнеспособных особей в популяции; количество погибших бактерий равно количеству образующихся; дальнейшего увеличения числа особей не происходит;

5) фаза ускоренной гибели; процессы гибели преобладают над процессом размножения, так как истощаются питательные субстраты в среде. Накапливаются токсические продукты, продукты метаболизма.

Питание бактерий

Под **питанием** понимают процессы поступления и выведения питательных веществ в клетку и из клетки. Питание в первую очередь обеспечивает размножение и метаболизм клетки. Среди необходимых питательных веществ выделяют органогены — это восемь химических элементов,

концентрация которых в бактериальной клетке превосходит 10^{-4} моль. К ним относят углерод, кислород, водород, азот, фосфор, калий, магний, кальций.

В зависимости от источника получения углерода бактерии делят на:

- 1) аутоотрофы (используют неорганические вещества — CO_2);
- 2) гетеротрофы;
- 3) метатрофы (используют органические вещества неживой природы);
- 4) паратрофы (используют органические вещества живой природы).

По источникам энергии микроорганизмы делят на:

- 1) фототрофы (способны использовать солнечную энергию);
- 2) хемотрофы (получают энергию за счет окислительно-восстановительных реакций);

3) хемолитотрофы (используют неорганические соединения);

4) хемоорганотрофы (используют органические вещества).

Среди бактерий выделяют:

1) прототрофы (способны сами синтезировать необходимые вещества из низкоорганизованных);

2) ауксотрофы (являются мутантами прототрофов, потерявшими гены; ответственны за синтез некоторых веществ — витаминов, аминокислот, поэтому нуждаются в этих веществах в готовом виде).

Питательные среды и методы выделения чистых культур

Питательной средой в микробиологии называют среды, содержащие различные соединения сложного или простого состава, которые применяются для размножения микроорганизмов в лабораторных или промышленных условиях.

Основные компоненты питательных сред

Пептон — источник углерода и азота.

Мясной экстракт — источник аминокислот, витаминов, минералов.

Дрожжевой экстракт — источник витаминов, углерода, азота.

Сульфаты и тиосульфаты — источники серы.

Неорганические соли — источники металлов.

Дистиллированная вода — важнейший компонент сред, обеспечивает физиологические функции бактерий.

Микробиологический агар — отвердитель.

Выбор той или иной питательной среды зависит от целей исследования, и для того, чтобы ориентироваться в большом многообразии сред существует несколько классификаций, учитывающих их основные особенности.

В настоящее время предложено огромное количество сред, в основу классификации которых положены следующие признаки.

По консистенции питательные среды подразделяются на:

1. Плотные среды.
2. Жидкие среды.
3. Полужидкие среды.
4. Сухие среды.

Плотная питательная среда

Используется для изучения морфологии колоний, диагностических целей, для выделения чистых культур микроорганизмов, для их хранения, а также для количественного учета бактерий, определения их антагонистических свойств и в ряде других случаев. На такой питательной среде рост бактерий можно наблюдать в виде круглых, выпуклых, плоских колоний, с ровным или не ровным краем, разных по цвету, наличию блеска, гладких или шороховатых и т.д.

Примеры плотных питательных сред — Агар МакКонки, Шоколадный агар, Среда Мюллера-Хинтон с лошадиной кровью.

Жидкая питательная среда

Представляет собой бульон, применимый для изучения физиолого-биохимических особенностей микроорганизмов, для накопления биомассы или продуктов обмена, а также поддержания и хранения микроорганизмов, плохо развивающихся на плотных средах. Рост на жидкой среде наблюдается в мутности, изменения цвета среды.

Примеры жидких питательных сред — питательная среда RVS, бульон Моссея, трипказо-соевый бульон, мясо-пептонный бульон.

Полужидкая питательная среда

Используется для хранения культур, а также для накопления биомассы (например, анаэробов). Такая среда содержит агар в концентрации 0,5% или менее, а рост бактерий проявляется в виде линии в среде. Примерами полужидких питательных сред являются тиогликолевая среда, среда Эймса.

Сухие среды

Сухие питательные среды представляют собой легко растворимые в воде порошки или гранулы. Удобны для хранения и транспортировки и приготовления готовых к использованию сред.

Агар — полисахарид, выделяемый из красных морских водорослей и состоящий из агарозы (70%) и агаропектина. Он обладает рядом полезных свойств, в частности:

- 1) способен образовывать в воде гели;
- 2) плавится при температуре 100°C и затвердевает при 45°C;
- 3) не расщепляется под влиянием ферментов большинства видов микроорганизмов;
- 4) термолабильные вещества и живые микроорганизмы не разрушаются при добавлении к нагретому до 45°C расплавленному агару, если смесь сразу же охладить;
- 5) агаровые гели имеют высокую степень прозрачности;
- 6) используемые концентрации 1,5–2,0% являются относительно невысокими, что весьма экономично.

