

**Региональная открытая конференция  
по научно-техническому творчеству школьников  
«Лабиринты науки»**

*Секция экологии*

**Изучение микроорганизмов воздуха помещений  
ГООУ ЯО Средняя школа «Провинциальный колледж»**

Выполнена ученицей  
11 естественнонаучного класса  
ГООУ ЯО Средняя школа  
«Провинциальный колледж»  
***Кононовой Ольгой Сергеевной***

Научный руководитель –  
кандидат биологических наук,  
учитель биологии,  
зам. директора  
ГООУ ЯО Средняя школа  
«Провинциальный колледж»  
***Фомичева Анна Николаевна***

Ярославль

2024

## Оглавление

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение.....                                                                                                       | 3  |
| I. Материалы и методы исследования.....                                                                             | 4  |
| II. Результаты и анализ исследований.....                                                                           | 5  |
| 3.1. Общая численность микроорганизмов в воздухе помещений ГОУ ЯО<br>Средняя школа «Провинциальный колледж» .....   | 5  |
| 3.2. Качественный состав микроорганизмов в воздухе помещений ГОУ ЯО<br>Средняя школа «Провинциальный колледж» ..... | 6  |
| Выводы .....                                                                                                        | 7  |
| Список использованных источников и литературы .....                                                                 | 7  |
| Приложение 1 .....                                                                                                  | 9  |
| Приложение 2 .....                                                                                                  | 13 |
| I. Обзор литературы .....                                                                                           | 13 |
| 1.1. Микроорганизмы воздуха нежилых помещений.....                                                                  | 13 |
| 1.2. Влияние микроорганизмов воздуха помещений на здоровье человека .....                                           | 15 |
| 1.3. Методы учета микроорганизмов воздуха.....                                                                      | 17 |
| 1.3.1. Питательная среда.....                                                                                       | 17 |
| 1.3.2. Посев микроорганизмов, учет их численности в воздухе.....                                                    | 18 |

# Введение

**Актуальность исследования.** Жители современных городов, взрослые и дети, проводят большое количество времени в помещениях. Воздух помещений содержит химические загрязнители (формалин, диоксид азота и т.д.), инфекционные агенты (вирусы, бактерии, грибы) и аллергены (клещевые, эпидермальные, микогенные т.д.) [8, с. 41].

Микроорганизмы, накапливающиеся в помещениях, могут оказывать воздействие на здоровье человека. В большинстве случаев бактерии и микомикеты воздуха зданий отрицательно влияют на здоровье человека и ухудшают условия его жизни [7, с. 53]. Известно, что микроорганизмы могут вызывать различные заболевания человека. Они могут быть возбудителями микозов, участвовать в развитии аллергии [8, с. 41].

Исследование микробиоты жилых помещений позволит установить закономерности ее формирования, особенности структурной организации, оценить риски и понять влияние микроорганизмов на качество воздуха внутри помещений.

Особенно опасно воздействие микроорганизмов на развивающийся организм школьников, которые значительную часть времени проводят в помещениях. Поэтому необходима оценка состава микрофлоры различных помещений в школе.

**Цель работы** – изучить количественный и качественный состав микроорганизмов воздушной среды учебных помещений здания ГОУ ЯО Средняя школа «Провинциальный колледж» при различных режимах проветривания.

## **Задачи:**

1. Изучить количественный состав микроорганизмов учебных помещений здания ГОУ ЯО Средняя школа «Провинциальный колледж» при различных режимах проветривания.
2. Провести анализ качественного состава микроорганизмов учебных помещений здания ГОУ ЯО Средняя школа «Провинциальный колледж» при различных режимах проветривания.
3. Сравнить количественный и качественный состав микроорганизмов воздуха учебных помещений здания ГОУ ЯО Средняя школа «Провинциальный колледж» при различных режимах проветривания.

**Объект исследования:** воздух помещений ГОУ ЯО Средняя школа «Провинциальный колледж».

**Предмет исследования:** состав микроорганизмов воздуха помещений ГОУ ЯО Средняя школа «Провинциальный колледж» при различных режимах проветривания.

**Гипотеза** – проветривание приводит к снижению количества и уменьшению разнообразия микроорганизмов в учебных помещениях здания ГОУ ЯО Средняя школа «Провинциальный колледж». Обзор литературы по теме исследования представлен в приложении 2.

## I. Материалы и методы исследования

В исследовании проводилось изучение микроорганизмов воздуха следующих помещений ГОУ ЯО Средняя школа «Провинциальный колледж» (см. таблица 1).

*Таблица 1.* Исследуемые помещения здания, их описание.

| Помещение               | Сокращенное название | Описание                                                    | Количество повторностей |
|-------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------|
| Кабинет 6               | К6                   | Кабинет без проветривания и рециркуляции, после 8-ми уроков | 5                       |
| Кабинет 6               | К6П                  | Кабинет после 8-ми уроков с проветриванием                  | 5                       |
| Кабинет 6               | К6ПР                 | Кабинет после 8-ми уроков с проветриванием и рециркуляцией, | 6                       |
| Столовая                | С                    | Столовая после обеда                                        | 5                       |
| Раздевалка 10-х классов | Р                    | Раздевалка в 16:20                                          | 5                       |

Проветривание и рециркуляция проводились по 10 минут.

Работу проводили в ноябре-марте 2023, 2024 гг.

Учет количества и разнообразия микроорганизмов проводили следующим образом.

Чашки Петри с предварительно залитым в стерильных условиях мясопептонным агаром – МПА (состав, г/л: готовый порошок МПА – 19,5 г, вода дистиллированная – 500 мл) ставили на стол в исследуемом помещении, открывали крышки, одним концом клали их на стол, а другим на бортик чашки, держали открытыми 20 минут, затем закрывали. Инкубировали посевы в термостате при 28°C семь суток.

Для учета биоразнообразия микроорганизмов анализировали выросшие колонии по признакам: форма, профиль, размер, поверхность, прозрачность, блеск, цвет, край, структура, консистенция.

Изучали морфологию микроорганизмов. Готовили микропрепараты-мазки фиксированных клеток. Бактерии окрашивали методом по Граму, а грибы метиленовым синим, изучали микропрепараты при увеличении 10x100 (микроскоп Levenhuk). Определяли грампринадлежность бактерий методом Грама. На основании полученных данных, распределяли выделенных бактерий по морфотипам.

