

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

И. И. КОНЦЕВАЯ

**МИКРОБИОЛОГИЯ:
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ БАКТЕРИЙ**

Практическое пособие

для студентов
специальностей 6-05-0511-01 «Биология»,
6-05-0113-03 «Природоведческое образование (биология, химия)»

Гомель
ГГУ им. Ф. Скорины
2026

УДК 579(076)
ББК 28.4я73
К653

Рецензенты:

кандидат биологических наук С. Н. Самусева,
кандидат химических наук Н. И. Дроздова

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
учреждения образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»

Концевая, И. И.

К653 Микробиология: физиологические группы бактерий :
практическое пособие / И. И. Концевая ; Гомельский гос. ун-т
им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2026. – 46 с.
ISBN 978-985-32-0159-8

Практическое пособие ставит своей целью оптимизировать учебно-познавательную деятельность студентов по усвоению материала тем раздела «Физиологические группы бактерий». Студенты знакомятся с новыми приемами и методами при работе с молочнокислыми бактериями, спорообразующими бактериями, с микроорганизмами почвенной микрофлоры. Издание может быть использовано как на лабораторных занятиях по соответствующим темам курса «Микробиология», так и для самостоятельной подготовки.

Адресовано студентам специальностей 6-05-0511-01 «Биология», 6-05-0113-03 «Природоведческое образование (биология, химия)».

УДК 579(076)
ББК 28.4я73

ISBN 978-985-32-0159-8

© Концевая И. И., 2026
© Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины», 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	4
1 Молочнокислые бактерии.....	5
1.1 Общая характеристика молочнокислых бактерий и их особенности, типы брожения.....	5
1.2 Гомоферментативные и гетероферментативные молочнокислые бактерии.....	8
1.3 Получение накопительной культуры молочнокислых бактерий...	11
Практическое занятие 1. Молочнокислые бактерии.....	12
2 Спорообразующие бактерии: аэробные и анаэробные.....	15
2.1 Характеристика спорообразующих бактерий, отдельные представители.....	15
2.2 Основные свойства эндоспор.....	19
2.3 Получение накопительных культур аэробных спорообразующих бактерий.....	20
2.4 Получение накопительных культур анаэробных спорообразующих бактерий.....	22
2.5 Дифференциальная окраска споры и цитоплазмы.....	23
Практическое занятие 2.1. Получение накопительных культур спорообразующих бактерий.....	25
Практическое занятие 2.2. Выявление эндоспор.....	27
3 Выявление и количественный учет микроорганизмов почвенной микрофлоры.....	30
3.1 Характеристика почвы как субстрата для развития разнообразных микроорганизмов.....	30
3.2 Основные этапы работы по изучению почвенной микрофлоры...	31
3.3 Основные группы микроорганизмов, выявляемые при высеве из почвы на МПА.....	35
3.4 Выявление различных физиологических групп микроорганизмов..	37
Практическое занятие 3.1. Подготовка почвенного образца к микробиологическому анализу и прямой счет микроорганизмов в почве.....	41
Практическое занятие 3.2. Выявление и определение численности микроорганизмов почвы высевом на питательную среду, изучение их культуральных особенностей.....	43
Литература.....	46

ПРЕДИСЛОВИЕ

Микробиология является одной из фундаментальных биологических дисциплин. Знание микробиологии необходимо высококвалифицированному специалисту-биологу для формирования мировоззрения об огромной роли микроорганизмов в природе и в жизни человека.

На лабораторных занятиях при изучении тем раздела «Физиологические группы бактерий» студенты расширяют и углубляют свои теоретические знания по отдельным физиологическим группам бактерий: молочнокислым, спорообразующим, микроорганизмам почвенной микрофлоры. На занятиях студенты пользуются накопительными культурами бактерий, развивают технические навыки микроскопирования микроорганизмов, отрабатывают методы культивирования микроорганизмов, приемы получения накопительных и чистых культур микроорганизмов.

Материал каждого занятия начинается с плана, включает изложение теоретической части и вопросы, которые можно использовать для текущего контроля усвоения знаний студентами, а также для самоконтроля. Далее перечисляются материалы и оборудование, необходимые на занятии, ставится цель занятия, перечисляются задания для самостоятельной работы студентов на лабораторном занятии. Результаты наблюдений студенты оформляют в виде таблиц, образцы которых представлены в практическом пособии.

Изложение материала построено в соответствии с программой курса. Студенты, отработавшие лабораторные занятия, приобретают достаточную теоретическую подготовку и навыки, необходимые в практической работе и при выполнении экспериментальных исследований.

Целью практического пособия является оказание помощи студентам в овладении теоретическими основами микробиологии и выработке практических навыков работы с культурами микроорганизмов. Материал издания делает процесс обучения более эффективным и способствует повышению его качества.

Практическое пособие может быть использовано на лабораторных занятиях по соответствующим темам курса «Микробиология».

1 МОЛОЧНОКИСЛЫЕ БАКТЕРИИ

1.1 Общая характеристика молочнокислых бактерий и их особенности, типы брожения.

1.2 Гомоферментативные и гетероферментативные молочнокислые бактерии.

1.3 Получение накопительной культуры молочнокислых бактерий.

1.1 Общая характеристика молочнокислых бактерий и их особенности, типы брожения

В группе молочнокислых бактерий насчитывается по разным данным от 4 до 6 семейств, и все они относятся к порядку *Lactobacillales*, классу *Bacilli* и отделу *Firmicutes*. Наиболее распространенные роды молочнокислых бактерий: *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Lactosphaera*, *Microbacterium*, *Propionibacterium*, *Enterococcus*, *Aerococcus*, *Vagococcus* и некоторые другие.

Представители рода *Lactobacillus* являются одними из самых популярных бактерий, встречающихся в потребительских пробиотических и (или) ферментированных продуктах. За последние десятилетия к роду *Lactobacillus* было отнесено более 260 видов. На сегодняшний день группа из 15 ученых со всего мира разбила род *Lactobacillus* на 25 родов, включая измененный род *Lactobacillus* (который теперь ограничен бывшей группой *Lactobacillus delbrueckii*), *Paralactobacillus* и 23 новых рода: *Acetilactobacillus*, *Agrilactobacillus*, *Amylolactobacillus*, *Apilactobacillus*, *Bombilactobacillus*, *Companilactobacillus*, *Dellaglioa*, *Fructilactobacillus*, *Furfurilactobacillus*, *Holzapfelia*, *Lacticaseibacillus*, *Lactiplantibacillus*, *Lapidilactobacillus*, *Latilactobacillus*, *Lentilactobacillus*, *Levilacatobacillus*, *Ligilactobacillus*, *Limosilactobacillus*, *Liquorilactobacillus*, *Loigolactobacillus*, *Paucilactobacillus*, *Schleiferilactobacillus* и *Secundilactobacillus*. Наиболее распространены следующие виды: *Lactobacillus acidophilus*, *L. plantarum*, *L. casei*, *L. rhamnosus*, *L. delbrueckii bulgaricus*, *L. fermentum*, *L. reuteri*, *Lactococcus lactis*, *Lactococcus lactiscremoris*, *Bifidobacterium bifidum*, *B. infantis*, *B. adolescentis*, *B. longum*, *B. breve*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus faecium*. Это новые виды родовой группы, которые имеют общую филогению генома, экологию, а также физиологические и метаболические свойства.

Род *Streptococcus* включает грамположительные, факультативно аэробные и гомоферментативные кокки, каталазоотрицательные, которые производят молочную кислоту как основной конечный продукт

ферментации глюкозы. Клетки имеют сферическую или яйцевидную форму и при выращивании в жидких средах встречаются цепочками или парами. Стрептококки имеют большое медицинское значение, так как являются возбудителями и комменсалами слизистых оболочек дыхательных и пищеварительных путей человека и животных и связаны с кариесом зубов. *Streptococcus thermophilus* также имеет большое значение для пищевой промышленности, поскольку во всем мире он используется в качестве закваски для йогурта вместе с *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. Род *Streptococcus* состоит из 79 видов, которые на основе последовательностей 16S рРНК можно сгруппировать в группы видов *anginosus*, *bovis*, *mitis*, *mutans*, *pyogenes*, *salivarius*, *hyovaginalis* и *suis*. Геномика патогенных стрептококков в целом демонстрирует высокое внутривидовое разнообразие геномного содержания, а мобильные генетические элементы, такие как инсерционные последовательности, профаги и интегративные конъюгативные транспозоны, имеют важное значение для эволюционного расхождения, а также для успешной колонизации и сопротивления иммунному ответу хозяина. Точная идентификация штаммов, вызывающих инфекцию, и разработка вакцин против стрептококков базируются не только на глубоких знаниях факторов вирулентности и геномики бактерий, но и на точной таксономии.

Несмотря на близкое родство, патогенные представители порядка *Lactobacillales* (например, пневмококки *Streptococcus pneumoniae*) обычно исключаются из группы молочнокислых бактерий. С другой стороны, дальние родственники *Lactobacillales* из класса актинобактерий – бифидобактерии часто рассматриваются в одной группе с молочнокислыми бактериями. Некоторых представителей аэробных спорообразующих родов *Bacillus* (например, *Bacillus coagulans*) и *Sporolactobacillus* (например, *Sporolactobacillus inulinus*) иногда включают в группу молочнокислых бактерий из-за сходства в метаболизме углеводов и их роли в пищевой промышленности.

В связи с тем, что молочнокислые бактерии используются для приготовления пищевых продуктов и выступают как возбудители болезней человека и животных, они представляют собой группу большого экономического значения.

Распространение в природе молочнокислых бактерий определяется их сложными потребностями в питательных веществах и способом получения энергии. Они почти никогда не обнаруживаются в почве или водоемах. В естественных условиях они встречаются:

– в молоке, молочных продуктах, в местах переработки молока (*Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus lactis* и другие лактобациллы; *Streptococcus lactis*);

– на поверхности растений как эпифитная микрофлора и на разлагающихся растительных остатках (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, *Leuconostoc mesenteroides*);

– в кишечнике и на слизистых оболочках человека и животных как представители нормальной микрофлоры (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Streptococcus pneumoniae*, *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus bovis* (зеленящий стрептококк) и др.).

Морфология клеток. Это морфологически гетерогенная группа бактерий, она включает палочковидные и сферические организмы, длиной от 0,7–1,1 до 3,0–8,0 мкм, расположенных единично или собранных в цепочки. Все молочнокислые бактерии грамположительны, не образуют эндоспор (за исключением *Sporolactobacillus inulinus*), капсул и, в подавляющем большинстве, неподвижны. Форма и длина клеток у различных культур одних и тех же видов молочнокислых бактерий часто зависит от состава среды, присутствия кислорода, способа культивирования.

Физиолого-биохимические свойства. Это факультативные анаэробы или микроаэрофилы, использующие в качестве источника энергии углеводы и образующие в качестве основного продукта брожения молочную кислоту (по этому признаку их объединяют в отдельную группу микроорганизмов). У всех молочнокислых бактерий обнаруживаются **сложные потребности в факторах роста**: витаминах группы В, аминокислотах, пуринах и пиrimидинах. Отличительная **физиологическая особенность молочнокислых бактерий** – их высокая устойчивость к молочной кислоте. Способность молочнокислых бактерий образовывать и переносить довольно высокие концентрации молочной кислоты имеет важное селективное значение, так как такое свойство дает им возможность успешно конкурировать с большинством других бактерий в средах, богатых питательными веществами.

Молочнокислые бактерии обычно способны только к брожению.