Желатин — белок, приготовленный из сухожилий, кожи и костей, — в настоящее время используется для специальных целей (тест на разжижение желатина является таксономическим), однако образуемый им гель плавится при температурах в диапазоне 25–30°C, что является

существенным недостатком. Кроме того, желатин разжижается протеолитическими ферментами многих микроорганизмов. Уплотняющая концентрация желатина 17–20%.

Силикагелем называют соли двуокиси кремния (SiO_2). Его стерильный золь готовят из раствора силиката натрия и перед использованием, для того чтобы вызвать образование геля, к нему добавляют питательную среду, содержащую электролиты. Среды на основе силикагеля (1,5–2,0%) используют для получения культур автотрофных бактерий, так как при этом в них отсутствуют органические вещества. При добавлении в такие минеральные среды различных органических веществ можно исследовать способность гетеротрофных бактерий использовать их в качестве единственных источников углерода. С помощью силикагелиевых сред можно также определять потребности бактерий в витаминах.

Каррагинан («растительный желатин») добывается путем экстракции из определенных видов красных морских водорослей. Калиевые соли некоторых типов каррагинанов способны образовывать плотные (2%) прозрачные гели, которые могут быть заменителями агара. Каррагинан значительно дешевле агара, не разрушается большинством видов бактерий. Однако разливать приготовленные среды следует при высокой температуре — 55–60°C.

По составу питательные среды подразделяются на:

1. Натуральные.
2. Полусинтетические.
3. Синтетические.

Натуральные среды состоят из продуктов животного или растительного происхождения, имеют неопределённый химический состав. Такие среды, в основном, используются для поддержания культур и их накопления, так как из-за неопределённого химического состава они мало пригодны для изучения физиологии микроорганизмов. Примеры таких сред: мясо-пептонный агар, мясо-пептонный бульон, картофельный агар и др.

Самыми распространенными средами в микробиологическом исследовании являются **полусинтетические**, в состав которых входят продукты неопределённого состава — пептоны, мясные перевары, дрожжевой экстракт, и известные химические соединения — хлорид натрия, сульфаты, углеводы, индикаторы и др. Примерами этих сред являются элективная солевая среда, среда Сабуро, агар Шедлера, Колумбийский агар с бараньей кровью и теллуридом.

Синтетическими питательными средами являются те, чей состав полностью определен в отношении химических веществ и их точных концентраций. Такие среды более других удобны для исследования обмена веществ микроорганизмов, однако лишь для немногих из них разработаны синтетические среды. Например, среда Симмонса, принцип которой основан на способности микроорганизмов использовать цитрат в качестве источника энергии, создана для дифференциации грамотрицательных бактерий.

Подразделение питательных сред по назначению

1. *Универсальные* среды используются для выращивания большого количества микроорганизмов, не обладающих сложными питательными потребностями, а также применимы в качестве основы для приготовления сред с более сложным составом. Примерами таких сред являются: мясо-пептонный агар, трипказо-соевый агар, бульон Хоттингера, сусло — агар.

2. *Специальные* среды предназначены для избирательного культивирования и изучения определенных видов микроорганизмов. В свою очередь специальные среды подразделяются на следующие виды:

- селективные;
- дифференциально-диагностические;
- транспортные.

Элективные питательные среды обеспечивают преимущественное развитие определенных видов микроорганизмов. Избирательность среды достигается путем добавления различных компонентов, таких как антибиотики или различные химические вещества, регулирование уровня pH, которые ограничивают рост и размножение нежелательных организмов и способствуют росту и развитию исследуемых.

Примеры элективных питательных сред — колумбийский агар с НДК и бараньей кровью, XLD агар, агар цетримидный, ареда Сабуро, агар МакКонки.

Дифференциально-диагностические питательные среды применяют для изучения биохимических свойств и дифференцирования микроорганизмов разных групп по характеру их ферментативной активности по отношению к определенным типам субстрата (углеводы, аминокислоты и др.), индикаторам.

Например, среда Эндо позволяет отличить микроорганизмы, ферментирующие лактозу до ацетальдегида от тех, которые не обладают этим свойством. Состав среды включает питательную основу, агар, лактозу и цветной индикатор — основной фуксин. Исходная питательная среда имеет розовый цвет. Микроорганизмы, не ферментирующие лактозу, образуют на среде бесцветные или розовые колонии в тон среды. При ферментации лактозы до ацетальдегида последний реагирует с сульфитом, в результате чего колонии окрашиваются в малиновый или красный цвет с металлическим блеском.