Определяли: численность всех бактерий; численность бактерий каждой морфотипической группы, обнаруженной в посевах; численность микромицетов.

Для учета численности применяли правило Омелянского: на поверхность среды

площадью 100 см<sup>2</sup> за 5 минут оседает столько микробов, сколько находится в 10 л воздуха.

Подсчитывали число колоний, выросших на МПА,

Рассчитывали площадь чашки Петри по формуле:  $S = \pi \cdot R^2$ , где S – площадь чашки Петри,  $\pi = 3,14$ , R – радиус чашки Петри, равный 4,05 см (большая чашка) и 2,5 см (маленькая чашка).  $S = 51,5 \text{ см}^2$  (большая чашка) и  $19,6 \text{ см}^2$  (маленькая чашка).

Определяли число колоний.

Подсчитывали число микроорганизмов в 1 м<sup>3</sup> воздуха как ЧК/S\*100 (ЧК - число колоний). Численность микроорганизмов выражали в КОЕ/м<sup>3</sup>, где КОЕ – колониообразующая единица – одна живая микробная клетка, из которой вырастает колония.

Проводили статистическую обработку полученных результатов с помощью Excel.

## II. Результаты и анализ исследований

### 3.1. Общая численность микроорганизмов в воздухе помещений ГОУ ЯО Средняя школа «Провинциальный колледж»

Таблица 2. Общая численность микроорганизмов в воздухе помещений здания.

| Помещение | КОЕ/м <sup>3</sup> в каждой чашке |      |      |      |       | Среднее КОЕ/м <sup>3</sup> каждого помещения |
|-----------|-----------------------------------|------|------|------|-------|----------------------------------------------|
| Р         | 5,10                              | 2,55 | 2,93 | 6,30 | 4,85  | 4,35±0,16                                    |
| С         | 0,00                              | 1,45 | 0,00 | 1,95 | 0,98  | 0,88±0,09                                    |
| К6ПР      | 1,28                              | 1,28 | 2,55 | 1,45 | 1,28  | 1,30±0,04                                    |
| К6П       | 3,83                              | 3,83 | 0,00 | 1,45 | 11,48 | 4,12±0,44                                    |
| К6        | 1,28                              | 1,28 | 2,43 | 0,98 | 0,98  | 1,39±0,06                                    |

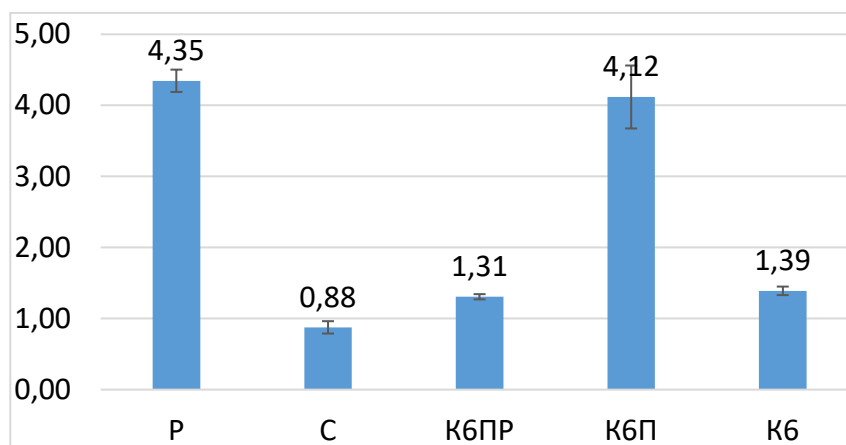


Рисунок 1. Общая численность микроорганизмов, выделенных из воздуха по-

мещений здания.

Наибольшая общая численность микроорганизмов в воздухе помещений ГОУ ЯО Средняя школа «Провинциальный колледж» по данным исследования (см. таблица 2, рис. 1) была зафиксирована в раздевалке 10 – х классов (Р). Наименьшая – в столовой (С). Полученные результаты, вероятно, связаны с тем, что в раздевалке находятся верхняя одежда и обувь, на которых учащиеся «приносят» в помещение различных микроорганизмов. Столовая является самым чистым помещением по исследованию, потому что в ней строго соблюдаются санитарные нормы пунктов общественного питания.

### 3.2. Качественный состав микроорганизмов в воздухе помещений ГОУ ЯО Средняя школа «Провинциальный колледж»

Таблица 3. Качественный состав микроорганизмов в воздухе.

| Помещение | Типы бактерий и микомикетов, встретившихся с наибольшей частотой                               |                                                                                                                                                    |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | бактерии                                                                                       | микомикеты                                                                                                                                         |
| Р         | Светло – лимонные колонии Грам (+) кокков (№6)                                                 | Черные мохообразные колонии плесневого гриба <i>Aspergillus niger</i> (№3)                                                                         |
| С         | Светло – желтые колонии Грам (+) кокков (№13)                                                  | Белые колонии плесневого гриба рода <i>Penicillium</i> (№2), черные мохообразные колонии плесневого гриба <i>Aspergillus niger</i> (№3)            |
| К6ПР      | Розово – бежевые колонии Грам (+) кокков (№10)                                                 | Черные мохообразные колонии плесневого гриба <i>Aspergillus niger</i> (№3)                                                                         |
| К6П       | Розово – бежевые колонии Грам (+) энтерококков (№15)                                           | Белые колонии плесневого гриба рода <i>Penicillium</i> (№2)                                                                                        |
| К6        | Светло – желтые колонии Грам (+) кокков (№13), бежевые колонии с выпуклостью по середине (№22) | Зелено – голубые колонии плесневого гриба рода <i>Penicillium</i> (№1), черные мохообразные колонии плесневого гриба <i>Aspergillus niger</i> (№3) |

По данным исследования было изучено 22 морфотипа бактерий (см. приложение 1 – таблица 4) и 3 вида микомикетов (см. приложение 1 – таблица 5). Наибольшей разнообразностью качественного состава микроорганизмов воздуха обладает раздевалка 10 – х классов (Р), вероятно, из-за того, что в ней находятся микроорганизмы здания ГОУ ЯО Средняя школа «Провинциальный колледж» и микроорганизмы, обитающие в атмосферном воздухе (принесенные микроорганизмы с улицы на одежде и обуви учащихся).

