

Мордовской Г.Г.<sup>1</sup>, Поникаровская И.В.<sup>1</sup>, Якушкина А.Ю.<sup>1</sup>,  
Путырский В.П.<sup>2</sup>, Ямпольский В.А.<sup>2</sup>

## Устройство для забора проб воздуха в помещении для выявления микобактерий туберкулеза

1 - ГБУЗ СО «Противотуберкулёзный диспансер», г. Екатеринбург, 2 - ООО «РАСТЕР», г. Екатеринбург

*Mordovskoy G.G., M., Ponikarovskaya I.V., Yakushkina A. U., Putyrsky V.P., Yampolskiy V.A.*

### Air sampling equipment for detecting the mycobacteria tuberculosis in the room air

#### Резюме

Вопрос определения микобактерий туберкулеза в воздухе противотуберкулёзных учреждений чрезвычайно актуален. Однако с помощью существующих методов не удается в полном объеме оценить загрязненность воздуха микобактериями туберкулеза (МБТ). Описанная конструкция пробоотборника «Ультрапроба – Р»<sup>®</sup> является одной из возможных реализаций устройства, позволяющего исследовать бактериальное загрязнение воздуха помещений при малых концентрациях микроорганизмов. С помощью этого пробоотборника был проведен отбор проб воздуха, которые в дальнейшем были проанализированы бактериологическим методом диагностики. Полученные результаты позволяют предположить, что пробоотборник «Ультрапроба – Р»<sup>®</sup> можно использовать как для детекции МБТ в воздушной среде, так и для контроля эффективности дезинфекции воздуха.

**Ключевые слова:** аспираторный пробоотборник, микобактерии туберкулёза

#### Summary

The question of determining *Mycobacterium tuberculosis* in TB facilities air is extremely important. However, using existing methods can not fully assess the air pollution *Mycobacterium tuberculosis* (MBT). This construction sampler "Ultraproba - P" <sup>®</sup> is one of the possible implementations of the device, allowing the investigation of bacterial contamination of indoor air at low concentrations of microorganisms. With this sampling was conducted air sampling, which are further analyzed by bacteriological diagnosis. These results suggest that the sampler "Ultraproba - P" <sup>®</sup> can be used for detection of the ILO in the air, and to monitor the effectiveness of air disinfection.

**Keywords:** aspirator sampler, *Mycobacterium tuberculosis*

### Основные методы определения контаминации воздушной среды микобактериями туберкулеза и их недостатки

Вопрос выявления микобактерий туберкулеза (МБТ) в воздухе чрезвычайно актуален. В настоящее время общепризнано, что наиболее вероятным путем трансмиссии туберкулезной инфекции является воздушно-капельный путь. Микобактерии могут содержаться в частицах или капельках, образующихся при чихании, кашле или разговоре больных людей, страдающих ларингеальной или легочной формой туберкулеза. Возможно также возникновение вторичного инфекционного аэрозоля, когда выделяемые больными туберкулезом капельки слизи, содержащие микобактерии, оседают на белье и различных поверхностях, а также адсорбируются на пылевых частицах, которые поднимаются в воздух и длительно циркулируют в воздушных потоках. Постоянно перемещающиеся естественные воздушные потоки способны

поддерживать во взвешенном состоянии такие частички в течение длительных промежутков времени и переносить их, как внутри помещения, так и по всему зданию [2]. Следовательно, воздушная среда помещений противотуберкулезного учреждения является ключевым фактором возникновения нозокомиального туберкулеза у сотрудников. По данным Уральского НИИ Фтизиопульмонологии о взрослых, состоящих в профессиональном контакте с источником инфекции (IV группа учёта), в 2010 г. и 2011 г. зарегистрировано 7 случаев заболевших туберкулезом лёгких. В связи с этим представляет интерес изучение микобактериальной загрязненности воздушной среды этих подразделений [1, 5].