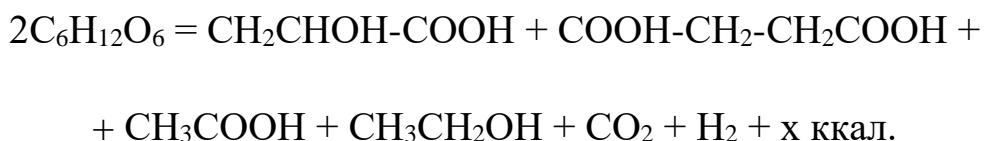
Молочнокислым брожением называют анаэробное разложение углеводов молочнокислыми бактериями с образованием молочной кислоты и других продуктов. В зависимости от того, какие молочнокислые бактерии вызывают это брожение и какие при этом образуются продукты, оно бывает двух типов – **типичное** (гомоферментативное) и **нетипичное** (гетероферментативное).

Химизм типичного молочнокислого брожения прост. Он заключается в гладком расщеплении гексозы на две молекулы молочной кислоты, без образования газообразных продуктов, по следующему суммарному уравнению:



Промежуточными продуктами при этом брожении являются пировиноградная кислота и водород. Присоединяя водород, пировиноградная кислота образует молочную кислоту.

Химизм нетипичного молочнокислого брожения более сложный, так как здесь при сбраживании углеводов, наряду с молочной кислотой, гетероферментативные бактерии образуют ряд других соединений: уксусную и янтарную кислоты, этиловый спирт, углекислоту и водород. Усложнение процесса брожения связано с тем, что эти бактерии содержат в своих клетках фермент карбоксилазу, а у гомоферментативных бактерий он отсутствует. Общий химизм этого процесса может быть представлен схематическим уравнением так:



Молочнокислые бактерии можно разделить на две физиолого-биохимические подгруппы, различающиеся по продуктам, которые образуются из глюкозы в результате брожения (эта классификация была предложена в 1925 г. А. И. Клюйвером, Г. Л. Донкером): гомоферментативные и гетероферментативные.

1.2 Гомоферментативные и гетероферментативные молочнокислые бактерии

К числу наиболее часто встречающихся типичных *гомоферментативных молочнокислых бактерий* относится молочный стрептококк (*Streptococcus lactis*). В молодых культурах он представляет собой типичный стрептококк, образующий цепочки различной длины из овальных клеток диаметром 0,5–1,0 мкм (рисунок 1.1 (а)). В старых культурах после свертывания молока преобладают сочетания в виде диплококков. Встречается он и в виде коротких бесспоровых палочек, окрашивающихся положительно по Граму. Колонии молочного стрептококка на поверхности твердой питательной среды мелкие, выпуклые, слегка беловатые, напоминающие капли воды или жира. У *Streptococcus cremoris* (рисунок 1.2 (б)) клетки расположены более длинными цепочками.

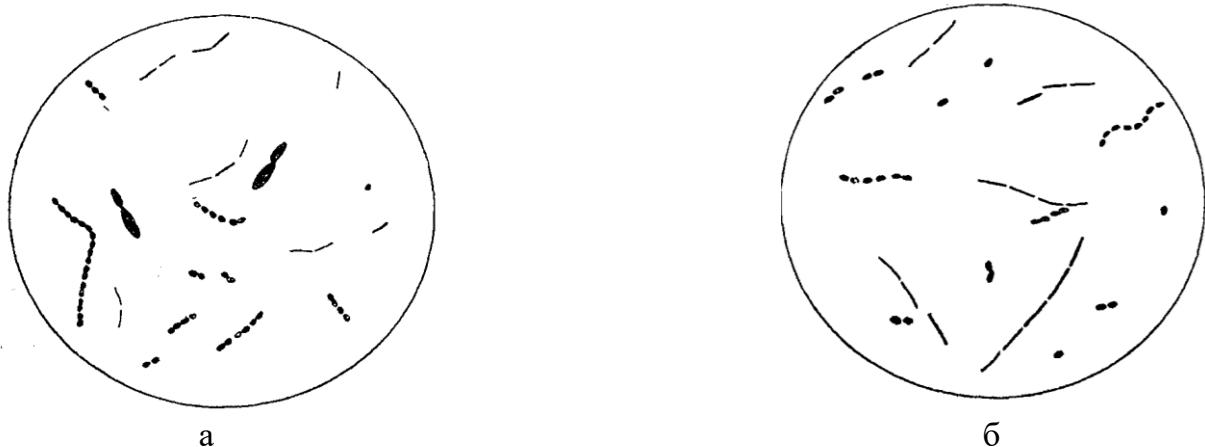


Рисунок 1.1 – а – Микрофлора кефира: *Streptococcus lactis*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Saccharomyces kefiri*; б – микрофлора ацидофилина: *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus lactis*, x 100

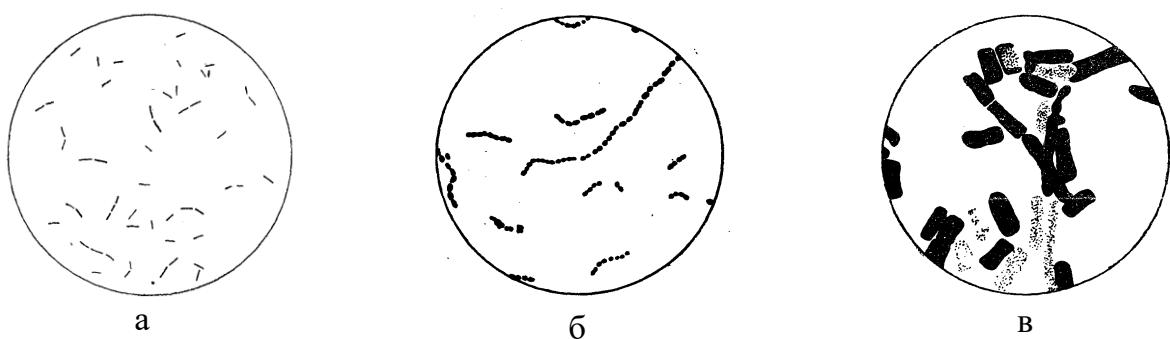


Рисунок 1.2 – а – Микрофлора капустного рассола;
б – *Streptococcus cremoris*; в – молочная плесень *Geotrichum candidum*

Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus* (рисунок 1.1 (а)) (болгарская палочка, названа так, поскольку первоначально была выделена в 1903 г. в лаборатории И. И. Мечникова из болгарского молочнокислого пищевого продукта йогурта совместно с другими термофильными бактериями: *Lactobacterium bulgaricum*, *Bacterium bulgaricum*, *Bacterium yoghurti*, *Thermobacterium bulgaricum*) – крупная палочка длиной 4–20 мкм, спор не образует, неподвижная, грамположительная, располагается в виде отдельных клеток и коротких цепочек, оптимальная температура ее развития 40–45 °С. *Lactobacillus acidophilus* (рисунок 1.1 (б)) – по морфологии близка к болгарской, но имеет другой температурный оптимум развития – 37 °С; используется для приготовления ацидофилина.

Также весьма важным представителем палочковидных форм типичных молочнокислых бактерий является болгарская палочка *Lactobacterium bulgaricum* (рисунок 1.1 (а)). Это бесспоровая, неподвижная длинная

палочка, иногда соединяющаяся парами или в короткие цепочки. На твердой питательной среде дает характерные колонии, напоминающие пучки ваты. Болгарская палочка широко распространена в природе и является типичным возбудителем естественного скисания молока. Чистая культура этой бактерии применяется при приготовлении мечниковской простокваси (лактобациллина). Близкая к ней по морфологическим признакам, но развивающаяся при повышенных температурах (40 °C) ацидофильная палочка (*Lactobacterium acidophilum*) используется при изготовлении ацидофильной простокваси (ацидофилина).

К группе гомоферментативных молочнокислых бактерий относятся также виды, обитающие на растительных субстратах (капуста, огурцы, силосная масса). Из них большой практический интерес представляет *Lactobacterium delbrueckii* – длинная бесспоровая палочка, растущая при повышенной температуре и применяющаяся для промышленного получения молочной кислоты. Широко распространены в природе *Bacterium ciceri* и *Bacterium fermentatis* – маленькая палочка, встречающаяся в огуречном и капустном рассоле, а также близкая к ней *Lactobacterium plantarum*. Эти бактерии находят широкое применение при квашении капусты, огурцов (рисунок 1.2 (а)).

Представителями *гетероферментативных молочнокислых* бактерий являются вариабельные по форме бифидобактерии из рода *Bifidobacterium* (*B. bifidum*) и кокковые из рода *Leuconostoc* (*L. mesenteroides*), *Lactobacillus brevis* и др. Некоторые гетероферментативные молочнокислые бактерии (например, *Lactobacterium pentaceticum*) могут сбраживать пентозы с образованием молочной и уксусной кислот, что имеет место при силосовании кормов. Накапливающиеся при этом кислоты предохраняют силос от порчи.

На поверхности прокисшего молока, капусты, кваса, силоса довольно часто развивается молочная плесень *Geotrichum candidum* (рисунок 1.2 (в)), вызывающая порчу молочных и квашеных продуктов и силоса. Этот организм близко примыкает к дрожжам, но некоторыми исследователями относится к несовершенным грибам. Его вегетативное тело представлено белым многоклеточным мицелием, который распадается на отдельные клетки, так называемые оидии, то овальной, то продолговатой формы, служащие для размножения.

Молочнокислые бактерии имеют огромное практическое значение, так как вызываемый ими процесс молочнокислого брожения лежит в основе переработки молочных продуктов, квашения овощей, силосования кормов. Молочнокислые бактерии либо продукты их метаболизма активно используют в мясной, рыбной, спиртовой, кожевенной промышленности, медицине и т. д.

1.3 Получение накопительной культуры молочнокислых бактерий

В субстратах разной природы молочнокислые бактерии не занимают доминирующего положения, их рост подавляют различные сапроптические микроорганизмы (многие виды плесеней, дрожжей и т. д.). Поэтому для выделения таких микроорганизмов используют элективные питательные среды, которые способствуют их активному росту. Источниками для выделения лактобацилл служат кисломолочные продукты (сметана, простокваша, сыры, кефир и др.), лактобацилл – силос и травы, пищевые продукты. Например, в йогурте можно выделить *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus bulgaricus*; в кефире – *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus kefir*, *Lactobacillus kefiranofaciens*; сметане – *Lactococcus cremoris*, *Lactococcus lactis*, *Leuconostoc lactis* и *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*.

Накопительную культуру молочнокислых бактерий можно получить очень просто. Для этого свежее покупное молоко разливают в пробирки или колбы емкостью 100–200 мм, наполняя их на 2/3 объема, закрывают ватными пробками и помещают в термостат с температурой 30–35 °C. Если используется стерильное молоко, то в него вносят кислое молоко пипеткой 1 мл на пробирку. После того, как в молоке образуется плотный сгусток, приступают к микроскопическому изучению молочнокислых бактерий.

Вопросы для самоконтроля

- 1 Дайте характеристику молочнокислым бактериям, опишите их особенности, типы брожения.
- 2 Укажите особенности морфологии клеток молочнокислых бактерий. Как морфология клеток меняется с возрастом культуры?
- 3 Перечислите предпочтительные местообитания лактобацилл, лактобацилл.
- 4 Охарактеризуйте химизм типичного молочнокислого брожения и нетипичного молочнокислого брожения; перечислите представителей.
- 5 Каким образом можно получить накопительную культуру молочнокислых бактерий?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1.

МОЛОЧНОКИСЛЫЕ БАКТЕРИИ

Цель: изучение молочнокислых бактерий: их особенностей, морфологии, химизма процесса молочнокислого брожения.

Материалы и оборудование: микроскопы биологические, иммерсионное масло, предметные стекла, бактериальные петли, кюветы, мостики, держатели, пинцеты, кисломолочные продукты, капустный или огуречный рассол, стерильные медицинские пипетки, спиртовки, фильтровальная бумага, набор красителей.