Другие примеры дифференциально-диагностических сред — агар МакКонки, среда СШ (Плоскирева), хромогенный агар для обнаружения и подсчета уропатогенных бактерий.

Транспортные среды используют для сохранения жизнеспособности микроорганизмов от момента взятия материала до его посева. Состав такой среды должен позволить предотвратить избыточное размножение сопутствующей микрофлоры во время транспортировки и хранения.

Примеры транспортных сред — среда Эймса, среда Кери-Блэйр.

Типы питательных сред в зависимости от потребности в кислороде

Микроорганизмы имеют разные требования к условиям среды, включая доступ кислорода, в связи с чем и подразделяются на *аэробных и анаэробных*. При этом строго облигатными анаэробами считаются бактерии, рост которых невозможен в присутствии кислорода. Питательные среды для их культивирования, содержат большое количество источников белкового питания. Часто требуются стимуляторы роста бактерий, которые вводят в состав питательных среда так же селекционирующие вещества, поскольку менее требовательные микроорганизмы препятствуют росту анаэробов.

Степень анаэробноза измеряется по окислительно-восстановительному потенциалу (Eh) среды — при увеличении присутствия растворенного кислорода подавляется рост всех анаэробных бактерий. Для удаления кислорода и создания соответствующих условий культивирования необходимо применение соответствующей строгой анаэробной техники (анаэроустат, газогенерирующие пакеты и др.).

Примеры питательных сред для облигатных анаэробов — Агар Шедлера с бараньей кровью, агар Шедлера, тиогликолевая среда.

Что касается культивирования микроорганизмов, способных хорошо расти в присутствии кислорода (аэробных), то для их изучения в практике используется большое количество разнообразных по составу и по назначению сред, например, Колумбийский агар с бараньей кровью, агар CLED, шоколадный агар с факторами роста, цетримидный агар.

В связи с тем, что питательные среды являются основным звеном микробиологического исследования, от их качества и соблюдения верной методики приготовления во многом зависят результаты этого исследования.

Питательная среда для культивирования определенного вида микроорганизмов должна соответствовать следующим требованиям:

- содержать все необходимые для роста питательные вещества в оптимальной для изучаемого микроорганизма концентрации и в легко усвояемой форме;
- иметь оптимальную влажность, чтобы вещества в ее составе находились в растворенном состоянии;
- иметь определенный уровень кислотности — pH;
- иметь определенный уровень окислительно-восстановительного потенциала (Eh);
- изотоничность, то есть осмотическое давление в среде должно быть подобным внутриклеточному;
- стерильность.

Вопросы для самопроверки

1. Рост и размножение бактерий.
2. Фазы размножения бактериальной клетки на жидкой питательной среде.

3. Питание бактерий. Классификация бактерий в зависимости от источника получения углерода и энергии.
4. Основные компоненты питательных сред.
5. Питательные среды и их классификация. Характеристика сред по консистенции.
6. Характеристика сред по составу и назначению.
7. Типы питательных сред в зависимости от потребности в кислороде.
8. Требования к питательной среде для культивирования определенного вида микроорганизма.

Самостоятельная работа студентов:

Задание 1. Заполнить таблицу «Фазы размножение бактериальной клетки на жидкой питательной среде»:

N	Фазы	Характеристика фазы
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		

Задание 2. Записать основные компоненты питательных сред:

Задание 3. Заполнить таблицу «Основные характеристики веществ, употребляемых для уплотнения питательных сред»:

Характеристика (свойство)	Агар	Желатин	Силикагель
Исходный материал для получения			
Основные составляющие компоненты			
Температура плавления, °С			
Температура застывания, °С			
Чувствительность к протеазам			
Используемая концентрация			

Задание 4. Записать требования к питательной среде для культивирования определенного вида микроорганизма: _____

ТЕМА: ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПРАКТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

Методические рекомендации

При изучении данной темы следует ознакомиться с использованием микроорганизмов в биотехнологии, технологией получения биологически активных и хозяйственно ценных продуктов метаболизма, перспективами использования микроорганизмов в различных отраслях народного хозяйства. Знать микробные препараты, улучшающие питание растений и способствующие повышению продуктивности растениеводства; биологический метод защиты растений от болезней бактериальной и грибной этиологии.

Рекомендуемая литература: основная — [2], [3], дополнительная — [2], [6].