Достоверное выявление микобактерий туберкулеза в воздушной среде позволит осуществлять инфекционный контроль для предотвращения внутрибольничного распространения туберкулеза в ЛПУ разного профиля.

Известен метод выявления микобактерий туберкулеза из воздушной среды, (седиментационный метод

Прессмана), включающий размещение на различной высоте чашек Петри с физиологическим раствором на 5-7 дней, после чего содержимое чашек подвергают центрифугированию. Осадок обрабатывают 5% раствором щавелевой кислоты и засевают на среды с кровяным агаром. По росту колоний судят о наличии микобактерий в воздухе [3].

Недостатком метода является невозможность определения степени загрязнения микобактериями воздушной среды всего помещения т.к. осаждение пылевых и аэрозольных частиц с адсорбированными бактериями происходит локально (в зонах наиболее высокой вероятности контаминации воздуха).

Известен также способ улавливания микроорганизмов из определенного объема воздуха путем направленного ударного действия воздушной струи с помощью аппарата Кротова непосредственно на плотные питательные среды, такие как мясопептонный агар, Сабуро, ЖСА без предварительной обработки исследуемого материала. Затем пробы инкубируются в течение 24 часов и пересеваются на селективные питательные среды для дальнейшей идентификации микроорганизмов [3].

Исследования общей обсемененности помещений с помощью аппарата Кротова без предварительной обработки полученного материала не позволяют достоверно выделить МБТ из-за обильного роста неспецифической микрофлоры воздуха (стрептококки, стафилококки, энтеробактерии, протей и др.).

Более эффективный метод определения МБТ в воздушной среде описан в работе [4]. Отбор пробы воздуха производится с помощью аппарата ПУ-1Б (пробоотборное устройство), предназначенного для определения общего бактериального загрязнения воздуха с последующим выделением различных микроорганизмов (в том числе и санитарно-показательных). Посев микроорганизмов из окружающего воздуха осуществляется через калиброванное отверстие на стерильную поверхность чашки Петри, закрепленную на вращающемся столике. Прокатка воздуха осуществляется с помощью встроенного в прибор роторного пневмонатора. Затем пробы смывают с поверхности ватным тампоном, инкубируют в термостате в 10% растворе фосфорнокислого натрия трехзамещенного при 37°C в течение 18-24 часов, центрифугируют, отмывают осадок от раствора фосфорнокислого натрия трехзамещенного в стерильной дистиллированной воде, проводят засев на питательную среду Левенштейна - Йенсена и инкубируют до появления роста.

Одним из недостатков описанного прибора является малая скорость прокачки воздуха (25 л/мин), что не позволяет проводить микробиологические исследования бактериального загрязнения помещений с низкой концентрацией микроорганизмов, к которым относятся помещения, контаминированные МБТ. Принято считать, что в учреждениях фтизиопульмонологического профиля МБТ в воздухе отсутствуют, и никакие дополнительные меры по очистке воздуха, кроме проветривания, не требуются. В пробах воздуха, взятых с помощью аппарата Кротова, обнаружить МБТ практически не удается.

Недостаток этого способа заключается и в том, что струя воздуха, попадая на гладкую поверхность чашки Петри, отталкивается от этой поверхности, и, тем самым, снижает достоверность выявления микобактерий туберкулеза из воздушной среды.

Исследуемый материал с поверхности чашки Петри собирается ватным тампоном и подвергается последующей обработке. При этом происходит фиксация МБТ на ватном тампоне, что приводит к количественным потерям микобактерий туберкулеза на 70-75%, вследствие адсорбции микобактерий на вате [6].

Кроме того, отмывание материала стерильной дистиллированной водой не останавливает действие обрабатываемого раствора (щелочи), вследствие чего частично будут изменяться свойства питательной среды, что также снижает достоверность выявления микобактерий туберкулеза из воздушной среды.