Ход работы

Задания на 6 баллов: выполните пункты 1–4.

Задания на 10 баллов: выполните работу на 6 баллов, а также пункт 5.

1 Ознакомиться со способами получения накопительной культуры молочнокислых бактерий.

2 Приготовить фиксированные препараты молочнокислых бактерий с использованием: а) простой окраски; б) окраски по Граму.

При приготовлении мазка на основе кисломолочного продукта, разбавьте водой каплю продукта. Для фиксации желательно использовать смесь спирта с эфиром (1:1), что приводит к извлечению жира из приготовленного мазка, обеспечивая четкость препарата.

3 Препараты микроскопировать с использованием биологического микроскопа, с объективами 10x и 100x. Отметить форму и сочетание клеток согласно схеме таблицы 1.1.

4 Все наблюдения и рисунки отметить в таблице 1.1, записать в рабочую тетрадь. Под рисунком указать увеличение микроскопа.

Таблица 1.1 – Особенности морфологии клеток микроорганизмов

Параметры	Характеристика
Исследуемый материал	
Возраст культуры, материала	
Форма клеток, их сочетание	
Окраска по Граму	
Рисунок клеток	
Выводы: указать морфологические особенности клеток микроорганизмов исследуемой культуры	

5 Решите следующую многоэтапную задачу. Из коровьего молока были выделены три штамма микроорганизмов. В таблице 1.2 представлены физиолого-биохимические характеристики каждого из штаммов.

Таблица 1.2 – Характеристика выделенных из молока микроорганизмов

№ штамма	Характеристика
1	Форма клеток в молоке – овальные кокки величиной от 0,5 до 1,5 мкм, соединенные попарно или в виде коротких цепочек. Грамположительные. Эндоспор не образуют. Неподвижные, капсул не имеют. Способны расти при температуре 10–40 °С, в присутствии NaCl до 4 %. Сбраживают лактозу и некоторые другие сахара с образованием молочной кислоты. Не растут при pH 9,6. Каталазо- и оксидазоотрицательные. Растут в присутствии 40 % желчи.
2	Форма клеток в молоке – длинные и короткие палочки размером 5–20х x0,8–1,0 мкм, одиночные или соединенные попарно. Грамположительные. Спор не образуют. Факультативные анаэробы. Единственным продуктом брожения является молочная кислота. Сбраживают лактозу и целлобиозу, но не способны к ферментации сахарозы, трегалозы, галактозы, мальтозы. Каталазоотрицательные. Оптимальный температурный диапазон составляет 42–46 °С.
3	Клетки имеют овальную или шаровидную форму диаметром 0,7–2,0 мкм, часто соединены в длинные цепочки. Грамположительные, неподвижные, неспорообразующие. Факультативные анаэробы. Метаболизм бродильного типа – в процессе сбраживания сахаров конечным продуктом является лактат (гомоферментативное молочнокислое брожение). Способны расти при температуре 15–45 °С, в присутствии NaCl до 2 %. Не растут при pH 9,6. Сбраживают лактозу, фруктозу, глюкозу, сахарозу с образованием молочной кислоты.

5.1 Используя таблицу 1.3, выясните, к какому виду относится каждый из трех штаммов.

Таблица 1.3 – Основные свойства молочнокислых бактерий

Свойства	<i>Enterococcus durans</i>	<i>Enterococcus hirae</i>	<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	<i>Leuconostoc cremoris</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>	<i>Streptococcus salivarius</i>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Форма клеток	кокки	кокки	кокки	палочки	палочки	кокки	кокки	кокки
Наличие каталазы								
Способность к образованию кислоты из:								
сахарозы	–	+		–	+	–	+	+
лактозы	+	+	+	+	+	+	+	–

Окончание таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Отношение к O_2	Факультативные анаэробы							
Рост при pH 9,6	+	+	–				–	–
Способность рости в присутствии 40 % желчи	+	+	+				–	–
Способность рости при температуре ($^{\circ}C$)								
10	+	+	+	–	–	+	–	–
37	+	+	+	+	+	+	+	+
45	+	+	–	+	+	–	+	+
Способность рости в присутствии NaCl (%)								
4	+	+	+		–			
6,5	+	+	–		–		–	–
Тип молочно-кислого брожения*	1	1	1	1	1	2	1	1
Примечание: *типы молочно-кислого брожения: 1 – гомоферментативное; 2 – гетероферментативное; пустые клетки – данные отсутствуют или различаются для штаммов внутри вида								

5.2 Используя таблицу 1.4, выясните, какие кисломолочные продукты вы можете приготовить, используя данные микроорганизмы в качестве закваски. Ответ запишите в рабочей тетради.

Таблица 1.4 – Состав заквасок для получения кисломолочных продуктов

Продукт	Состав закваски
Айран	<i>Streptococcus thermophilus</i> и <i>Lactobacillus bulgaricus</i>
Ацидофилин	<i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Streptococcus salivarius</i> и <i>Lactobacillus bulgaricus</i>
Йогурт	<i>Streptococcus thermophilus</i> и <i>Lactobacillus bulgaricus</i>
Кисломолочное масло	<i>Lactococcus lactis</i> , <i>Streptococcus cremoris</i> и <i>Leuconostoc cremoris</i>
Простокваша	<i>Lactococcus lactis</i>
Ряженка	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>
Сметана	<i>Streptococcus thermophilus</i> , <i>Enterococcus durans</i> и <i>Enterococcus hirae</i>
Творог, немецкие сыры	<i>Lactococcus lactis</i> (или <i>Lactobacillus bulgaricus</i>) и <i>Streptococcus thermophilus</i>

2 СПОРООБРАЗУЮЩИЕ БАКТЕРИИ: АЭРОБНЫЕ И АНАЭРОБНЫЕ

2.1 Характеристика спорообразующих бактерий, отдельные представители.

2.2 Основные свойства эндоспор.

2.3 Получение накопительных культур аэробных спорообразующих бактерий.

2.4 Получение накопительных культур анаэробных спорообразующих бактерий.

2.5 Дифференциальная окраска споры и цитоплазмы.

2.1 Характеристика спорообразующих бактерий, отдельные представители

В группу спорообразующих входят бактерии разной морфологии, большинство из них окрашивается по Граму положительно (таблица 2.1). Клетки обычно подвижные за счет перитрихиальных жгутиков, образуют устойчивые к нагреванию, сильно преломляющие свет эндоспоры. В группу входят 15 родов, из них пять основных: *Bacillus*, *Sporosarcina*, *Sporolactobacillus*, *Clostridium* и *Desulfotomaculum*.

Таблица 2.1 – Эубактерии, образующие эндоспоры (по Дуде, 1982, цит. по М. В. Гусеву, Микробиология, 2003)

Род бактерий	Форма вегетативных клеток	Окраска по Граму	Отношение к кислороду
<i>Bacillus</i>	палочковидная	±	аэробы
<i>Clostridium</i>	то же	±	анаэробы
<i>Desulfotomaculum</i>	то же	–	анаэробы
<i>Sporolactobacillus</i>	то же	+	аэробы
<i>Sulfolobus</i>	то же	–	то же
<i>Sporocarcina</i>	сферическая	+	то же
<i>Thermoactinomyces</i>	ветвящиеся нити	+	то же
<i>Actinobifida</i>	ветвящиеся нити	+	то же
<i>Sporospirillum</i>	спириллы	–	анаэробы
<i>Ostillospira</i>	дисковидные клетки в трихомах	–	то же
<i>Fusosporus</i>	спириллы	–	то же

Первичное таксономическое деление на роды основано на отношении бактерий к молекулярному кислороду. Род *Sporosarcina* включает облигатные аэробы и факультативные анаэробы, род *Desulfotomaculum* представлен облигатными анаэробами. Представители рода *Sporosarcina* – грамположительные кокковидные бактерии. Бактерии рода *Desulfotomaculum* по Граму окрашиваются отрицательно, хотя имеют клеточную стенку грамположительного типа, энергию получают путем анаэробного сульфатного дыхания, используя в качестве конечных акцепторов электронов сульфаты. Бактерии рода *Sporolactobacillus* – микроаэрофилы, клетки палочковидные, подвижные (жгутикование перитрихиальное), грамположительные. Метаболизм бродильный, осуществляют гомоферментативное молочнокислое сбраживание гексоз с образованием молочной кислоты. Клетки не содержат каталазы и цитохромов. Типовой (и единственный) вид *Sporolactobacillus inulinus*.

К числу наиболее широко распространенных и имеющих значительный практический интерес спорообразующих бактерий относятся бактерии родов *Bacillus* и *Clostridium*.

К роду *Bacillus* относятся аэробные или факультативно-анаэробные палочковидные бактерии, большинство из них подвижны. Хемоорганотрофы. Метаболизм строго дыхательный, строго бродильный или дыхательный и бродильный одновременно с использованием различных субстратов. Некоторые представители способны получать энергию за счет нитратного дыхания. Для большинства представителей рода *Bacillus* характерно брожение с образованием 2,3-бутандиола, глицерина и CO_2 , а также небольших количеств молочной кислоты и этанола. Бутандиоловое брожение, осуществляемое бактериями рода *Bacillus*, можно представить следующим образом:



Бактерии рода *Bacillus* можно разделить на три группы, различающиеся по структуре и внутриклеточной локализации эндоспор:

1 Споры овальные, расположение их в материнской клетке центральное, растяжение клетки спорой не происходит. Таковы споры у большинства бацилл (*B. subtilis*, *B. cereus*, *B. megaterium*, *B. anthracis*, *B. thuringiensis*).

2 Споры овальные, имеющие толстую оболочку с выростами, расположение их в материнской клетке центральное. Они «растягивают» клетки изнутри в ходе споруляции (*B. polymyxa*, *B. stearothermophilus*).

3 Споры сферические, расположение их в материнской клетке полярное. Эндоспоры «растягивают» клетку в ходе споруляции (*B. pasteurii*).

Большинство представителей рода *Bacillus* являются сапрофитами, широко распространены в природе, особенно в почвах, богатых органическими веществами (*B. subtilis*, *B. megaterium*, *B. polymyxa*, *B. stearothermophilus*, *B. licheniformis*). *B. megaterium* считаются «гигантами» среди эубактерий, так как их клетки имеют размеры 2×5 мкм.

Вид *B. subtilis* является типовым для рода *Bacillus*, называется «сенной палочкой» (так как накопительные культуры данных бактерий получают из настоя сена). Бактерии *B. polymyxa* получили название из-за того, что они образуют большое количество слизи. *B. stearothermophilus* – выраженный термофил (температурный оптимум для роста 50–65 °C).

Представителями патогенных бацилл являются *B. anthracis* и *B. thuringiensis*. *B. anthracis* – возбудитель сибирской язвы. Это нуждающиеся в факторах роста неподвижные бактерии с пептидной капсулой, содержащей в большом количестве D- и L-формы глутаминовой кислоты. *B. thuringiensis* – возбудитель паралитического заболевания у гусениц многих чешуекрылых насекомых. Клетки этих бактерий подвижны, зависят от наличия факторов роста. Включения токсичных для насекомых белков известны и у других бацилл, например, у *B. laterosporus*, *B. sphaericus*, *B. popilliae*.

Бактерии рода *Bacillus* являются активными продуцентами различных антибиотических веществ. В настоящее время известно около 200 антибиотиков, синтезируемых этими бактериями. Наиболее продуктивными являются бактерии вида *B. subtilis* – для них описано более 70 различных антибиотиков. Около 30 антибиотиков продуцируют культуры *B. brevis*. Различные антибиотики синтезируют также бактерии видов *B. polymyxa*, *B. cereus*, *B. circulans*, *B. megaterium*, *B. licheniformis* и др. Некоторые антибиотики бактерий рода *Bacillus* широко используются в медицине, сельском хозяйстве и пищевой промышленности. К ним относятся полимиксины, колистин, бацитранин, грамицидин С, субтилин, эденин, бутирозин и др.