Теоретические сведения

Биотехнология — это использование культур клеток бактерий, дрожжей, животных и растений, метаболизм и биосинтетические возможности которых обеспечивают выработку специфических веществ, или, *биотехнология* — это производство с помощью объектов живой природы, или технология живого (рис. 4).

В настоящее время организовано крупнотоннажное производство различных веществ на основе биотехнологии. Можно смело утверждать, что это технологии будущего. В пользу такого положения дел свидетельствует ряд реально существующих предпосылок:

- с помощью генной инженерии разработаны методы конструирования штаммов бактерий и дрожжей с чужеродными генами и заранее заданными наследственными качествами;
- появилась возможность использовать высокоактивные штаммы продуцентов;
- микробная клетка способна вырабатывать необычайно широкий комплекс биологически активных веществ;
- разнообразное и дешевое сырье: отходы пищевых производств, сельскохозяйственных и химических производств, которое содержит белки, полисахариды, углеводороды, спирты, кислоты, азотистые соединения;
- количественная неограниченность получения микробной биомассы;
- интенсивность производства и возможность получения любого необходимого продукта.

Вышеизложенные предпосылки свидетельствуют о преимуществах получения продуктов путем микробного синтеза (синтез самых разнообразных веществ с помощью микроорганизмов), по сравнению с продуктами растительного и животного происхождения, или получения их с помощью химического синтеза.

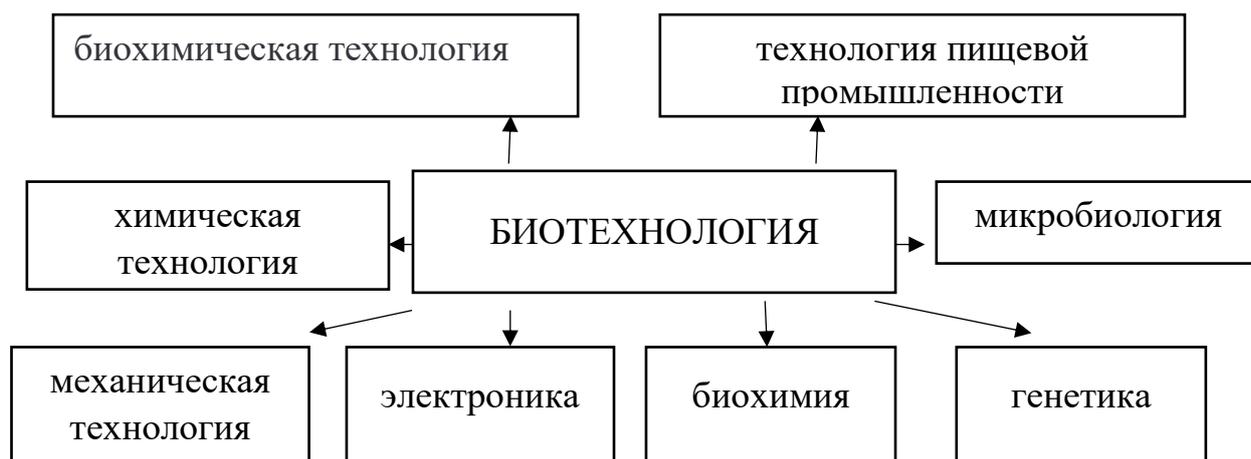


Рисунок 4. Связь биотехнологии с другими науками

Биотехнология возникла на стыке нескольких биотехнологических наук, таких как генетика, бактериология, вирусология, молекулярная биология, микробиология, биохимия, растениеводство. Важную роль сыграло открытие способов модификации ДНК и ее переноса из одних организмов в другие.

Исторически биотехнология возникла на основе традиционных микробиологических производств, таких, как производство хлеба, сыра, вина, пива, молочных продуктов. Эти технологии до сих пор имеют большую значимость и постоянно развиваются.

Биотехнологические процессы осуществляются за счет использования бактерий, дрожжей, плесневых грибов, водорослей, культур клеток и тканей растений и животных. В этих процессах используются особенности метаболизма и биосинтетические возможности клеток. Целью процесса может быть наработка клеточной биомассы или продуктов жизнедеятельности клеток — метаболитов.