Таким образом, для обнаружения МБТ в воздухе необходимо решить следующие задачи:

- подобрать питательный раствор, на котором они могут вырасти и ингибирующий развитие других микроорганизмов;
- найти прибор, способный прокачать «через себя» значительное количество воздуха в замкнутом помещении;
- зафиксировать количество прокаченного воздуха в ходе отбора пробы. Знание количества прокаченного воздуха необходимо для расчета содержания микроорганизмов в единице объема.

Пробоотборник воздуха нового типа «Ультрапроба – Р»®

Описанная ниже конструкция пробоотборника «Ультрапроба – Р»® является одной из возможных реализаций устройства, позволяющего исследовать бактериальное загрязнение воздуха помещений при малых концентрациях микроорганизмов.

Пробоотборник, разработанный специалистами ООО «РАСТЕР» под руководством Мордовского Г.Г., состоит из высокопроизводительного, надежного пылесоса с водяным фильтром и регистратора объема воздуха, прокачиваемого пылесосом. Из всего спектра пылесосов с водяным фильтром, присутствующих на рынке, предпочтение было отдано аппарату REINBOW D4 (США), схема работы которого приведена на рис.1. Технические характеристики пылесоса REINBOW D4 приведены в Таблице 1.

К достоинствам этого пылесоса относится возможность длительной работы без остановки, что позволяет брать пробы воздуха без перерыва, необходимого на его остывание. Первой ступенью очистки воздуха в этом аспираторе является вода. Захваченная при работе пыль, поступает в воду, где крупные фракции оседают, а фракциям мелкой пыли не дает вырваться на свободу водяная пыль, которая образуется, при вращении сепаратора.

Инновационным является то, что вместо воды авторы предлагают использовать раствор фосфорнокислого натрия трехзамещенного, обладающего ингибирующим действием по отношению к микрофлоре загрязнения.

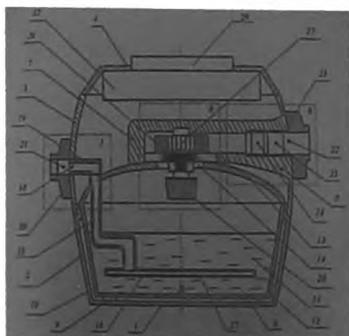


Рисунок 1. Схема пылесоса REINBOW D4



Рисунок 2. Измерительный блок для определения расхода воздуха, продуваемого через пылесос REINBOW D4

Таблица 1. Технические характеристики пылесоса REINBOW D4

№ п/п	Технические характеристики	Значение
1	питание, в/гц	220/50
2	потребляемая мощность, Вт	650
3	мощность всасывания, аэроВт	800
4	объем аквафильтра, л	1,9
5	скорость вращения сепаратора, об/мин	(12-14) * 10 <sup>3</sup> об/мин
6	скорость очистки воздуха, л/мин	2000
7	вес, кг	5
8	габариты, мм	400x440x450

Таблица 2. Отбор проб воздуха в экспериментальных условиях и в терапевтическом отделении ГБУЗ СО «Противотуберкулезный диспансер»

№ п/п	Объект исследований	Рост колоний <i>M.tuberculosis</i>
1	ординаторская	-
2	кабинет старшей м/с	-
3	процедурный кабинет (зона проведения в/м инъекций)	+
4	процедурный кабинет (зона проведения в/в инъекций)	+
5	палата №1	++
6	палата №3	+++
7	палата №5	+++
8	палата №9	+++
9	палата №10	++
10	палата №13	+++
11	палата №15	++
12	пост м/с	++
13	коридор	++
14	коридор	+++
15	туалет	+++

Условные обозначения:

- отрицательный – роста нет;

+ скудный рост – единичные колонии МБТ;

++ умеренный рост – 50-100 колоний МБТ;

+++ массивный рост – более 100 колоний МБТ.

Для регистрации объема воздуха был разработан и изготовлен измерительный блок, рис.2, который крепится на конце выходного шланга пылесоса.