Анаэробные спорообразующие бактерии рода *Clostridium* – палочки с закругленными или иногда заостренными концами, часто расположенные в парах или коротких цепочках. Большинство из них подвижны за счет перитрихиальных жгутиков. Образуют овальные или сферические эндоспоры, располагающиеся субтерминально, центрально или терминально. Как правило, диаметр спор больше диаметра вегетативной клетки, поэтому палочка со спорой приобретает сходство с веретеном, отсюда и произошло название рода. *Отличительной морфологической особенностью* их является *способность к синтезу гранулезы*. Большинство штаммов рода *Clostridium* – облигатные анаэробы, хотя

некоторые могут расти в присутствии воздуха. Хемоорганотрофы, энергию получают в основном за счет масляно-кислого брожения. Возбудителями классического маслянокислого брожения являются *C. butyricum*, *C. pasteurianum*, *C. rubrum* и др. В качестве основных продуктов они образуют масляную и уксусную кислоты, углекислый газ и молекулярный водород. Другие представители (*C. acetobutylicum*, *C. felsineum*, *C. sporogenes* и др.) осуществляют ацетонобутиловое брожение, при котором кроме масляной кислоты образуются нейтральные продукты: ацетон, бутиловый, этиловый, изопропиловый спирты.

Клостридии сбраживают большое число субстратов, включая полисахариды, белки, аминокислоты и пурины. В зависимости от вида сбраживаемого субстрата выделяют несколько физиологических групп клостридий:

- сахаролитические, использующие в качестве субстратов моносахара, крахмал, пектин, целлюлозу и другие вещества углеводной природы (*C. pasteurianum*, *C. butyricum*, *C. acetobutylicum*, *C. felsineum*);
- протеолитические, сбраживающие белки, пептиды, аминокислоты (*C. botulinum*, *C. tetani*, *C. putribicum*, *C. sporogenes* и др.);
- пуринологические, сбраживающие гетероциклические азотсодержащие соединения – пурины и пуримидины (*C. acidiurici*, *C. cylindrosporum*).

Потребности клостридий в питательных веществах весьма разнообразны. Как правило, они могут расти только на сложных, богатых органическими соединениями средах. Для них выявлена потребность в определенных витаминах и наборе аминокислот. Для многих сахаролитических клостридий характерна способность фиксировать атмосферный азот. Первый анаэробный азотфиксатор был выделен из почвы русским микробиологом С. Н. Виноградским и назван им в честь Л. Пастера *Clostridium pasteurianum*.

Клостридии широко распространены в природе. Естественной средой их обитания является почва, особенно ее глубокие слои, ил различных водоемов, сточные воды, кишечный тракт травоядных животных и человека. У клостридий выделяют как сапрофитные, так и патогенные формы. К сапрофитным относятся *C. pasteurianum*, *C. acetobutylicum*, *C. butyricum* (типовой вид рода *Clostridium*). Патогенные клостридии: *C. tetani* – возбудитель столбняка; *C. botulinum* – возбудитель ботулизма; *C. histolyticum*, *C. septicum*, *C. perfringens*, *C. novyi*, *C. sordelli* – возбудители газовой гангрены. Патогенные клостридии, как правило, относятся к протеолитическим.

Бактерии рода *Clostridium* играют важную роль в круговороте веществ в природе, особенно азота и углерода, осуществляя процессы гниения, брожения и фиксации молекулярного азота. Некоторые представители

клостридий используются для промышленного получения масляной кислоты, бутанола, ацетона (*C. butyricum*, *C. acetobutylicum*). Анаэробные клостридии применяются также при мочке льна, конопли и других прядильных культур.

2.2 Основные свойства эндоспор

Эндоспоры бактерий – особый тип покоящихся клеток, в основном грамположительных бактерий. Эндоспоры формируются эндогенно, т. е. внутри материнской клетки, которая называется **спорангием**.

Отличия бактериальной эндоспоры от вегетативной клетки:

- 1) характеризуется повышенной устойчивостью к нагреванию, действию ультрафиолетовых лучей, антибиотиков и других факторов;
- 2) споры некоторых бактерий выдерживают кипячение на протяжении двух часов;
- 3) могут длительное время сохраняться в состоянии покоя;
- 4) обладают низким уровнем метаболической активности либо ее отсутствием.

Поскольку одна клетка образует одну эндоспору и увеличения числа бактерий при ее прорастании не происходит, то **спорообразование не рассматривают как способ размножения бактерий**. Эндоспоры представляют собой стадию покоя, приспособлены к перенесению неблагоприятных условий.

Переход бактерий к **спорообразованию (споруляции)** наблюдается обычно при истощении питательного субстрата, недостатке источников углерода, азота, фосфора, изменении рН и т. д. Процесс спорообразования энергозависим, поэтому от источника поступления энергии споруляцию разделяют на эндотрофную и экзотрофную. Эндотрофная споруляция осуществляется за счет внутреннего запаса энергии клетки и не нуждается в дополнительных веществах. В случае экзотрофных процессов используется экзогенная энергия, поступающая извне.

Способность к образованию спор детерминируется генами *spo*, которых у бактерий *Bacillus subtilis* (по данным Г. Халворсена) более 100. Каждый из *spo*-генов отвечает за те или иные стадии споруляции.

В конце спорообразования спора приобретает характерную форму и занимает определенное положение в клетке. Диаметр споры может превышать или не превышать диаметр вегетативной клетки. В результате этого бактериальная клетка со спорой может принимать форму веретена или теннисной ракетки. Споры в клетке могут располагаться центрально (*Bacillus megaterium*), субтерминально (*Clostridium botulinum*) или терминально (*Clostridium tetani*).

Обычно сусpenзии спорообразующих микроорганизмов содержат в разных соотношениях различные типы клеток: споры, вегетативные клетки, вегетативные клетки с эндоспорами. Поэтому перед каждым пересевом культуру, как правило, подвергают кратковременному кипячению. Это способствует повышению способности клеток формировать споры. Споры освобождаются при лизисе спорангия.

Прорастание спор в вегетативную клетку можно индуцировать, подвергнув их прогреванию до 60–70 °C в течение нескольких минут или кратковременному кипячению (10 мин при 100 °C). Тепловой шок должен проводиться непосредственно перед высеиванием спор, так как процесс активации обратим. Для обнаружения способности клеток к спорообразованию лучше всего использовать старые культуры.

Споры можно обнаружить при наблюдении живых клеток, а также путем дифференциального окрашивания цитоплазмы и споры. С этой целью просматривают клетки 2–3-суточной культуры, так как большинство спорообразующих бактерий проходят за этот период времени все стадии развития – от вегетативной клетки до свободной споры. Споры обладают многослойными труднопроницаемыми для красителей оболочками, поэтому при простом методе окрашивания обнаруживаются в клетке в виде бесцветных включений, обычно сферической или овальной формы, находящиеся в зависимости от стадии спорообразования внутри или вне клеток бактерий.

Иногда на поверхности спор откладывается тонкий белковый слой. Благодаря его прокрашиванию, споры становятся видимыми, но окрашены они значительно слабее, чем клетки. Например, при окраске фуксином Циля клетки красные, а споры светло-розовые.

Метод простого негативного окрашивания удобен при количественной оценке процесса спорообразования путем подсчета количества спор и вегетативных клеток в разных условиях роста. Можно также провести дифференциальную окраску спор и цитоплазмы.

2.3 Получение накопительных культур аэробных спорообразующих бактерий

О развитии накопительной культуры судят визуально по характерным признакам изменения питательной среды, образованию пленки, выделению пигмента, появлению мути, образованию газов, а также по микроскопированию микроорганизмов на прижизненных и постоянных микробиологических препаратах.

Получение культуры сенной палочки (*Bacillus subtilis*)

Вариант 1. Помещают 1 г сена из разнотравья (мелко нарезают) в колбу объемом 100–150 мл и заливают 20–30 мл водопроводной воды, нагретой до 40–50 °C. Сено настаивают в течение 30 мин. За это время из сена экстрагируются вещества, которые служат питательным субстратом для бактерий. Через 30 мин сенной настой отделяют от сена фильтрацией, разливают в 2 пробирки (примерно по 5–7 мл), закрывают их ватными пробками и прогревают в кипящей водяной бане 15–20 мин. При этом лишь споры некоторых бактерий остаются жизнеспособными. Колбы помещают в термостат при температуре 30 °C на 7 суток.

Вариант 2. При втором способе конические колбы на 100–150 мл заранее проваривают, кипятят в них воду 15–20 мин. Сено из разнотравья мелко нарезают и помещают в колбу объемом 500 мл, заполняя ее на $\frac{1}{4}$ объема, добавляют щепотку мела и кипятят 15–20 мин, пока среда не приобретает цвет настоя крепкого чая. Сенной отвар разливают в подготовленные конические колбы слоем 1,0–1,5 см (должен быть тонкий слой суспензии, поскольку ставим накопительную культуру аэробных спорообразующих бактерий), закрывают ватными пробками и помещают в термостат при температуре 22–25 °C либо вблизи радиатора отопления.

Характеристика культуры сенной палочки (*Bacillus subtilis*). Наблюдают на поверхности жидкости бактериальную пленку. Это культура сенной палочки (*Bacillus subtilis*), которая при старении, на 3–4-е сутки, становится серовато-зеленоватой. Другие микроорганизмы при этом вырастают редко и в небольших количествах.

При культивировании на плотной среде колонии сухие, бесцветные или серовато-белые, мелкоморщинистые или образующие бархатистый налет, расплывающиеся по поверхности агара и тогда имеющие по краям складки; край более или менее волнистый; плотно прилегают к агаровой среде. Клетки имеют форму палочки, короткие и тонкие, размером 3–5x0,6 мкм; нередко соединены в длинные нити. Споры овальные (0,9x0,6 мкм), расположены без строгой локализации – эксцентрически или ближе к центру, но не строго центрально.

Получение культуры картофельной палочки (*Bacillus subtilis* var. *mesentericus*). Нарезают неочищенный клубень картофеля на среднего размера ломтики, помещают их в колбу объемом 100–150 мл, добавляют на кончике шпателя мел, заливают ломтики водопроводной водой почти доверху колбы. Колбы ставят на водяную баню и прогревают в кипящей водяной бане 10–15 мин. При этом вегетативные клетки бактерий, находящихся на поверхности клубней картофеля, погибают,

а жизнеспособными обычно остаются лишь термостабильные споры. Затем колбы закрывают ватной пробкой и помещают в термостат при 30 °С на 5–7 суток.

Характеристика культуры *Bacillus subtilis* var. *mesentericus*. Прoverяют получение накопительной культуры спорообразующих бактерий по появлению на поверхности жидкой среды плотной морщинистой пленки культуры картофельной палочки. Окраска пленки может быть разной: беловато-серой, розоватой, желто-буровой, черной, что зависит от разновидностей культуры, получивших преимущественное развитие. На плотной среде колонии обычно плотно прилегают к ее поверхности, иногда срастаются со средой, тонкие, морщинистые, серовато-белые, кремовые или желто-буровые. Культура имеет много разновидностей. Клетки имеют форму палочки, тонкие, длинные и короткие, размером 3–10x0,5–0,6 мкм, одиночные или соединены в длинные нити. Споры овальные и продолговатые (0,9x0,5 мкм) могут располагаться в любой части клеток. При формировании спор клетки не раздуваются.