Основные направления биотехнологии в различных отраслях

Отрасль	Область применения
Сельское хозяйство	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Производство белково-витаминных концентратов ✓ Селекция, клонирование и генетическая инженерия животных и растений ✓ Использование антибиотиков для лечения животных и птиц ✓ Производство вакцин ✓ Производство биоинсектицидов ✓ Применение гормонов и других стимуляторов роста

Производство химических веществ и их соединений	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Производство органических кислот химических веществ ✓ Получение витаминов, антибиотиков и др. ✓ Использование ферментов в составе СМС
Контроль за состоянием окружающей среды	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Улучшение методов тестирования и мониторинга загрязнений окружающей среды ✓ Использование микроорганизмов для переработки сельскохозяйственных, бытовых и промышленных отходов
Медицина	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Использование ферментов в диагностике ✓ Использование микроорганизмов при создании и модификации сложных лекарственных средств ✓ Синтез новых антибиотиков, гормонов и интерферонов ✓ Применение в медицинской практике ферментов и штаммов микроорганизмов
Энергетика	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Производство биогаза ✓ Производство этанола
Материаловедение	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Выщелачивание руд ✓ Изучение и контроль биоразложения
Пищевая промышленность	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Создание новых методов переработки и хранения пищевых продуктов ✓ Применение пищевых добавок, полученных с помощью микроорганизмов ✓ Использование белка одноклеточных ✓ Применение ферментов ✓ Совершенствование спиртового и молочно-кислого брожения

Потребность в биотехнологии обусловлена дефицитом продовольствия, энергии, минеральных ресурсов и необходимостью улучшения состояния здравоохранения и охраны окружающей среды.

Биоиндустрия включает отрасли, в которых биотехнология может заменить широко используемые традиционные методы, и отрасли, в которых она всегда играла ведущую роль.

Транснациональные корпорации инвестируют следующие биотехнологические отрасли: горнодобывающую, нефтехимическую, фармацевтическую. Быстрая отдача происходит в таких биотехнологических отраслях, как:

- 1) совершенствование сбраживания;
- 2) производство биогаза;
- 3) производство безопасных и недорогих вакцин;
- 4) биоэнергетика;

- 5) улучшение техники компостирования;
- 6) гидролиз целлюлозы;
- 7) повышение уровня фиксации азота с помощью симбионтов.

Классические микробиологические производства. На примере пивоварения и виноделия с использованием дрожжей, относящихся к семейству *Saccharomycetaceae* роду *Saccharomyces* виду *Vini*, выпечки хлеба и приготовления молочных продуктов с помощью молочнокислых бактерий, а также получения пищевого уксуса при участии уксуснокислых бактерий становится очевидным, что микроорганизмы относятся к старейшим культурным «растениям». В Японии и Индонезии соевые бобы издавна перерабатываются с помощью мицелиальных грибов, дрожжей и молочнокислых бактерий. Если не считать получения этанола, в промышленном производстве индивидуальных веществ микроорганизмы начали использовать лишь в последние шестьдесят лет. Уже в период Первой мировой войны с помощью управляемого дрожжевого брожения получали глицерин. Молочная и лимонная кислоты, в больших количествах необходимые для пищевой промышленности, производятся с помощью молочнокислых бактерий и гриба *Aspergillus niger* соответственно. Из дешевых, богатых углеводами отходов путем брожения, осуществляемого клостридиями и бациллами, можно получать ацетон, бутанол, 2-пропанол, бутандиол и другие важные химические соединения.

Производство антибиотиков. С появлением антибиотиков наступила новая эпоха в медицине и фармацевтической промышленности. Благодаря открытию пенициллина и других продуктов метаболизма грибов, актиномицетов и иных микроорганизмов человечество приобрело высокоэффективное оружие для борьбы с бактериальными инфекциями. Успешно продолжаются поиски новых антибиотиков. Теоретически перспективным кажется и путь применения антибиотиков для борьбы с вирусными болезнями и с опухолями вирусного происхождения.

Новые микробные производства. Классические виды брожения дополняются новыми применениями микробов в химических производствах. Из грибов получают каротиноиды и стероиды. Когда выяснилось, что *Corynebacterium glutamicum* из сахара и соли аммония с большим выходом синтезирует глутаминовую кислоту, были получены мутанты и разработаны методы, с помощью которых можно в больших масштабах производить многие аминокислоты, нуклеотиды и реактивы для биохимических исследований. Микроорганизмы используются химиками в качестве катализаторов для осуществления некоторых этапов в длинной цепи реакций синтеза; микробиологические процессы по своей химической специфичности и по выходу продукта превосходят химические реакции; ферменты, применяемые в промышленности, — амилазы для гидролиза крахмала, протеиназы для обработки кож, пектиназы для осветления фруктовых соков и другие — получают из культур микроорганизмов.

Монопольное положение микроорганизмов. Следует отметить, что некоторые виды сырья, доступные в особенно больших количествах, такие как нефть, природный газ или целлюлоза, могут использоваться микроорганизмами и перерабатываться ими в клеточный материал (биомассу) или в промежуточные продукты, выделяемые клетками. Микроорганизмы, таким образом, незаменимы при «облагораживании» этих необычных видов сырья для биотехнологических процессов; освоение такого сырья биологическими технологиями только начато [3].