## Выводы

1. Изучение микробного загрязнения воздуха помещений ГОУ ЯО Средняя школа «Провинциальный колледж» показало, что наибольшая общая численность микроорганизмов характерна для раздевалки 10 классов и составляет  $4,35 \pm 0,16$  КОЕ/м<sup>3</sup>.

2. Проветривание и УФ-обработка рециркулятором не приводит к снижению количества микроорганизмов в воздухе кабинета 6, КОЕ/м<sup>3</sup> до обработки составило  $1,39 \pm 0,06$  КОЕ/м<sup>3</sup>, после проветривания  $4,12 \pm 0,44$ , после рециркуляции  $1,30 \pm 0,04$ .

3. В воздухе помещений Провинциального колледжа было выявлено 22 морфотипа бактерий и 3 вида микомицетов.

4. Наибольшим разнообразием качественного состава микроорганизмов воздуха обладает раздевалка 10 – х классов (Р), вероятно

5. В воздухе всех помещений преобладают Грам (+) бактерии розово-бежевой и светло-желто окраски, а также грибы рода *Penicillium* и *Aspergillus niger*.

**Вклад в работу:** автором проведен анализ литературы по изучаемому вопросу, планирование, подготовка и постановка эксперимента по изучению микробиоты воздуха помещений здания ГОУ ЯО Средняя школа «Провинциальный колледж». Были проанализированы результаты эксперимента и сформулированы выводы.

**Новизна исследования:** эксперимент проводился в разных помещениях здания ГОУ ЯО Средняя школа «Провинциальный колледж» (столовая, раздевалка 10 – х классов, кабинет №6) и при разных условиях (кабинет №6 без проветривания и рециркуляции, после проветривания, после проветривания и рециркуляции) впервые. Было изучено влияние этих факторов на состав микробиоты воздуха помещений здания.

## Список использованных источников и литературы

1. Абрамов В.И. Бактерии, грибы, споровые растения: [Электронный ресурс] // «Биология» № 9/2004. // Издательский дом «Первое сентября». URL: <https://bio.1sept.ru/article.php?ID=200400907> (Дата обращения: 11.03.2024).
2. Андреева К.И., Копанева Н.П., Загуляева З.А. Хранение и реставрация документов. Методические рекомендации: [Электронный ресурс] // Санкт-Петербургский филиал архива российской академии наук. URL: [http://old.ranar.spb.ru/rus/books\\_8/id/8/](http://old.ranar.spb.ru/rus/books_8/id/8/) (Дата обращения: 11.12.2023).
3. Винникова О.И. Микробиоты воздуха жилых и нежилых помещений. Харьков: Харьковский Национальный Университет, 2011. 29 с.

4. Воробьёв А.А., Кривошеин Ю.С., Широбоков В.П. Медицинская и санитарная микробиология. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 464с.
5. Выделение чистой культуры бактерий // Лабораторный практикум по микробиологии. Часть 2 / Сост. Н.А.Трещанина. Самара: Изд. «Самарский университет», 1997. 31 с.
6. Грамотрицательные и грамположительные бактерии: [Электронный ресурс] // Большая российская энциклопедия. URL: <https://bigenc.ru/c/gramotritsatel-nye-i-grampolozhitel-nye-bakterii-5c3bcc> (Дата обращения: 26.03.2024).
7. Доршакова Е.В., Елинов Н.П., Павлова И.Э., Богомолова Т.С., Чилина Г.А., Васильева Н.В. Микромицеты в естественной среде обитания и в помещениях – их потенциальная опасность для здоровья людей. // Экспериментальная микология. Санкт-Петербург: НИИ медицинской микологии им. П.Н. Кашкина, СЗГМУ им. И.И. Мечникова, 2012. С. 53 – 57.
8. Желтикова Т.М. К вопросу о допустимом уровне микромицетов в воздухе помещений. // Экспериментальная микология. М.: ГУ НИИ вакцин и сывороток им. И.И.Мечникова РАМН, 2009. С. 41 – 43.
9. Инфекционные заболевания – что это, классификация, лечение, профилактика: [Электронный ресурс] // Медицинская лаборатория «Гемотест». URL: <https://gemotest.ru/info/spravochnik/zabolevaniya/infektsionnye-zabolevaniya/> (Дата обращения: 20.03.2024).
10. Литвина Л.А., Анфилофьева И.Ю., Горских В.Г. Микробиота воздушной среды: учебно-методическое пособие. Новосибирск: Издательство НГАУ, 2021. 49 с.
11. Литусов Н.В. Медицинская микология. Екатеринбург: ФГБОУ ВО УГМУ, 2022. 53 с.
12. Микрофлора как компонент воздушной экосистемы и её динамика: [Электронный ресурс] // Студенческий научный форум – 2017. URL: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017030112> (Дата обращения: 26.02.2024).
13. Многоликая плесень: [Электронный ресурс] // Научно – популярный журнал «Наука и жизнь». URL: <https://www.nkj.ru/archive/articles/16507/> (Дата обращения: 23.01.2024).
14. Пехташева Е.Л., Масталыгина Е.Е., Заиков Г.Е., Стоянов О.В., Кочнев А.М., Ахтямова С.С. Клейкость хлопкового волокна: монография. Казань: Издательство КНИТУ, 2012. 92 с.
15. Питательные среды в микробиологии - определение, виды и требования: [Электронный ресурс] // Производство готовых питательных сред для микробиологии «BioMedia». URL: <https://bio-media.ru/info/articles/mikrobnnye-pitatelnye-sredy->