Измерительный блок был изготовлен на базе анемометра testo 417, позволяющего измерять температуру воздуха от 0 до 500С и его скорость в интервале 0,3-20 м/сек.

Термоанемометр testo 417 со встроенной крыльчат-

кой диаметром 100 мм позволяет выводить на дисплей средний объемный расход прокачиваемого воздуха за всё время проведения эксперимента. В дополнение легко переключиться на отображение показаний текущей температуры.

За счёт тепловыделения при работе вентиляционного блока температура воздуха на выходе измерительного

блока повышается примерно на 100С. Это вносит ошибку в определение полного объема воздуха, прокачиваемого пылесосом. Так при температуре в помещении 200С температура воздуха на выходе измерительного блока составит около 300С, что приведёт за счёт уменьшения плотности газа к завышению расхода на 3,5%. Данная погрешность не оказывает существенного влияния на точность расчётов и, при необходимости, может быть учтена в ходе вычислений.

### **Выявление контаминации воздушной среды МБТ лечебного учреждения фтизиопульмонологического профиля с помощью пробоотборника «Ультрапроба – Р»®**

С помощью пробоотборника «Ультрапроба – Р»® был проведен отбор проб воздуха в экспериментальных условиях и в терапевтическом отделении ГБУЗ СО «Противотуберкулезный диспансер», таблица 2.

Впервые в лаборатории лечебного учреждения с помощью пробоотборника «Ультрапроба – Р»® выявлены МБТ в воздушной среде. Предложенный способ определения контаминации воздушной среды МБТ достоверен,

прост и позволяет провести отбор одной пробы воздуха менее чем за 1 час.

Описанный способ выделения МБТ из воздушной среды может найти применение не только для обнаружения МБТ в воздухе противотуберкулезных учреждений, но так же и для контроля эффективности дезинфекции воздуха.

В ходе проведенных работ МБТ были обнаружены в воздухе различных помещений. В дальнейшем планируется определять не только наличие МБТ в воздушной среде, но и их молекулярно-генетические характеристики. ■

*Мордовской Г.Г., д.м.н., зав. бак. лабораторией ГБУЗ СО «Противотуберкулезный диспансер», г. Екатеринбург; Поникаровская И.В., врач ГБУЗ СО «Противотуберкулезный диспансер», г. Екатеринбург; Якушкина А.Ю., врач ГБУЗ СО «Противотуберкулезный диспансер», г. Екатеринбург; Путьрский В.П., к.ф.м.н., доцент, ООО «РАСТЕР», г. Екатеринбург; Ямпольский В.А., к.т.н., ООО «РАСТЕР», г. Екатеринбург; Автор, ответственный за ведение переписки – Ямпольский Валерий Абрамович, 620075, г. Екатеринбург, ул. Ленина, 79-а, кв. 24, тел. 8 (922) 224-90-29, E-mail: yampolskij@yandex.ru*

### **Литература:**

1. Зуева М.Н., //Нозокомиальная туберкулезная инфекция «Весь Мир», 2001. С.32
2. Игнаткин В.И., Медведева И.М., Дорожкова И.Р. и др. //Нозокомиальная туберкулезная инфекция. «Весь Мир», 2001. С.33
3. Карпущия Г.И. //Бактериологическое исследование и обеззараживание воздуха. М.: Медгиз, 1962. С. 47
4. Далматов В.В., Аксюнина Л.П., Леонов И.В., Хомяков С.П., Способ выделения микобактерий туберкулеза из воздуха, Патент РФ № 2221047 от 22.03.2001 г.
5. Корначев А.С. Особенности эпидемического процесса туберкулеза в Уральском федеральном округе: характеристика угроз территориального и внутрибольничного распространения и меры их минимизации «Издательство Тюменского государственного университета» 2005. С.99-122
6. Мордовской Г.Г., Зуева М.Н., Способ выделения микобактерий с поверхности, Патент РФ № 2180690 от 13.05.1999 г.