В сельском хозяйстве нашли применение бактериальные удобрения. При внесении этих удобрений в почву усиливаются биохимические процессы и улучшается корневое питание растений.

Бактерии, вызывающие болезни человека, используются как *биологическое (бактериологическое) оружие*.

Самой хорошо изученной бактерией стала — *E. coli*, которая встречается в нижней части кишечника теплокровных организмов. Безвредные штаммы являются частью нормальной флоры кишечника человека и животных. Кишечная палочка приносит пользу организму хозяина, например, синтезируя витамин К, а также предотвращая развитие патогенных микроорганизмов в кишечнике.

В кишечнике человека в норме обитает от 300 до 1000 видов бактерий общей массой до 1 кг, а численность их клеток на порядок превосходит численность клеток человеческого организма. Они играют важную роль в переваривании углеводов, синтезируют витамины, вытесняют патогенные бактерии.

Бактерии способны расти как в присутствии свободного кислорода, так и при его отсутствии. Бактерии участвуют в формировании структуры и плодородия почв, в образовании полезных ископаемых и разрушении растительной и животной биомассы, поддерживают запасы углекислого газа и кислорода в атмосфере [4].

Монопольное положение микроорганизмов. Следует отметить, что некоторые виды сырья, доступные в особенно больших количествах, такие как нефть, природный газ или целлюлоза, могут использоваться микроорганизмами и перерабатываться ими в клеточный материал (биомассу) или в промежуточные продукты, выделяемые клетками. Микроорганизмы, таким образом, незаменимы при «облагораживании» этих необычных видов сырья для биотехнологических процессов; освоение такого сырья биологическими технологиями только начато.

Современные достижения генной инженерии. Изучение механизмов передачи генов у бактерий и участия в этом процессе внехромосомных элементов открыло возможность включения чужеродной ДНК в бактериальные клетки.

Генетические манипуляции позволяют вносить небольшие отрезки носителей генетической информации высших организмов, например

человека, в бактерию и заставляя ее синтезировать соответствующие белки. Вполне осуществимо производство гормонов, антигенов, антител и других белков с помощью бактерий. Делаются также попытки передать растениям способность к азотфиксации и лечить болезни, связанные с биохимическими дефектами.

Вопросы для самопроверки

1. Использование микроорганизмов в биотехнологии.
2. Промышленное производство пищевой и кормовой микробной биомассы с высоким содержанием белка.
3. Технологии получения биологически активных и хозяйственно ценных продуктов метаболизма.
4. Перспективы использования микроорганизмов в различных отраслях народного хозяйства.
5. Микробные препараты, улучшающие питание растений и способствующие повышению продуктивности растениеводства.
6. Биологический метод защиты растений от болезней бактериальной и грибной этиологии.
7. Использование микроорганизмов-антагонистов фитопатогенов, создание и повышение эффективности микробных препаратов для сельского хозяйства.
8. Микробная деградация ксенобиотиков в техногеннонарушенных природных и производственных средах.

Самостоятельная работа студентов:

Задание 1. Заполнить таблицу: «Основные направления биотехнологии в различных отраслях»

Отрасль	Область применения

Задание 2. Подготовить сообщения:

1. Биотехнологическое использование микроорганизмов.
2. Значение бактерий в биосфере и народном хозяйстве.
3. Результаты селекции микроорганизмов.

ПРИМЕРНЫЕ ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ, ПРЕЗЕНТАЦИЙ И ДОКЛАДОВ

Рефераты

1. Методы исследования и перспективы развития микробиологии как науки.
2. Основные этапы становления микробиологии как науки.
3. Важнейшие ученые, внесшие существенный вклад в развитие микробиологии.
4. Основы и критерии систематики микроорганизмов.
5. Характеристика основных групп микроорганизмов с указанием их систематического положения и особенностей процессов жизнедеятельности.
6. Классические генетические эксперименты с использованием бактерий и микроскопических грибов. Двумембранные органоиды клетки. Строение, функции.
7. Исследования генома микроорганизмов. Основные достижения генной инженерии
8. Использование микроорганизмов в биотехнологии.
9. Способы очистки сточных вод.
10. Патогенные виды бактерий.