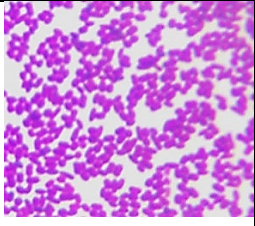
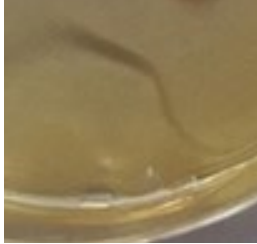
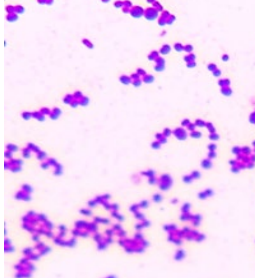
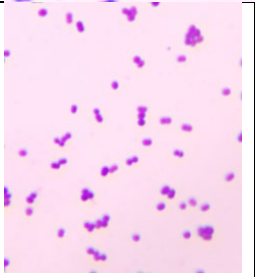
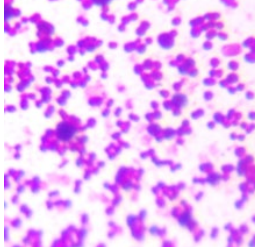
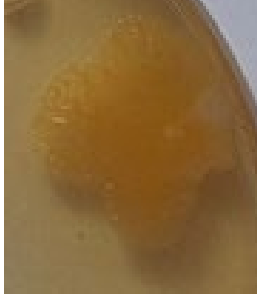
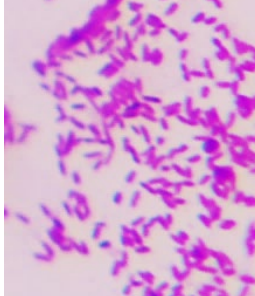
[opredelenie-tipy-primery-primenenie/](#) (Дата обращения: 20.03.2024).

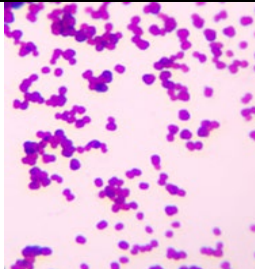
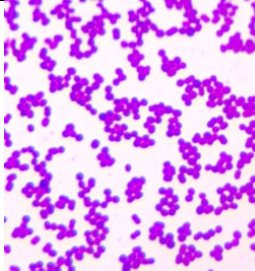
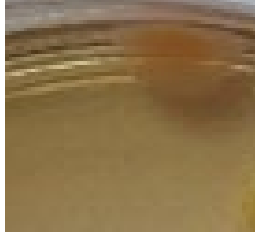
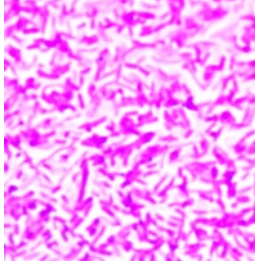
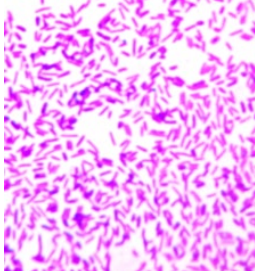
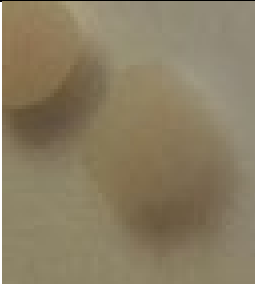
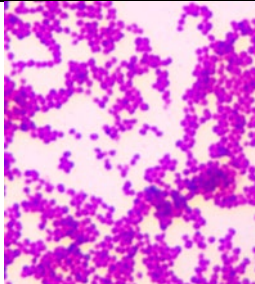
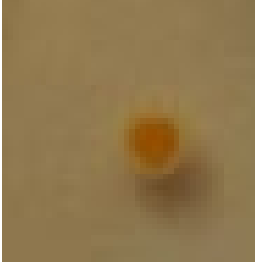
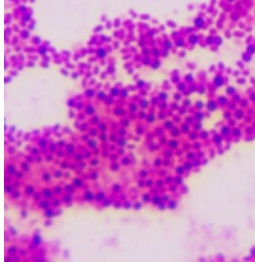
16. Сырье и питательные среды, применяемые в биотехнологии: [Электронный ресурс] // Файловый архив студентов «StudFiles». URL: <https://studfile.net/preview/9781808/page:2/> (Дата обращения: 22.03.2024).

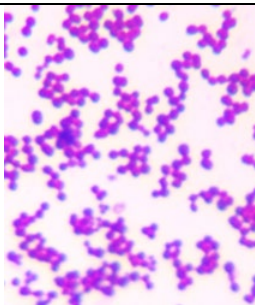
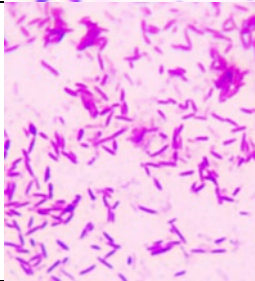
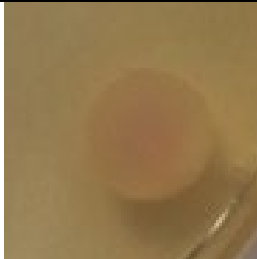
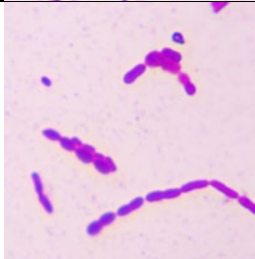
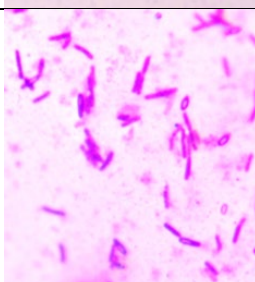
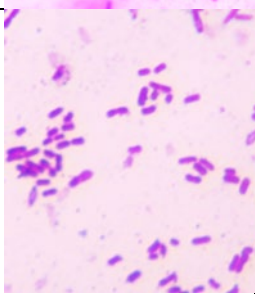
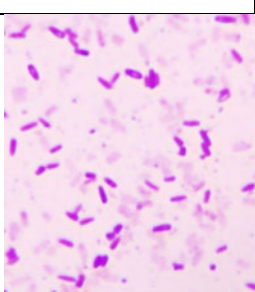
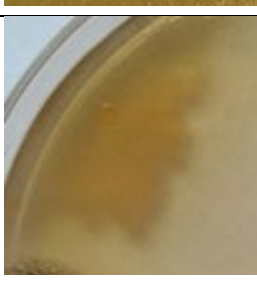
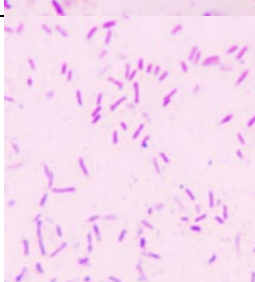
17. Характеристика сообщества микромицетов арабографических рукописных книг XIX века из библиотечного фонда К(П)ФУ. Казань: К(П)ФУ, 2015. 46 с.