2.4 Получение накопительных культур анаэробных спорообразующих бактерий

Вариант 1. Наиболее распространен и удобен метод, который состоит в следующем. Из льняной соломки (или стеблей крапивы) приготавливают снопики, перевязанные в двух местах ниткой. Высота снопика 5–6 см. Помещают их в пробирки, заливают водопроводной водой. Для того чтобы снопик не всплывал, сверху помещают какой-нибудь грузик или внутри снопика укрепляют стеклянную трубочку. Кипятят на водяной бане в течение 3 мин от начала кипения для удаления экстрактивных веществ. Либо кипятят 10–15 мин на электроплитке. Затем воду из пробирки сливают и вновь наполняют пробирки водопроводной водой. Закрывают ватными пробками, вторично нагревают до кипения, помещают в термостат на 6–7 суток при температуре 30–35 °С для развития бактерий. Для приготовления препаратов снопик вынимают из пробирки в фарфоровую чашку и разрезают его. Из одной или нескольких соломинок пинцетом выдавливают из одного конца каплю жидкости на предметное стекло и, накрыв покровным стеклом, микроскопируют, под микроскопом будет видно большое количество клеток палочковидной формы.

Готовность накопительной культуры определяется по помутнению среды и газообразованию, а кроме того, по всплыванию снопика на

поверхность питательной среды. Уже в первые сутки на поверхности жидкости появляется пена – это так называемое пенное брожение, при котором сбраживаются не пектин, а сахаристые вещества, извлеченные из стебля водой. Основную роль в пенном брожении играют бактерии-спутники, например, молочнокислые и образующие газ бактерии, близкие к кишечной палочке.

Вариант 2. Маслянокислые бактерии рода *Clostridium* можно выделить из сыра и почвы, а также из силоса. Например, достаточно внести кусочек сыра в сахарную среду с мелом и выдержать пробу в термостате. Через сутки в пробирке, зараженной сыром, уже начинается брожение – и при микроскопировании препарата будут заметны маслянокислые бактерии.

2.5 Дифференциальная окраска споры и цитоплазмы

Принцип окрашивания. В методе Шеффера-Фултона первичный краситель – малахитовый зеленый – вводится в споры и цитоплазму путем пропаривания (нагревания) клеток бактерий. Промывание препарата водой приводит к обесцвечиванию цитоплазмы, поскольку малахитовый зеленый растворим в воде и имеет низкое сродство к телу клетки. Тогда как спора прочно удерживает краситель. Затем наносится сафранин (фуксин основной) для контрастного окрашивания обесцвеченных клеток.

Споры окрашиваются в зеленый цвет, вегетативные клетки – в розовый.

Этапы работы по методу Шеффера-Фултона:

1 Обезжирьте предметное стекло, для чего натрите поверхность, на которую будете наносить бактерии, сухим хозяйственным мылом, а затем удалите мыло при помощи сухого кусочка ваты (ватного тампона).

2 Для приготовления мазка на чистое и обезжиренное предметное стекло нанесите каплю воды, в которую при помощи, например, зубочистки внесите небольшое количество культуры спорообразующих бактерий, тщательно размешайте и распределите полученную суспензию по поверхности стекла.

3 Высушите мазок при комнатной температуре в течение 2–3 мин.

4 Зафиксируйте мазок, для чего пронесите предметное стекло 2–4 раза над пламенем спиртовки мазком вверх (стекло должно нагреться до такой степени, чтобы при прикосновении к тыльной стороне ладони вызывало легкое жжение). Поместите предметное стекло мазком вверх на стеклянные рейки над кюветом.

5 Фиксированный мазок покройте кусочком фильтровальной бумаги, на которые нанесите 0,5 %-ный (либо 7,5 %-ный) водный раствор

малахитового зеленого так, чтобы бумага полностью пропиталась красителем. Нагрейте мазок в пламени спиртовки до появления паров. Как только пары станут заметными, остудите предметное стекло в течение некоторого времени (~20 с), затем снова нагрейте. Повторите процедуру нагрева 2–3 раза. Снова поместите стекло на рейки.

6 Используя пинцет, снимите фильтровальную бумагу с предметного стекла и выкиньте её в кювет, после чего тщательно промойте поверхность стекла водой из колбы до тех пор, пока не пропадут струйки зеленого цвета.

7 Нанесите на предметное стекло водный раствор фуксина основного таким образом, чтобы краситель полностью покрыл мазок, через 30 с тщательно промойте его водой. (Можно вместо фуксина докрасить клетки 0,5 %-ным раствором сафранина в течение 1–2 мин). Прогрев не требуется.

8 Используя фильтровальную бумагу, аккуратно (чтобы не повредить мазок), но тщательно удалите всю влагу с предметного стекла; при необходимости досушите стекло на воздухе 1–2 мин; перед микроскопированием поверхность мазка должна быть совершенно сухой.

9 Для микроскопирования приготовленного окрашенного препарата с иммерсионной системой на сухой участок мазка нанесите каплю минерального масла. Погрузив иммерсионный объектив в каплю масла, изучите препарат.

Вопросы для самоконтроля

1 Дайте краткую характеристику спорообразующих бактерий.

2 Охарактеризуйте физиологические группы клостридий.

3 Укажите болезни, которые вызывают патогенные клостридии.

4 Перечислите основные отличия бактериальной эндоспоры от вегетативной клетки.

5 Опишите особенности строения и химического состава эндоспор.

6 Охарактеризуйте способы получения накопительных культур аэробных и анаэробных спорообразующих бактерий.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2.1.

ПОЛУЧЕНИЕ НАКОПИТЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР СПОРООБРАЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ

Цель работы: ознакомление с методами получения накопительных культур аэробных и анаэробных спорообразующих бактерий, со строением зрелой споры.

Материалы и оборудование: маркер, клубни картофеля, сено, стебли крапивы или льна, ножницы, нитки, колбы на 100 и 250 мл с пробками, пробирки стерильные с пробками, мел, электроплитка, водяная баня.

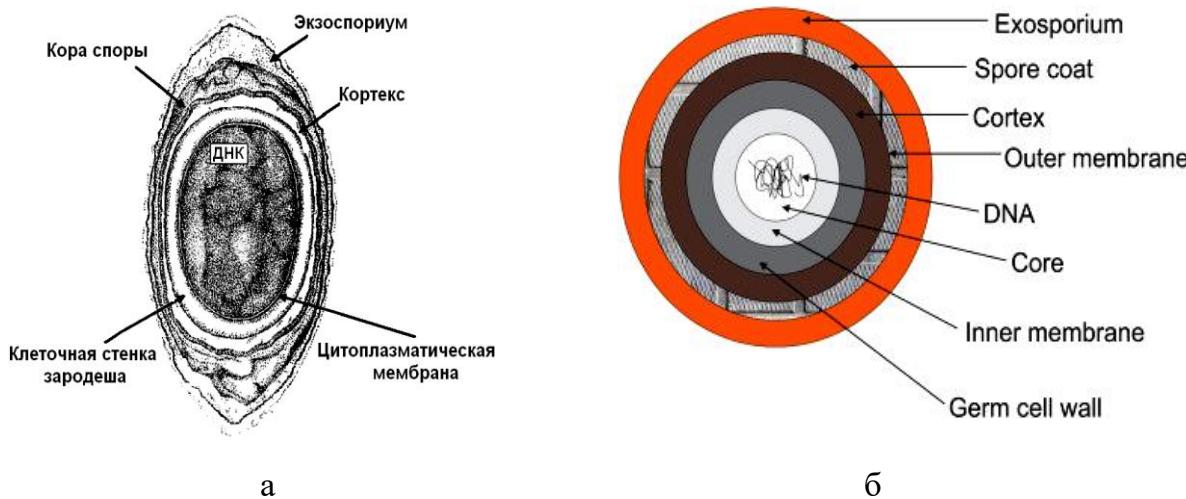
Ход работы

1 Ознакомиться с методами получения накопительных культур аэробных и анаэробных спорообразующих бактерий.

2 Приготовить накопительные культуры аэробных и анаэробных спорообразующих бактерий в соответствии с п. 2–3 данного практического пособия.

3 Поместить колбы (пробирки) с материалом в термостат при 30 °С на 5–7 суток.

4 Рассмотреть рисунок 2.1.



а – по С. Халею, 2001; б – exosporium – экзоспориум; spore coat – наружная оболочка споры (кора споры); outer membrane (не путать с outer membrane грамотрицательных бактерий) – наружная мембрана; cortex – кортекс, germ cell wall – клеточная стенка зародыша, inner membrane – внутренняя мембрана (цитоплазматическая мембраны), core – цитоплазматический компартмент эндоспоры, DNA – ДНК

Рисунок 2.1 – Схема строения зрелой споры

Зарисовать схему строения зрелой споры в рабочую тетрадь. Перечислить основные структурные элементы эндоспоры; указать происхождение каждого покровного слоя споры: цитоплазматического компартмента эндоспоры, внутренней мембранны, клеточной стенки зародыша, кортекса, наружной мембранны, наружной оболочки споры (кора споры), экзоспориума.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2.2. ВЫЯВЛЕНИЕ ЭНДОСПОР

Цель работы: ознакомление с методом выявления эндоспор.

Материалы и оборудование: микроскопы биологические с объективом $\times 100$, предметные и покровные стекла, спиртовки, иммерсионное масло, стерильные пипетки, держатели, фильтровальная бумага, спички, водопроводная вода, бактериальные петли, набор красок, кюветы, мостики, чашки Петри с культурами бактерий.

Ход работы

Задания на 6 баллов: выполните пункты 1–5.

Задания на 10 баллов: выполните работу на 6 баллов, а также пункт 6.

1 В соответствии с предложенным для исследования вариантом накопительной культуры, полученной на предыдущем занятии, рассмотреть образовавшуюся пленку, и описать ее внешний вид согласно схеме таблицы 2.2.

2 Полученные результаты записать в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 – Особенности накопительной культуры спорообразующих бактерий

Свойства	Наблюдаемые особенности
Накопительная культура, материал	
Возраст культуры	
Внешний вид пленки на поверхности среды	
Окраска пленки	

3 Приготовить препараты «раздавленная капля» и фиксированные (окрашенные по Граму; по методу Шеффера-Фултона).

4 Все наблюдения отметить в таблице 2.3, записать в рабочую тетрадь. Под рисунком указать увеличение микроскопа.

Таблица 2.3 – Некоторые особенности морфологии клеток спорообразующих микроорганизмов

Параметры	Характеристика
1	2
Накопительная культура	
Возраст культуры	
Форма клеток	

Окончание таблицы 2.3

1	2
Сочетание клеток	
Подвижность	
Окраска по Граму	
Наблюдаемые типы клеток	
Форма и положение эндоспор в вегетативных клетках	
Выводы:	

5 Сделать выводы о морфологии клеток и наблюдаемых типах клеток исследуемой культуры; указать форму и положение эндоспор в вегетативных клетках.

6 Решите следующую многоэтапную задачу (на выбор: решить либо практическим способом, либо теоретическим расчетом).

Предлагается исследовать 2 культуры одного и того же штамма бактерий, для этого необходимо приготовить 2 окрашенных препарата (по одному для каждой культуры) и изучить их под микроскопом. Культуры различаются по времени культивирования: культура 1 (на чашке № 1) культивировалась в течение 24 часов, а культура 2 (на чашке № 2) – в течение 72 часов.

Произведите окрашивание клеток бактерий по методу Шефера-Фултона, описанному выше.

! Настоятельно рекомендуется готовить оба препарата одновременно.

Микроскопируйте приготовленные окрашенные препараты с иммерсионной системой. Изучите препараты.

6.1 Определите, зарисуйте и подпишите типы клеток, которые вы наблюдали в исследованных препаратах, укажите цвет, в который они окрашиваются.

6.2 Как называется тип клеток, который преобладает:

6.2.1 в культуре № 1?