Презентации

1. Вклад русских ученых в процесс формирования микробиологии как науки.
2. Основные направления микробиологических исследований в Беларуси. Достижения белорусских микробиологов.
3. Характеристика основных групп фототрофных микроорганизмов: систематика, особенности процессов жизнедеятельности, распространение и практическое значение.
4. Характеристика основных групп гетеротрофных микроорганизмов: систематика, особенности процессов жизнедеятельности, распространение и практическое значение.
5. Характеристика основных групп грибоподобных микроорганизмов: систематика, особенности процессов жизнедеятельности, распространение и практическое значение.
6. Характеристика основных групп грибов: систематика, особенности процессов жизнедеятельности, распространение и практическое значение.
7. Биологический метод защиты растений от болезней бактериальной и грибной этиологии.
8. Хозяйственно-ценные и паразитические виды грибов.
9. Болезни растений и их возбудители.
10. Методы культивирования микроорганизмов.

Эссе, доклады

1. Вклад Л. Пастера и Р. Коха в развитие микробиологии.
2. Вклад белорусских ученых в развитие микробиологии.
3. Культуральные среды в микробиологии.
4. Биосинтетические возможности микроорганизмов и их практическое использование.
5. Микробно-растительные ассоциации для фиторемедиации деградированных сельскохозяйственных угодий.
6. Микробная деградация ксенобиотиков в техногенно нарушенных природных и производственных средах.
7. Использование микроорганизмов для очистки окружающей среды от загрязнений различного происхождения.
8. Полимеразная цепная реакция и области ее применения в микробиологии.
9. Методы секвенирования ДНК и области ее применения в микробиологии.
10. Общие принципы создания генетически измененных микроорганизмов.
11. CRISPR-Cas система и ее функции в клетке и применение в генной инженерии.
11. Протозойные заболевания человека.
12. Вирусные заболевания человека.

ОЦЕНКА НАПИСАНИЯ ЭССЕ, ДОКЛАДА

Оценка 10 — студент подготовил материал в полном соответствии заданной теме; прослеживается четкая структура; правильность, лаконичность и четкость ответов на вопросы по материалу; оформлен правильно и аккуратно, схематически помечен.

Оценка 9 — студент подготовил материал в полном соответствии заданной теме; прослеживается четкая структура; правильность, лаконичность и четкость ответов на вопросы по материалу; оформлен правильно.

Оценка 8 — студент подготовил материал в полном соответствии заданной теме; прослеживается четкая структура; правильность, и четкость ответов на вопросы по материалу; оформлен правильно.

Оценка 7 — студент подготовил материал в соответствии заданной теме; прослеживается структура; правильность ответов на вопросы по материалу; оформлен в целом правильно.

Оценка 6 — студент подготовил материал в полном соответствии заданной теме; прослеживается структура; правильность ответов на вопросы по материалу, но не в полном объеме; оформлен правильно, но небрежно.

Оценка 5 — студент подготовил материал в полном соответствии заданной теме; не прослеживается структура; пропуск 1–2 ответов на вопросы материалу; оформлен небрежно.

Оценка 4 — студент подготовил материал в полном соответствии заданной теме; не прослеживается структура; пропуск 1–3 ответов на вопросы по материалу; оформлен небрежно.

Оценка 3 — студент подготовил материал, но не прослеживается структура; пропуск более 1–3 ответов на вопросы по материалу; оформлен небрежно.

ОЦЕНКА РЕФЕРАТА

Оценка 10 — студент выполнил все требования в полном объёме.

Оценка 9 — студент выполнил все требования, допустив 1–2 недочёта.

Оценка 8 — студент выполнил все требования в полном объёме, допустив 1–2 недочёта. При защите отмечено недостаточное качество ответов на вопросы.

Оценка 7 — студент выполнил в основном все требования в полном объёме, допустив 3–4 недочёта, недостаточно обосновал выражение своего мнения по проблеме; при защите отмечено недостаточное качество ответов на вопросы.

Оценка 6 — студент выполнил в основном все требования, допустив 3–4 недочёта, не обосновал выражение своего мнения по проблеме; при защите отмечено недостаточно свободное владение материалом реферата и качество ответов на вопросы.

Оценка 5 — студент выполнил не все требования, допустил ошибки, не обосновал выражение своего мнения по проблеме; при защите отмечено недостаточно свободное владение материалом реферата; на вопросы отвечал с 1–2 ошибками и перед аудиторией держался неуверенно.

Оценка 4 — студент выполнил не все требования, допустил ошибки, не обосновал выражение своего мнения по проблеме; при защите отмечено не свободное владение материалом реферата; на вопросы отвечал с ошибками; перед аудиторией держался неуверенно.

Оценка 3 — несоответствие реферата заданной теме; наличие большого количества ошибок, отказ от защиты.