## Приложение 1

Таблица 4. Качественный учет всех колоний бактерий.

| Колония бактерий                                                                    | № колонии | Описание колонии                                                          | Препарат под микроскопом                                                              | Возможная классификация                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|    | 1         | Светло-бежевая, глянцевая, прозрачная, неровный край, 8мм                 |    | Род <i>Streptococcus</i>                               |
|   | 2         | Бежевая, глянцевая, прозрачная, ровный край, 9мм                          |   | Род <i>Peptococcus</i>                                 |
|  | 3         | Светло-розовая, глянцевая, ровный край, 4мм                               |  | Род <i>Micrococcus</i> , вид <i>Micrococcus roseus</i> |
|  | 4         | Бежевая, прозрачная, глянцевая, ровный край, выпуклость по середине, 12мм |  | Род <i>Peptococcus</i>                                 |
|  | 5         | Светло-оранжевая, глянцевая, неровный край и поверхность, 20мм            |  | Род <i>Derxia</i>                                      |

|                                                                                     |    |                                                           |                                                                                       |                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
|     | 6  | Светло-лимонная, глянцевая, выпуклая, ровный край, 5мм    |     | Род <i>Micrococcus</i> , вид <i>Micrococcus flavus</i> |
|    | 7  | Бежевая, глянцевая, ровный край, 10мм                     |    | Род <i>Staphylococcus</i>                              |
|    | 8  | Оранжевая, прозрачная, глянцевая, ровный край, 9мм        |    | Род <i>Acetobacter</i>                                 |
|   | 9  | Бежевая, глянцевая, неровный край и поверхность, 12мм     |   | Род <i>Acetobacter</i>                                 |
|  | 10 | Розово-бежевая, глянцевая, ровный край, 7мм               |  | Род <i>Micrococcus</i>                                 |
|  | 11 | Светло-бежевая, прозрачная, глянцевая, неровный край, 8мм |  | Род <i>Staphylococcus</i>                              |
|  | 12 | Ярко-оранжевая с желтым окаймлением, ровный край, 4мм     |  | Род <i>Peptostreptococcus</i>                          |

|                                                                                     |    |                                                                            |                                                                                       |                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
|     | 13 | Светло-желтая, глянцевая, ровный край, 2мм                                 |     | Род <i>Micrococcus</i>   |
|    | 14 | Оранжевая, ровный край, 1мм                                                |    | Род <i>Mycobacterium</i> |
|    | 15 | Розово-бежевая, глянцевая, ровный край, 10мм                               |    | Род <i>Enterococcus</i>  |
|   | 16 | Желтая, матовая, неровный край, 4мм                                        |   | Род <i>Salmonella</i>    |
|  | 17 | Желто-коричневая, матовая, ровный край, 2мм                                |  | Род <i>Clostridium</i>   |
|  | 18 | Светло-коричневая, матовая, неровная поверхность, 81мм                     |  | Род <i>Azotobacter</i>   |
|  | 19 | Бежево-оранжевая, прозрачная, глянцевая, неровная поверхность и край, 30мм |  | Род <i>Frateriella</i>   |

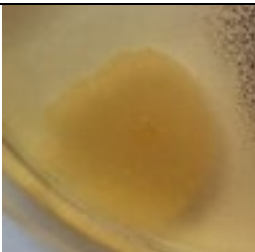
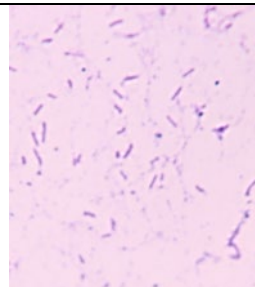
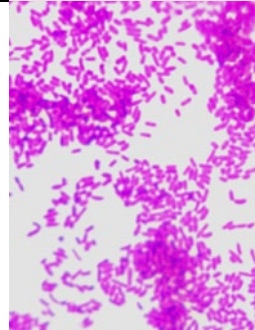
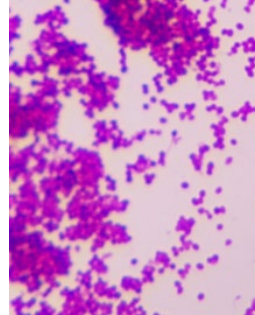
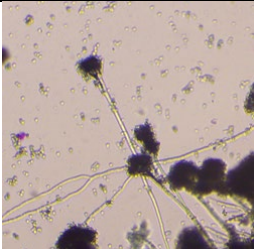
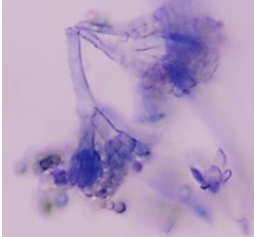
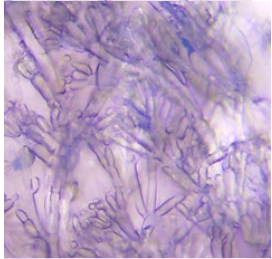
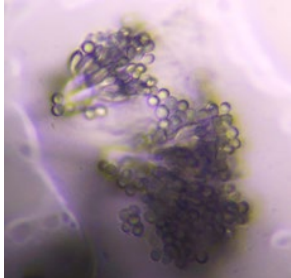
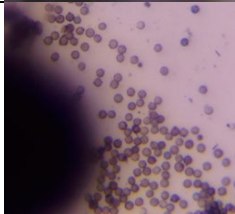
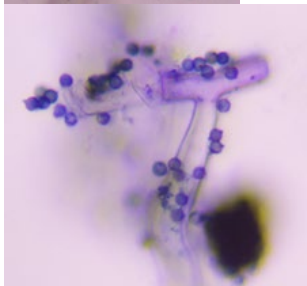
|                                                                                   |    |                                                                      |                                                                                      |                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
|   | 20 | Бежево-оранжевая, глянцевая, неровная поверхность, ровный край, 21мм |    | Род <i>Bacillus</i>           |
|  | 21 | Розово-бежевая, глянцевая, неровный край, 25мм                       |   | Род <i>Proteus</i>            |
|  | 22 | Бежевая, глянцевая, выпуклость посередине, ровный край, 10мм         |  | Род <i>Peptostreptococcus</i> |

Таблица 5 Качественный учет всех колоний микромицетов.