6.2.2 в культуре № 2?

6.3 Как наблюдаемые различия между двумя исследуемыми культурами клеток связаны с временем культивирования? В чём причина этих различий?

6.4 Определите и запишите в тетради верные утверждения об исследуемых бактериях и типах образуемых ими клеток:

6.4.1 Возможность образовывать клетки разных типов позволяет бактериям данного вида размножаться быстрее.

6.4.2 Возможность образовывать клетки разных типов позволяет бактериям данного вида переносить такие неблагоприятные условия, как засуха и недостаток питательных веществ.

6.4.3 Возможность образовывать клетки разных типов позволяет бактериям данного вида эффективнее распространяться.

6.4.4 Чтобы один тип клеток перешёл в другой, необходимы 2 клеточных деления.

6.4.5 Исследуемые бактерии скорее всего окрашиваются по Граму отрицательно.

6.4.6 Среды, заражённые данными бактериями, можно пропастерилизовать автоклавированием.

3 ВЫЯВЛЕНИЕ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ УЧЕТ МИКРООРГАНИЗМОВ ПОЧВЕННОЙ МИКРОФЛОРЫ

3.1 Характеристика почвы как субстрата для развития разнообразных микроорганизмов.

3.2 Основные этапы работы по изучению почвенной микрофлоры.

3.3 Основные группы микроорганизмов, выявляемые при высеве из почвы на МПА.

3.4 Выявление различных физиологических групп микроорганизмов.

3.1 Характеристика почвы как субстрата для развития разнообразных микроорганизмов

Почва является одним из наиболее благоприятных субстратов для развития самых разнообразных микроорганизмов. Количество микроорганизмов в 1 г почвы может насчитывать сотни миллионов, даже миллиарды клеток. Особенно многочисленны и разнообразны микроорганизмы вокруг корневых систем (в ризосфере) и на поверхности корней (rizоплане) растений. Численность и качественный состав почвенной микрофлоры зависят от типа и агротехнической обработки почвы, вида и возраста растений, времени года и других факторов.

С жизнедеятельностью микроорганизмов почвы связаны многие протекающие в ней процессы, в первую очередь – круговорот биогенных элементов. Чрезвычайно велика роль микроорганизмов в минерализации животных и растительных остатков, а также в обогащении почвы доступными для растений формами азота. С деятельностью микроорганизмов связано плодородие почвы. Знание количества микроорганизмов, населяющих почву, в том числе представителей отдельных физиологических групп и оценка процессов, осуществляемых ими, необходимы для понимания роли микроорганизмов в природе.

Для определения общего количества микроорганизмов в различных субстратах, выявления и учета численности представителей отдельных групп и видов микроорганизмов, применяют ряд методов.

К ним относятся: прямой подсчет клеток под микроскопом (в счетных камерах, на фиксированных окрашенных препаратах, на мембранных фильтрах), выделение и учет высевом на плотные (чашечный метод Коха и метод предельных разведений) и в жидкие (метод предельных разведений) питательные среды.

Методы прямого счета клеток под микроскопом дают возможность учесть численность микроорганизмов в субстрате наиболее полно. Однако при этом определяются как живые, так и мертвые клетки, поэтому результаты подсчета могут быть не совсем точными. Также наблюдение микроорганизмов под микроскопом не позволяет судить о процессах, которые они проводят в данном субстрате.

Методами высея на плотные и в жидкие питательные среды учитываются только жизнеспособные клетки микроорганизмов. Если хотят выделить и учесть как можно более широкий круг микроорганизмов, населяющих данный почвенный субстрат, используют метод Коха и при этом подбирают для конкретной эколого-трофической группы микроорганизмов элективную среду, на которой способны развиваться микроорганизмы с различными физиолого-биохимическими свойствами и собственным типом питания. Например, для выделения аммонифицирующей микрофлоры используют в качестве среды мясо-пептонный агар, для амилолитической микрофлоры – крахмало-аммиачный агар, для олигокарбофильной микрофлоры – голодный агар, для автохтонной микрофлоры – нитритный агар и т. д.).

3.2 Основные этапы работы по изучению почвенной микрофлоры

Чтобы иметь общие представления об изучении почвенной микрофлоры следует освоить следующие этапы работы:

- 1) отбор почвенных образцов и подготовка их к микробиологическому анализу;
- 2) методы определения количества микроорганизмов путем высея на элективные питательные среды и прямым счетом микроорганизмов в почве (с применением микроскопа);
- 3) изучение качественного состава и морфологии микроорганизмов микроскопическими методами.

3.2.1 Отбор почвенных образцов для микробиологических исследований

При исследовании микрофлоры почвенных горизонтов делают почвенный разрез. Перед взятием проб снимают поверхностный слой почвы на глубину 1 см. Пробы берут чистым инструментом по слоям и горизонтам почвы. Инструменты должны быть чистыми и перед взятием пробы протерты почвой соответствующего горизонта.

При других почвенно-микробиологических исследованиях берут смешанные пробы. Смешанная проба составляется из индивидуальных образцов (до 0,5 кг), взятых цилиндрическим буром, не меньше, чем с пяти точек поля по одной или двум диагоналям. Чем больше площадь поля, тем больше надо брать индивидуальных проб. Размер индивидуальных образцов должен быть примерно одинаковым. На чистой kleenке или листе бумаги их смешивают и берут среднюю пробу весом 0,5–1,0 кг. Пробы помещают либо в стерильную банку с крышкой, либо в стерильный пергаментный мешок или полиэтиленовый пакет. Для каждой пробы пишут простым карандашом подробную этикетку, в которой обозначают дату взятия образца, точное название поля, горизонт, с которого взята пробы, отмечают особенности выбранного участка (рельеф, растительность, агротехнический фон). До анализа и между определениями пробы хранят в холодильнике.

3.2.2 Подготовка почвенного образца к микробиологическому анализу

Хорошо перемешанную почву высыпают на сухое стекло, протертое спиртом и обожженное пламенем горелки. Почву тщательно перемешивают шпателем и раскладывают ровным слоем. Пользуясь пинцетом, удаляют корешки и другие посторонние включения. Непосредственно перед работой шпатель и пинцет стерилизуют прокаливанием на пламени спиртовки, остужают. Из разных мест распределенной на стекле почвы шпателем отбирают небольшие порции и в стерильной, предварительно тарированной фарфоровой чашке, взвешивают на технических весах 1 г среднего образца.

Для разрушения почвенных агрегатов и десорбции клеток микроорганизмов с почвенных частиц пробу подвергают специальной обработке. Заранее готовят две стерильные колбы емкостью до 250 мл: одну со 100 мл стерильной водопроводной воды, другую оставляют пустой. Берут из первой колбы 0,4–0,8 мл воды, увлажняют ею навеску почвы в фарфоровой чашке до пастообразного состояния и смесь растирают 5 мин стерильным пестиком. Водой из первой колбы переносят растертую почвенную массу в пустую колбу, используя для этого весь объем воды. Почву растирают и переносят в колбу около пламени горелки (все операции проводят быстро). Колбу с почвенной суспензией встряхивают на качалке в течение 5 мин либо выполняют эту операцию энергично вручную. После этого суспензии дают отстояться 30 с, чтобы осели

крупные частицы, и используют ее для приготовления разведений. При этом учитывают, что в полученной исходной суспензии исследуемый материал разведен в 100 раз ($1:10^2$).

Приготовление разведений. Разведения делают в стерильном 0,9 %-ном водном растворе NaCl или стерильной водопроводной воде. Чаще всего делают десятичные разведения с разными объемами физраствора в пробирках и соответственно разведенной исходной суспензией (рисунок 3.1).

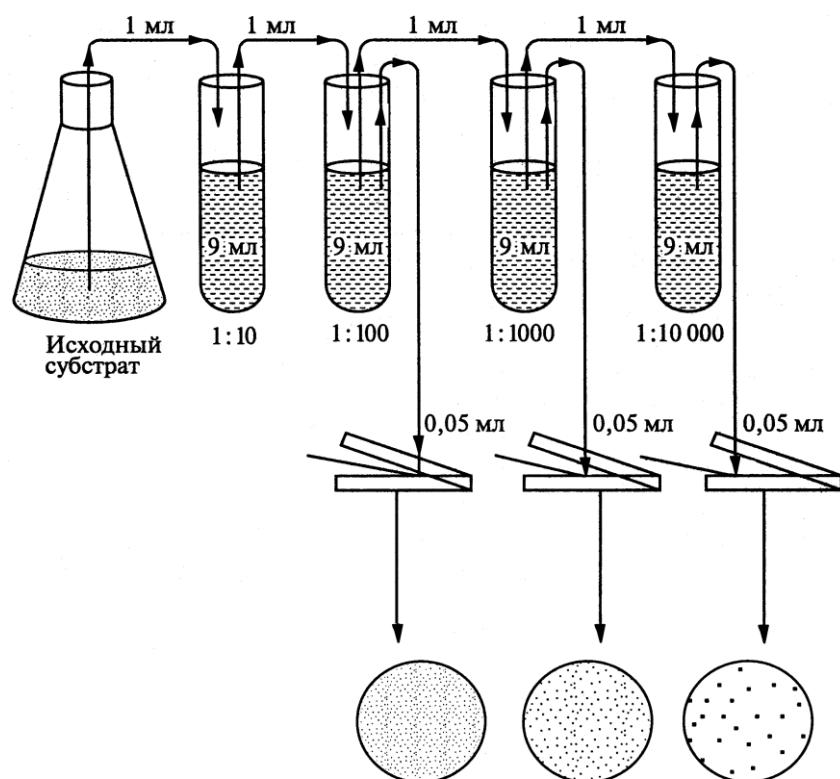


Рисунок 3.1 – Схема приготовления разведений и посева суспензии микроорганизмов шпателем

Пример приготовления разведений. Для этого стерильный раствор NaCl разливают стерильной пипеткой по 4,5 мл в стерильные пробирки. Затем переносят стерильной пипеткой 0,5 мл исходной суспензии ($1:10^2$), получают разведение $1:10^3$. Суспензию этого разведения тщательно перемешивают с помощью новой стерильной пипетки, вбирая в пипетку и выпуская из нее полученную взвесь. Эту процедуру повторяют до 5 раз. Затем этой же пипеткой берут 0,5 мл полученного разведения и переносят его во вторую пробирку – это разведение $1:10^4$. Таким образом готовят и последующие разведения: $1:10^5$, $1:10^6$, $1:10^7$, $1:10^8$, $1:10^9$, $1:10^{10}$.

Для приготовления каждого разведения обязательно используют отдельную пипетку. Пренебрежение этим правилом может привести к искажению результатов в 100 и более раз.

Полученные после разведения суспензии микроорганизмов используют для определения количества микроорганизмов путем высея на различные питательные среды и (или) для учета численности микроорганизмов методом прямой микроскопии, а также для изучения качественного состава и морфологии микроорганизмов микроскопическими методами.

3.2.3 Подсчет клеток на фиксированных окрашенных мазках (метод Виноградского – Шульгина – Брида)

Этот метод применяется в различных модификациях для определения численности микроорганизмов в разнообразных естественных субстратах – почве, загрязненной воде, оптически непрозрачных средах.

Подсчет клеток на фиксированных окрашенных мазках сводится к тому, что в определенном объеме исследуемой суспензии непосредственно под микроскопом подсчитывают количество клеток микроорганизмов.