ОЦЕНКА МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ПРЕЗЕНТАЦИЙ

Оценка 10 — студент выполнил все требования в полном объёме.

Оценка 9 — студент выполнил все требования, допустив 1–2 недочёта.

Оценка 8 — студент выполнил все требования в полном объёме, допустив 1–2 недочёта. При защите отмечено незначительная недостаточность речевого сопровождения презентации: построение речи; доказательность и аргументированность; использование вербальных (языковых) и невербальных средств (поза, жесты) выразительности.

Оценка 7 — студент выполнил в основном все требования в полном объёме, допустив 3–4 недочёта. При защите отмечено недостаточность речевого сопровождения презентации: построение речи; доказательность, аргументированность; использование вербальных (языковых) и невербальных средств (поза, жесты) выразительности.

Оценка 6 — студент выполнил в основном все требования, допустив 3–4 общих недочёта в грамотном использовании терминологии; обоснованном применении эффектов визуализации и анимации; общей грамотности; соблюдении эргономических требований к компьютерной презентации. При защите отмечено недостатки речевого сопровождения презентации: построение речи; доказательность и аргументированность; использование вербальных (языковых) и невербальных средств (поза, жесты) выразительности.

Оценка 5 — студент выполнил в основном все требования, допустив множество общих недочётов в грамотном использовании терминологии; обоснованном применении эффектов визуализации и анимации; общей грамотности; соблюдении эргономических требований к компьютерной презентации, логичности изложения материала. При защите отмечено недостатки речевого сопровождения презентации: построение речи; доказательность и аргументированность; использование вербальных (языковых) и невербальных средств (поза, жесты) выразительности.

Оценка 4 — студент выполнил не все требования, допустив множество общих недочётов в грамотном использовании терминологии; обоснованном применении эффектов визуализации и анимации; общей грамотности; соблюдении эргономических требований к компьютерной презентации, логичности изложения материала. При защите отмечено недостатки речевого сопровождения презентации: построение речи; доказательность и аргументированность; использование вербальных (языковых) и невербальных средств (поза, жесты) выразительности.

Оценка 3 — несоответствие презентации заданной теме; наличие большого количества ошибок, отказ от защиты.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Лысак, В.В. Микробиология: учебник / В.В. Лысак. — Мн.: Адукацыя і выхаванне, 2025. — 414 с.
2. Медицинская микробиология, вирусология и иммунология: учебник: в 2 т. / под ред. В.В. Зверева, М.Н. Бойченко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022. — Т. 1. — 446 с.: ил.
3. Медицинская микробиология, вирусология и иммунология: учебник: в 2 т. / под ред. В.В. Зверева, М.Н. Бойченко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2022. — Т. 2. — 472 с.: ил.

Дополнительная:

1. Белякова, Г.А. Ботаника. Водоросли и грибы / Г.А. Белякова, Ю.Т. Дьяков, К.Л. Тарасов. — М.: Изд. центр «Академия», 2010. Т. 1–2.
2. Глушен, С.В. История биологии: пособие / С.В. Глушен. — Мн.: БГУ, 2010.
3. Лысак, В.В. Микробиология / В.В. Лысак. — Мн.: БГУ, 2008.
4. Лысак, В.В. Систематика микроорганизмов: учебное пособие / В.В. Лысак, О.В. Фомина. — Мн.: БГУ, 2014.
5. Протисты: Руководство по зоологии / СПб.: Наука, 2000. — Ч. 1, 2007. — Ч. 2.
6. Современная микробиология / под ред. Й. Ленгелера, Г. Дрекса, Г. Шлегеля. — М.: Мир, 2005. Т. 1–2.
7. Shipunov A.B. Systema Naturae: three hundred years after // What's new in science and technics? 2007. N. 11(55). P. 88–93.
8. Shipunov A.B. Systema Naturae: 250 years after. The fate of Linnean kingdoms concept // Materials of the conference of plant morphology and systematics dedicated to the 300-years Linnaeus jubilee. М.: КМК Press, 2007. P.
9. Инге-Вечтомов, С.Г. Генетика с основами селекции: учеб. для студентов вузов / С.Г. Инге-Вечтомов. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: Изд-во Н-Л, 2015. — 720 с.

Учебное издание

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

Методические рекомендации

Составитель

ЖЕРНОСЕКОВ Дмитрий Данилович

Технический редактор

Г.В. Разбоева

Компьютерный дизайн

Л.В. Рудницкая

Подписано в печать 03.03.2026. Формат 60x84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 3,26. Уч.-изд. л. 2,60. Тираж 9 экз. Заказ 11.

Издатель и полиграфическое исполнение — учреждение образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014.

Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.