| Гриб на питательной среде                                                           | № колонии | Препарат под микроскопом                                                                                                                                                                                                                                             | Возможная классификация |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
|  | 1         | <br><br> | Род <i>Penicillium</i>  |

|                                                                                    |   |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
|    | 2 | <br><br>       | Род <i>Penicillium</i>                                   |
|  | 3 | <br><br> | Род <i>Aspergillus</i> ,<br>вид <i>Aspergillus niger</i> |

## Приложение 2

### I. Обзор литературы

#### 1.1. Микроорганизмы воздуха нежилых помещений

В окружающем нас воздухе всегда находится какое-то количество микроорганизмов. В воздушную среду они заносятся с поверхности земли и предметов вместе с пылью или мельчайшими капельками влаги. Ничтожный вес микроорганизмов позволяет

им вместе с пылью находиться в воздухе во взвешенном состоянии. В воздухе микробы размножаться не могут, так как недостаток влаги и солнечный свет действуют на них губительно. Однако они могут временно сохранять в воздухе свою жизнеспособность. Микрофлору воздуха чаще всего составляют микрококки, сардины, споры бактерий и плесневых грибов, дрожжи. В воздухе могут находиться и болезнетворные микроорганизмы, например, туберкулезные и дифтерийные палочки, возбудители гриппа, и других болезней [12]. Чаще всего в воздухе встречаются споры бактерий, аскоспоры дрожжей, конидии грибов и актиномицетов. Микроорганизмы, в том числе и вирусы, попадают в воздух с капельками слюны, слизи, которые человек и животные выделяют при кашле и чихании.

Доказать существование микроорганизмов в атмосферном воздухе впервые удалось лишь в XIX в. французскому ученому Луи Пастеру. Изучая вопросы самозарождения жизни в период с 1860 по 1862 гг., он определял содержание микроорганизмов в воздухе комнат, улиц, гор. Для этого кончик трубки, отходящей от стеклянной колбы с питательной средой, отламывал, а после того, как воздух проникал в колбу-быстро запыливал трубку и взбалтывал. Через некоторое время питательная среда изменялась, становилась мутной («прорастала»). Это означало, что в неё проникли микроорганизмы из воздуха. В настоящее время установлено, что воздух – неблагоприятная среда для микроорганизмов, так как в нем нет питательных веществ, постоянной оптимальной для микроорганизмов температуры, часто отсутствует влага, присутствуют губительные для микроорганизмов солнечные лучи. Жизнеспособность микроорганизмов в воздухе обеспечивается нахождением в нем частиц воды, слизи, пыли, кусочков почвы, на которые они оседают [10, с. 4].

Микроскопические грибы - это низшие эукариотные организмы, имеющие оформленное ядро в клетке, которые можно увидеть лишь в микроскоп. Они распространены широко в природе и встречаются во всех районах нашей планеты на различных поверхностях, в воде, почве, воздухе и в помещениях. Микромицеты разнообразны по внешнему виду, экологическим особенностям и строению, им присуще многоклеточное и одноклеточное строение. Микроскопические грибы имеют гетеротрофный тип питания (то есть они получают органические вещества вместе с пищей, а не могут синтезировать их сами), могут синтезировать гликоген А (так как гликоген является полисахаридом, который запасается в клетках животных и грибов и может распадаться на глюкозу при ее нехватке). Также микромицетам свойственны признаки растений: верхушечный рост, неподвижность в вегетативном состоянии – период от появления ростков до цветения, рост в течение всей жизни и т. д. Они обладают и другими особенностями, не встречающимися ни у животных, ни у растений: сложные ядерные циклы, мицеллярный рост и др. [14, с. 71]. Микроскопические грибы не имеют хлорофилла, и существуют только за счет готовых органических веществ, получая органику из мертвого (сапрофиты) или живого (паразиты) субстратов. Сапрофитные микромицеты участвуют в почвообразовательном процессе, многие из них известны как сильные разрушители различных материалов и изделий, также они утилизируют органические остатки. Некоторые микромицеты вызывают заболевания сельскохозяйственных культур, домашних животных и человека.

Многочисленные группы грибов приносят большой материальный ущерб, повреждая различные не только промышленные материалы, но и бытовые [2].

У микроскопических грибов наблюдаются три способа размножения, характерные для грибов. Вегетативное размножение – размножение кусочками мицелия. Бесполое размножение микромицетов, связано с образованием специальных органов: спорангиев со спорангиоспорами внутри или со сложно ветвящихся выростов мицелия – конидиеносцев, на веточках которых образуются конидиоспоры. При половом размножении могут образовываться плодовые тела. У большинства микромицетов они сложены из переплетения гиф, внутри которых находятся аскоспоры. Аскоспоры и конидиоспоры, называемые просто спорами, бывают одноклеточными, многоклеточными, разных форм и размеров (от 1 до 22 мкм). Они почти всегда окрашены в самые разнообразные цвета: черный, красный, бледно-розовый, желтый, зеленый, что и обуславливает цвет колоний грибов. Поверхность спор неровная, с выростами и ворсинками. Это дает им возможность долго находиться в воздухе и разноситься потоками воздуха на огромные расстояния [1]. Плесневые грибы производят огромное количество спор, которые ответственны за микогенную сенсibilизацию и могут индуцировать развитие микоаллергии. Грибы достаточно хорошо приспособлены к синтрофии (тип симбиотического сосуществования, когда один вид живёт за счёт продукции другого вида) с другими организмами и, как правило, обитают в ассоциациях с бактериями, грибами иных видов и родов [3, с. 7]. Споры потоками воздуха переносятся особенно быстро. Благодаря своим микроскопическим размерам они могут осуществлять проникновение в самые мелкие невидимые глазу трещины, которыми пронизаны даже такие плотные материалы, как различные виды железа и гранита. А иногда даже обнаруживаются в полимерных материалах на границах раздела компонентов и высокомолекулярного соединения, входящих в состав и образующих этот материал [17, с. 11].

Бактерии – прокариоты (у них нет оформленного ядра, клетки не имеют автономных мембранных структур: митохондрий, хлоропластов, эндоплазматического ретикула, аппарата Гольджи). В составе клеточной стенки прокариотов присутствует пептидогликан. Для них характерно бинарное деление клеток. Среди прокариотов различают бактерии (грамположительные, грамотрицательные бактерии и микоплазмы) и археи. Выделение этих групп микроорганизмов основано на строении их клеточных стенок. Разные виды бактерий имеют определенную форму и размер клеток. Размеры микробов выражаются в микрометрах (мкм) и нанометрах (нм). Средние размеры бактерий в длину составляют 2-3 мкм, в ширину - 0,3-0,8 мкм.