Приготовление препарата: 0,01 мл (либо от 0,02 до 0,05 мл) исходной суспензии почвы (1:10²) либо других разведений наносят на чистое и обезжиренное предметное стекло. В некоторых случаях добавляют каплю 0,03–0,1 %-ного водного раствора агара. Суспензию распределяют с помощью бактериальной петли равномерно на площади в 4–6 см² (можно под стекло положить миллиметровую бумагу с хорошо очерченным квадратом). После просушивания препарат фиксируют 10–20 мин 96 %-ным спиртом. Красят любым красителем в течение 5–30 мин. Затем окрашенные препараты осторожно промывают (желательно погружением стекла в 4–5 сосудов с водой) и высушивают.

Правила подсчета. Препараты микроскопируют с использованием **биологического микроскопа**. Подсчет клеток микроорганизмов проводят с иммерсионным объективом в квадратах окулярной сетки, которую вставляют в окуляр. Просчитывают 50–100 квадратов сетки (не менее 10 полей зрения, а для получения достоверных результатов – не менее 100 полей зрения), передвигая препарат по диагонали. При отсутствии окулярной сетки можно подсчитывать клетки микроорганизмов на всей площади поля зрения микроскопа.

Количество клеток микроорганизмов, содержащихся в 1 мл (1 г) исследуемого материала, вычисляют по формуле:

$$M = \frac{A \cdot S}{V \cdot s} \cdot n,$$

где M – количество клеток в 1 мл;

A – среднее число клеток в квадрате окулярной сетки (поле зрения);

s и S – площадь квадрата окулярной сетки (поля зрения) и приготовленного мазка в мкм^2 , соответственно;

V – объем нанесенной на стекло суспензии в мл;

n – разведение исследуемого материала.

Площадь квадрата сетки, или поля зрения, определяют с помощью объект-микрометра, который помещают на столик микроскопа вместо препарата, и при том же увеличении, при котором проводили подсчет, определяют сторону квадрата окулярной сетки или диаметр поля зрения. Площадь поля зрения вычисляют по формуле

$$S = \pi \cdot r^2.$$

Пример пересчета: если площадь окулярной сетки равна $0,04 \text{ мм}^2$, то на площади препарата, равной 4 см^2 , площадь окулярной сетки поместится 10 000 раз и, если на площади сетки было в среднем 10 бактериальных клеток, то в препарате будет $10 000 \cdot 10 = 100 000$ клеток. На площадь в 4 см^2 было нанесено $0,01 \text{ мл}$ почвенной суспензии разведения $1:10^2$ или $0,0001 \text{ г}$ почвы.

Следовательно, в 1 г почвы содержится $100 000 \cdot 10 000 = 1 000 000 000$ (10^9) микробных клеток.

3.3 Основные группы микроорганизмов, выявляемые при высеве из почвы на МПА

В качестве питательной среды для культивирования микроорганизмов почвы очень часто используют мясо-пептонный агар (МПА) либо «Сухой питательный агар для культивирования микроорганизмов». Это богатые питательными веществами среды, на которых развиваются многие гетеротрофные микроорганизмы. При высеве из почвы на МПА вырастают микроорганизмы различных систематических и физиологических групп: грамотрицательные бактерии родов *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, грамположительные спорообразующие палочки рода *Bacillus*, кокки родов

Micrococcus и *Sarcina*, различные микобактерии (род *Mycobacterium*), некоторые высшие актиномицеты (род *Streptomyces*) и мицелиальные грибы (род *Aspergillus*, *Penicillium*, *Trichoderma* и др.).

В частности, бактерии рода *Pseudomonas* образуют на МПА колонии круглые и неправильной формы, средние, крупные и широко распространяющиеся по поверхности среды, выпуклые и плоские, слизистые и пастообразные, просвечивающиеся, бесцветные или пигментированные (синие, красные, желтые и т. д.). У некоторых видов пигменты диффундируют в среду, окрашивая ее. Пигментообразование зависит от состава и рН среды. Клетки псевдомонад прямые или слабо изогнутые, часто с заостренными концами, располагаются одиночно, парами, короткими цепочками, подвижны, имеют полярные жгутики (монотрихи или лофотрихи). Размеры клеток различных видов колеблются в пределах $0,7\text{--}7,5 \times 0,3\text{--}1,5$ мкм.

Виды рода *Micrococcus* образуют на МПА разнообразные колонии: чаще – мелкие и средних размеров (2–4 мм в диаметре), но у некоторых видов – широко разрастающиеся по поверхности среды; матовые, влажные, блестящие и даже маслянистые; плоские и выпуклые; гладкие, зернистые, мелкоскладчатые, бугристые, радиально исчерченные; пастообразной консистенции, иногда слизистые, реже сухие и плотные; чаще белые, реже бесцветные, иногда желто-зеленые, розовые и красные. Пигменты не диффундируют в питательную среду. Клетки круглые, мелкие, 0,2–1,5 мкм в диаметре, одиночные, парные, в виде разных скоплений. Клетки чаще всего неподвижны.

Род *Bacillus*. Типовой вид – *B. subtilis*. Колонии сухие, бесцветные или сероватые, кремовые или образующие бархатистый налет, имеющие иногда складчатость; края более-менее волнистые; плотно прилегают к агаровой среде. Палочки короткие и тонкие, размером $3\text{--}5 \times 0,6$ мкм; нередко соединены в длинные нити. Споры овальные, размером $0,9 \times 0,6$ мкм, расположены без строгой локализации.

Актиномицеты (род *Streptomyces*). На плотных агаризованных средах актиномицеты образуют плотные кожистые колонии различной структуры и внешнего строения – гладкие, бугристые, бородавчатые, плоские, пленчато-морщинистые, пушистые, с мучным налетом. Колонии срастаются с субстратом при помощи субстратного мицелия – нитей, отходящих от нижней поверхности колонии и развивающихся в толще среды, поэтому практически не снимаются с поверхности агара бактериальной петлей. На поверхности колоний вырастает воздушный мицелий, на концах которого образуются спороносцы со спорами. Культуры актиномицетов пигментированы в разнообразные яркие цвета или бесцветны.

3.4 Выявление различных физиологических групп микроорганизмов

Для выявления микроорганизмов различных физиологических групп и их количественного учета пользуются методом предельных разведений и методом Коха. Численность микроорганизмов выявляется высевом почвенной суспензии разных разведений на ряд питательных сред. При многократных анализах почвы в течение вегетационного периода можно выявить динамику развития ведущей и сопутствующей микрофлоры почвы. Посевы почвенной взвеси на жидкие и плотные среды производят из каждого разведения не менее чем на 2 (лучше – в 4–5) чашки Петри с плотной питательной средой (поверхностный посев) или пробирки с жидкой средой (глубинный посев). На среде МПА счет колоний ведут на 3-и и 5-е сутки.

Определяют среднее количество колоний, выросших при посеве каждого разведения. Для получения достоверных результатов подсчет ведут в чашках, где число колоний бактерий находится в пределах от 10 до 250 (по другим данным от 20 до 300), а колоний грибов – от 10 до 50. Если количество колоний соответствует указанному диапазону в чашках из двух последовательных разведений, то концентрацию жизнеспособных клеток в 1 мл рассчитывают с учётом среднего количества колоний микроорганизмов на чашках каждого из этих разведений по формуле:

$$\frac{\sum c}{(n_1 + 0,1 \cdot n_2) \cdot v} \cdot d,$$

где $\sum c$ – количество колоний на всех чашках двух разведений;

n_1 – количество чашек первого разведения;

n_2 – количество чашек второго разведения;

d – коэффициент первого разведения;

v – объём образца, высеваемый на чашку, в миллилитрах;

0,1 – коэффициент, учитывающий кратность первого и второго разведения.

В случае подсчёта колоний в чашках одного разведения концентрацию жизнеспособных клеток в 1 мл рассчитывают по формуле:

$$\frac{\sum c}{n \cdot v} \cdot d,$$

где $\sum c$ – количество колоний на всех чашках разведения;

n – количество чашек;

d – коэффициент разведения испытуемого образца;

v – объём образца, высеваемый на чашку, в миллилитрах.

Наличие **аммонифицирующих бактерий** можно определить высевом почвенной взвеси разных разведений на пептонную воду. На этой среде выявляются бактерии, способные разлагать белки и близкие им соединения. Признаками процесса развития аммонифицирующих бактерий являются помутнение среды, образование пленки, осадка и положительная реакция на аммиак с реагентом Несслера (производится на 5–7-й день). Наблюдения за изменением среды ведутся через 1, 3, 5 и 7 дней после посева.

Наиболее показательными микроорганизмами, присущими процессу разложения растительных остатков, являются грибы и маслянокислые бактерии.

Количество **грибов** определяют на сусло-агаре (СА) с pH 3,5–4,0 или на синтетической среде Чапека. На сусло-агаре особенно четко выявляются грибы из родов аспергиллус и пенициллиум, а также образование грибами пигментов. Посев на среду производится также как и на МПА, подсчет колоний плесеней проводят на 3-й и 5-й день.

Общее количество **маслянокислых бактерий** определяют путем высева на жидкую картофельную среду. Общим признаком развития маслянокислых бактерий является газообразование. Показателен также характер роста, прозрачность среды, пигментация и мацерация картофеля. Наблюдения за газообразованием проводятся на 3, 5 и 7-й день, а описание остальных признаков на 7-й день. Характер роста и микроскопические наблюдения облегчают дифференциацию по типам возбудителей маслянокислого брожения.

Анаэробные бактерии, разлагающие целлюлозу, хорошо выявляются на среде Имшенецкого. Процесс анаэробного разложения клетчатки сопровождается газообразованием, пигментацией и разрушением клетчатки: бумага либо разлагается, либо теряет упругость в нижней части полоски. Наблюдение за газообразованием и разрушением клетчатки производят на 7, 10, 15-й день, микроскопирование для характеристики развившейся микрофлоры – на 10–15-й день.

Выявление этой группы бактерий представляет особый интерес при исследовании болотных почв.

Для выявления **аэробных бактерий, разлагающих клетчатку**, применяют пластиинки кремнекислого геля с кружком стерильной фильтровальной бумаги, пропитанной средой С. Н. Виноградского. Посев производят по поверхности кружка бумаги, равномерно распределяя посевной материал. Наблюдения за развитием аэробных бактерий, разлагающих клетчатку, ведутся через 5–10 и 15 дней, иногда через 20 дней. В эти сроки отмечают количество колоний, их окраску, глубину распада целлюлозы и микроскопическую картину. Препараты окрашивают карболовым эритрозином и микроскопируют.

Нитрифицирующие бактерии легко выявляют высевом различных разведений почвенной суспензии на кремнекислые пластинки с аммонийномагниевой солью фосфорной кислоты. О наличии нитрифицирующих бактерий судят по реакции на азотистую и азотную кислоты и по образованию прозрачных зон на поверхности соли. Для реакции на азотистую кислоту можно пользоваться раствором йод-цинк-крахмала или реактивом Грисса. Азотная кислота может быть обнаружена бруцином. Нитрифицирующие бактерии развиваются медленно и поэтому азотистую и азотную кислоты можно обнаружить только через 7–10 дней после посева. Колонии нитрифицирующих бактерий очень мелкие, нежные, вокруг них образуются зоны растворения соли. По этим зонам подсчитывают количество колоний нитрифицирующих бактерий. Азотистую и азотную кислоту можно обнаружить значительно раньше, чем видимое появление колоний.

Для выявления нитрифицирующих и аэробных целлюлозоразлагающих бактерий кремнекислый гель можно заменить выщелоченным агаром.

Получение выщелоченного агара. Агар перед добавлением к питательной среде заливают дистиллированной водой и выдерживают при 37 °С в термостате. Примеси вымываются водой и разлагаются под действием развивающихся в ней микроорганизмов. Когда вода помутнеет, ее заменяют новой и так повторяют до тех пор, пока не исчезнет запах, а вода не перестанет мутнеть. Обычно через 2–3 недели получают агар, лишенный органических и минеральных веществ. Такой агар принято называть выщелоченным агаром.