Выделяют три основные формы бактерий:

- шаровидные или сферические бактерии (кокки)
- палочковидные бактерии (бациллы)
- изогнутые и извитые бактерии (спиралевидные, вибриоидные)

## **1.2. Влияние микроорганизмов воздуха помещений на здоровье человека**

Человек постоянно контактирует с микромицетами, находящимися в воздухе по-

мещений, вдыхая его, так как в нем всегда находится какое-либо количество спор бактерий и микрогрибов. Они, попадая в наш организм, могут стать возбудителями заболеваний различных систем органов, но чаще всего поражается дыхательная система. Большинство инфекционных заболеваний (болезни, вызываемые патогенными микроорганизмами - бактериями, вирусами, грибами или паразитами) передаются воздушно-капельным путем, за счет чего распространение инфекции происходит с огромной скоростью [9].

Плесневелые грибы являются патогенами. Попадание мелких спор грибов (1,5-5 мкм) могут вызывать микозы, достигая легочных альвеол [13]. Данный вид заболеваний вызывается тремя отделами грибов (*Zygomycota*, *Ascomycota* и *Basidiomycota*) и поэтому делятся на три группы:

- Зигомикозы – возбудителями являются зигомикотовые грибы (*Absidia*, *Apophysomyces*, *Basidiobolus*, *Conidiobolus*, *Cunninghamella*, *Mucor*).

- Базидиомикозы – возбудителями являются базидиальные грибы (*Cryptococcus*, *Malassezia*, *Piedraia*, *Rhodotorula*).

- Аскомикозы – возбудителями являются сумчатые грибы и их анаморфы (*Aspergillus*, *Blastomyces*, *Coccidioides*, *Candida*, *Loboa*, *Microsporium*, *Pneumocystis*, *Trichophyton*).

По локализации микозов выделяют:

- Поверхностные или суперфициальные микозы. Они поражают отмершие клетки кожи (кератоциты). Возбудители поверхностных микозов - плесневые грибы, способные разлагать кератин эпидермиса, волос и ногтей. По локализации процессов выделяют кератомикозы (сапрофитии) и дерматомикозы (дерматофитии). При кератомикозах возбудитель поражает роговой слой эпидермиса и поверхность волосяного стержня. При дерматомикозах поражается не только роговой слой эпидермиса, но и его производные (ногти и волосы). К кератомикозам относится разноцветный или отрубевидный лишай, себорейный дерматит и тропические микозы (черный лишай, трихоспороз, черная пьедра), а к дерматомикозам - руброфития, эпидермофития, трихофития, микроспория, фавус [11, с. 16].

При поверхностных микозах грибы разрушают роговой слой кожи в результате своего роста и размножения, продукты жизнедеятельности грибов вызывают острое воспаление, а антигены грибов способствуют развитию гиперчувствительности замедленного типа (аллергические заболевания, появляющиеся через несколько дней после контакта с раздражителем). Кератин кожи является оптимальной питательной средой для грибов.

- Кожные микозы или дерматомикозы поражают кожу и ее производные на различных участках тела. К ним относятся микроспория (возбудители – грибы рода *Microsporium*), трихофития (возбудители - грибы рода *Trichophyton*), эпидермофития (возбудитель – *Epidermophyton floccosum*) [11, с. 15].

- Подкожные микозы поражают соединительную ткань и подкожную клетчатку, возникает хроническая воспалительная реакция (гранулема) с пиогенным компонентом, которая распространяется на кожу. Возбудители подкожных микозов - сапрофитические грибы, обитающие в почве и на разлагающихся растительных остатках. Заболевание

развивается при попадании грибов в подкожные ткани при микротравмах. Поражение сначала локализуется в подкожных тканях, откуда возбудитель может лимфогенно распространяться по организму. Эти заболевания встречаются чаще всего в тропических и субтропических районах. Грибы вызывают развитие язв, узелков, абсцессов. К подкожным микозам относятся споротрихоз, хромобластомикоз [11, с. 29].

- **Системные (глубокие) микозы.** Возбудителями системных микозов являются грибы, обитающие в почве или на разлагающихся органических субстратах и встречающиеся в определённых географических областях. Инфицирование человека происходит при ингаляции возбудителя. Первичный очаг развивается в лёгких, однако поражение дыхательных путей обычно протекает легко. Реже возникают диссеминированные формы с вовлечением внутренних органов. Прогноз при диссеминированных формах без лечения тяжёлый. К системным микозам относятся бластомикоз, криптококкоз, гистоплазмоз, паракокцидиоидомикоз, кокцидиоидомикоз [11, с. 32].

- **Опportunистические микозы.** Опportunистические микозы вызывают грибы, проникающие в организм из внешней среды, или грибы, входящие в состав нормальной микрофлоры организма человека. Патогенность возбудителей очень низкая, и они обычно не вызывают поражений у здоровых лиц. Опportunистические микозы возникают у людей с различными нарушениями иммунного статуса. К опportunистическим микозам относятся кандидоз, аспергиллез, пенициллиноз, мукокороз, возбудителями которых являются условно-патогенные грибы родов *Candida*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium* [11, с. 38].

- **Микотоксикозы.** Микотоксикозы – это группа заболеваний, вызванных попаданием в организм токсичных метаболитов - микотоксинов, образуемых некоторыми плесневыми грибами, колонизирующими пищевые продукты или сельскохозяйственное сырьё. Наиболее распространёнными возбудителями грибы рода *Aspergillus* и *Fusarium*. Наибольшее число токсинообразующих грибов обитает в почве, поэтому образуемые ими микотоксины накапливаются в растительном сельскохозяйственном сырьё, особенно при неправильном сборе, хранении и переработке. Особую опасность представляет их накопление в продуктах животного происхождения (молоко, мясо, яйца) вследствие скармливания скоту и птице кормов, содержащих микотоксины. Микотоксины устойчивы к термическим воздействиям, высушиванию и УФ-излучению [11, с. 44].

### **1.3. Методы учета микроорганизмов воздуха**

#### **1.3.1. Питательная среда**

Для выращивания, поддержания и исследования культур и колоний микроорганизмов необходимы питательные среды, которые по составу разделяются на две группы: естественные (натуральные) и синтетические [15].