Для выявления **азотобактера** почвенную взвесь разных разведений вносят в пустую стерильную чашку и затем туда же наливают тонким слоем расплавленную и охлажденную до 40 °С агаризованную среду Эшби (примерно 5–7 мл). Если в почве содержится малое количество азотобактера (не выявляемое даже при разведении 1:1 000), то рекомендуется налить в чашку Петри безазотистую среду и, когда она застынет, разложить на ее поверхности комочки почвы. При наличии азотобактера вокруг комочек образуются характерные колонии. Надежным методом для обнаружения азотобактера являются почвенные пластинки.

Важную роль в почве играют **денитрифицирующие бактерии**: количественный учет их можно производить на среде Гильтая или же на среде Е. Ф. Березовой. В среду можно прибавить 0,1 %-ный раствор бромового тимолового синего до появления четкого зеленого окрашивания. Изменение окраски в синий цвет свидетельствует о процессах восстановления. О развитии денитрифицирующих бактерий судят по газообразованию и изменению окраски среды. Газообразование – наиболее важный

признак, так как оно показывает полное восстановление нитратов до аммиака и даже газообразного азота, производимое истинными денитрификаторами, а изменение окраски среды без газообразования свидетельствует о процессе восстановления лишь до промежуточных соединений.

Наблюдения ведутся на 3–5–7-е сутки. При последнем наблюдении можно качественными реакциями проверить полноту восстановления нитратов в нитриты с дифениламином и реактивом Грисса. При наличии газообразования обнаружить нитраты и нитриты обычно не удается, так как там процесс восстановления доведен до освобождения газообразного азота.

Вопросы для самоконтроля

1 Охарактеризуйте почву как субстрат для развития разнообразных микроорганизмов.

2 Перечислите основные этапы работы по изучению почвенной микрофлоры, охарактеризуйте их.

3 Опишите основные группы микроорганизмов, выявляемые при высеве из почвы на МПА.

4 Какие группы микроорганизмов являются наиболее значимыми в процессе разложения растительных остатков?

5 Где содержится больше микробов (в расчете на 1 г почвы): в степной черноземной или песчаной почве? В поверхностных или глубоких слоях почвы? Как объяснить эти различия?

6 Почему метод учета микроорганизмов по количеству колоний, выросших на поверхности МПА в чашке Петри, дает заниженные результаты?

7 Какие чашки Петри с посевами при выполнении серии разведений вы отберете для подсчета колоний бактерий и микромицетов.

8 Можно ли по размеру и культуральным признакам колоний микроорганизмов почвы, культивированных на МПА, судить о принадлежности микроорганизмов к той или иной физиологической группе, тому или иному роду?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3.1.

ПОДГОТОВКА ПОЧВЕННОГО ОБРАЗЦА

К МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОМУ АНАЛИЗУ

И ПРЯМОЙ СЧЕТ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВЕ

Цель: ознакомление с основными этапами работы по изучению почвенной микрофлоры; определение численности микроорганизмов в почве прямым подсчетом клеток под микроскопом.

Материалы и оборудование: почва (0,5–1,0 кг), колбы на 250 мл, стекло 50x50 см, фарфоровые чашки, пинцет, пестик, весы, шейкер (скорость – 150–250 об/мин), спирт 96 %-ный, предметные стекла, набор любых красителей, мостики, промывалки с водой, кюветы, фильтровальная бумага, микроскопы, окулярная сетка, объективный микрометр, иммерсионное масло, ножницы, спиртовки, бактериальные петли, бактериологический шпатель, спички, переменный пипет-дозатор на 100–5 000 мкм, 100 мл стерильного 0,5 %-ного физиологического раствора, стерильная водопроводная вода (2x100 мл), стерильные пенициллиновые бутылочки – 10 шт., пипетка, чашки Петри с питательной средой МПА, маркер.

Ход работы

1 Ознакомиться с методикой отбора почвенных образцов для микробиологических исследований.

2 Составить и зарисовать схему отбора почвенных образцов для микробиологических исследований с поля размером 10x10 м.

3 Ознакомиться с методикой подготовки почвенного образца к микробиологическому анализу.

4 Подготовить почвенный образец для микробиологического анализа. Получить исходную суспензию исследуемого материала, разведение которого равно $1:10^2$.

5 Приготовить десятичные разведения исходной почвенной суспензии в стерильном 0,9 %-ном водном растворе NaCl (либо стерильной водопроводной воде). Получить разведения $1:10^3$ – $1:10^6$.

6 Выполнить посев материала из разведений $1:10^3$, $1:10^4$, $1:10^5$ на заранее приготовленную агаризованную питательную среду (например, МПА).

Объем посевного материала – 0,05–0,1 мл (1–2 капли), его вносят из каждого разведения отдельной пипеткой на поверхность подсущенной среды. Материал распределяют с помощью стерильного шпателя по

поверхности плотной среды. Каждое разведение высевают в двух–трехкратной повторности. Материал культивируют в термостате ТС-1-80-СПУ при температуре 28–30 °С в течение 6–7 суток.

7 Определить количество микроорганизмов в почве по методу Виноградского – Шульгина – Брида (п. 2.3), используя разведения 1:10⁴, 1:10⁵, 1:10⁶. Полученные данные записать в рабочую тетрадь согласно приведенной схеме в таблице 3.1.

8 Пользуясь данными таблицы 3.1 и правилами прямого счета микроорганизмов в почве (п. 2.3), выполнить пересчет количества клеток микроорганизмов в 1 г исследуемой почвы. Результаты занести в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 – Количество клеток микроорганизмов, содержащихся в 1 мл (1 г) исследуемой почвы

Разведение материала	Количество клеток микроорганизмов, шт.									
	наблюдаемых в разных полях зрения микроскопа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1:10 ⁴										
1:10 ⁵										
1:10 ⁶										
Вывод:										

9 Сделать выводы: указать соответствие полученных результатов при каждом разведении.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3.2.

ВЫЯВЛЕНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ ПОЧВЫ ВЫСЕВОМ НА ПИТАТЕЛЬНУЮ СРЕДУ, ИЗУЧЕНИЕ ИХ КУЛЬТУРАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

Цель: выявление и определение численности микроорганизмов почвы высевом на питательную среду, изучение их культуральных особенностей.

Материалы и оборудование: спирт 96 %-ный, предметные стекла, набор красителей, мостики, промывалки с водой, ванночки, микроскопы биологические, иммерсионное масло, спиртовки, бактериальные петли, спички, чашки Петри с посевами предыдущего занятия, лупы, линейки.

Ход работы

1 Используя чашки Петри с посевами предыдущего занятия, подсчитать число выросших колоний и определить количество микроорганизмов в 1 г почвы, выявленных на питательном агаре.

Колонии считают, не открывая чашку Петри. Для удобства отмечают просчитанную колонию точкой на наружной стороне дна чашки, пользуясь чернилами по стеклу.

2 Все результаты подсчета колоний и последующих расчетов записать в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Численность колоний микроорганизмов и расчет количества микроорганизмов в 1 г почвы

Разведение	Повтор-ность опыта	Количество колоний на чашках	$\sum x$	а (средне-арифметическое)	Количество микроорганизмов в 1 г почвы
1:10 ³	1 2 3				
1:10 ⁴	1 2 3				
1:10 ⁵	1 2 3				

3 Для определения количества микроорганизмов в 1 г почвы, полученные данные подставляют в формулу:

$$M = \frac{a \cdot 10^n}{V},$$

где M – количество клеток микроорганизмов в 1 мл (1 г);

a – среднее количество колоний при высеивании из данного разведения;

V – объем суспензии в мл, взятой для посева ($= 0,05$ мл или 0,1 миллилитров);

10 – коэффициент разведения;

n – порядковый номер разведения.

4 Описать культуральные признаки колоний микроорганизмов и зарисовать выросшие колонии микроорганизмов.

Результаты наблюдений внести в таблицу 3.3, сгруппировав их по общим признакам. Вычислить соотношение (в %) между разными группами микроорганизмов.

Таблица 3.3 – Культуральные признаки колоний микроорганизмов, выросших на питательной среде

№ колоний	Форма	Диаметр, мм	Блеск, прозрачность	Цвет	Поверхность	Профиль	Край	Структура	Рисунок колонии

5 В выводах таблицы 3.3. указать процентное соотношение между разными группами микроорганизмов; отметить разнообразие микрофлоры в анализируемой почве, выявленное на питательной среде.

6 Выбрать один тип колоний, преобладающий на данной чашке Петри. Приготовить препараты «раздавленная капля» и фиксированный (окраска по Граму, на наличие спор).

7 Препараты микроскопировать с использованием биологического микроскопа, с объективами 10х и 100х.

8 Все наблюдения и рисунки указать в таблице 3.4. Под каждым рисунком отметить увеличение микроскопа.

Таблица 3.4 – Некоторые особенности морфологии клеток микроорганизмов

№ колонии (см. табл. 3.3)	Наблюдения и рисунки
Рисунок (клеток)	
Форма клеток	
Сочетание клеток	
Подвижность	
Окраска по Граму	
Наличие спор	

9 Сделать выводы о морфологии клеток и наблюдаемых типах клеток исследуемой культуры.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Руководство к лабораторным занятиям по микробиологии / Л. Б. Борисов [и др.]. – М. : Медицина, 1984. – 256 с.
- 2 Быков, А. С. Атлас по медицинской микробиологии, вирусологии и иммунологии / А. С. Быков, А. А. Воробьев, В. В. Зверев. – М. : «МИА», 2022. – 272 с.
- 3 Выделение и идентификация микроорганизмов : учебно-методическое пособие / сост. Р. А. Желдакова. – Минск : БГУ, 2003. – 36 с.
- 4 Лавренчук, Л. С. Микробиология : практикум / Л. С. Лавренчук, А. А. Ермошин. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 107 с.
- 5 Лысак, В. В. Микробиология : учебник / В. В. Лысак. – Минск : “Адукацыя і выхаванне”, 2025. – 414 с.
- 6 Практикум по микробиологии : учебное пособие / А. И. Нетрусов [и др.]. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – 604 с.
- 7 Практикум по микробиологии / Е. З. Теппер [и др.]. – М. : Колос, 1979. – 216 с.
- 8 Ушаков, В. Ю. Микробиология и вирусология. Лабораторные работы по микробиологии : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки бакалавров естественнонаучных факультетов / В. Ю. Ушаков, Л. Ю. Нестерова. – Пермь : Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2020. – 104 с.
- 9 Yeboah, P. J. Lactic Acid Bacteria: Review on the Potential Delivery System as an Effective Probiotic / P. J. Yeboah [et al.] // Current Issues and Advances in the Dairy Industry. – Edited by Salam A. Ibrahim 2023 DOI: 10.5772/intechopen.111776
- 10 Agriopoulou, S. Lactic Acid Bacteria as Antibacterial Agents to Extend the Shelf Life of Fresh and Minimally Processed Fruits and Vegetables: Quality and Safety Aspects / S. Agriopoulou [et al.] //Microorganisms. – 2020. – Vol. 8, N 6. – 952. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8060952>.

Производственно-практическое издание

Концевая Ирина Ильинична

**МИКРОБИОЛОГИЯ:
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ГРУППЫ БАКТЕРИЙ**

Практическое пособие

Редактор Е. С. Балашова
Корректор В. В. Калугина

Подписано в печать 12.02.2026. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 3,05.

Тираж 10 экз. Заказ 62.

Издатель и полиграфическое исполнение:

учреждение образования

«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».

Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013 г.

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

издателя печатных изданий № 1/87 от 18.11.2013 г.;

распространителя печатных изданий № 3/1452 от 17.04.2017 г.

Ул. Советская, 104, 246028, Гомель.