Естественными обычно называют среды, которые состоят из продуктов животного или растительного происхождения и имеют сложный неопределённый химический состав. Их основа – различные части растений, животные ткани, солод, дрожжи, навоз, почва, вода морей, озёр и минеральных источников [16]. На естественных средах хорошо развиваются многие микроорганизмы, так как в них есть все компоненты, необходимые для

их роста и развития. Их используют главным образом для поддержания культур микроорганизмов, накопления их биомассы и диагностических целей.

Синтетические среды – это такие, в состав которых входят в точно указанных концентрациях только известные химически чистые соединения. Данные среды по составу бывают простыми и с относительно сложным набором компонентов. Синтетические среды широко используют для исследований, связанных с изучением обмена веществ микроорганизмов [12].

Существуют так называемые полусинтетические среды, относящиеся к средам с неопределённым составом. В них наряду с соединениями известной химической породы входят вещества неопределённого состава. Например, в мясопептонную среду (МПА-мясопептонный агар) кроме сложных и неопределённых по химическому составу веществ (МБ-мясной бульон) иногда входят пептон (продукт начального гидролиза белков), глюкоза или сахароза, поваренная соль, фосфат калия; картофельные среды содержат глюкозу и пептон. Полусинтетические среды широко используют в микробиологической практике для получения витаминов, антибиотиков, аминокислот и других продуктов жизнедеятельности микроорганизмов [12].

Питательные среды могут быть различной концентрации: жидкие, плотные, полужидкие. Плотные питательные среды используют для учёта количества бактерий, выделения чистой культуры и других целей [4, с. 28].

Для того, чтобы среда получилась плотной, используют агар-агар или желатин. Агар-агар – это растительный коллоид, получаемый из некоторых морских водорослей. В его состав входят главным образом полисахариды с ничтожным содержанием азотистых веществ. Желатин – кислый азотсодержащий продукт, добываемый при выпарке костей и хрящей [16]. Они служат затвердевающими агентами, которые обеспечивают стабильную поверхность для роста организма, что позволяет наблюдать за морфологией колоний и подсчетом микроорганизмов. Также агар-агар и желатин могут использоваться как питательные среды.

Самой универсальной питательной средой является мясопептонный агар.

### **1.3.2. Посев микроорганизмов, учет их численности в воздухе**

Основными методами, определяющими бактериальную обсемененность воздуха, являются:

- Метод определения общей обсемененности воздуха по Коху (метод оседания).
- Метод определения общей обсемененности воздуха аппаратом Кротова.
- Метод мембранных фильтров.
- Посев воздуха с помощью бактериоуловителя Речменского.
- Использование ПОВ-1 (прибор для отбора воздуха), ПАБ-2 (пробоотборник аэрозольный бактериологический).

Метод оседания по Коху основан на оседании бактериальных частиц и капель под влиянием силы тяжести на поверхности среды открытой чашки Петри. Чашки с мясопептонной (МПА) или рыбопептонной (РПА) средой экспонируют на воздухе от 5 до 30 минут. Однако, на открытых чашках плохо улавливаются тонкодисперсные фракции бактериальных капель и пылевых частиц, а задерживаются, главным образом, крупные

пылевые частицы. Кроме того, в атмосферном воздухе наряду с седиментацией большое значение приобретает прибивное действие ветра, при помощи которого крупные пылевые частицы прибиваются к поверхности среды. Все эти причины делают данный метод менее точным для количественного определения микрофлоры в воздухе. Однако, если чашки выдерживают в разных помещениях в одно и то же время, тогда относительно можно судить о чистоте воздуха каждого помещения [5, с. 7].

Методы, основанные на использовании аппарата Кротова, бактериоуловителя Речменского, ПОВ-1 и ПАБ-2 являются аспирационными методами, то есть основаны на принудительном осаждении микроорганизмов из воздуха на поверхность плотной питательной среды или в улавливающую жидкость. Но наиболее широкое распространение находит аспирационный метод с применением аппарата Кротова. Конструкция аппарата Кротова основана на принципе ударного действия струи воздуха, который при вращении вентилятора засасывается через щель аппарата и с большой скоростью ударяется о влажную поверхность питательной среды. В результате удара находящиеся в воздухе аэрозоли (микроорганизмы, содержащихся в порции поступающего воздуха, пылевые частицы и капли) прибиваются к поверхности среды [5, с. 6].

Фильтрационным методом определяют качественный и количественный состав микрофлоры в объеме воздуха с использованием мембранных фильтров. При этом с помощью воздуходувки, через фильтры просасывают воздух, а затем их помещают на питательную среду и выращивают колонии микроорганизмов. Преимуществом метода мембранных фильтров является их портативность, возможность концентрировать на них микроорганизмы из относительно больших объемов воздуха [5, с. 6].

Клетки микроорганизмов, попав в питательную среду, начинают размножаться и образуют скопления, видимые невооруженным глазом, называемые колониями. Затем, для наиболее точного определения микроорганизмов, используются метод окраски по Граму (для бактерий) и окраска метиленовым синим (для грибов).

Метод Грама состоит из последовательного окрашивания зафиксированного мазка бактерий (из одной колонии) несколькими красителями (генциановый фиолетовый, раствор Люголя, фуксин). Таким способом различают грамположительные (Грам (+)) (у них многослойная, толстая клеточная стенка и они окрашиваются в синий цвет) и грамотрицательные (Грам (-)) (клеточная стенка тонкая, окрашиваются в красный цвет) бактерии [6].

Препараты рассматривают под микроскопом. Бактерии различают по форме (кокки, диплококки, стафилококки, бациллы и т.п.), а микроскопические грибы по строению мицелия, спорангия.

Также учитывают и видимые без увеличения признаки колоний (форма, цвет, структура, форма края).

На основе известных данных определяют род микроорганизмов с помощью специальных определителей. Например, для изучения бактерий существует определитель Берджи. Он систематизирует все известные бактерии по наиболее распространенным в бактериологии принципам идентификации, основанным на различиях в строении клеточной стенки и отношении к окраске по Граму. Для изучения грибов существуют различные

атласы и определители, например, работы В.И.Билай, З.А.Курбацкой, Т.С.Кириленко и других.