

© ЕРЕМЕЕВА Н.И., ТРУХИНА Г.М., 2025

Читать онлайн  
Read online

Еремеева Н.И.<sup>1,2,3</sup>, Трухина Г.М.<sup>1</sup>

# Эффективность методов контроля объектов внешней среды медицинских организаций в отношении возбудителя туберкулёза. Часть 1. Способы отбора и пробоподготовки

<sup>1</sup>ФБУН «Федеральный научный центр гигиены имени Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия;

<sup>2</sup>ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр фтизиопульмонологии и инфекционных заболеваний» Минздрава России, 620039, Екатеринбург, Россия;

<sup>3</sup>ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, 125993, Москва, Россия

## РЕЗЮМЕ

**Введение.** Повышение эффективности способа отбора проб с объектов внешней среды и пробоподготовки для первичного посева материала на микобактерии туберкулёза в ходе санитарно-бактериологического контроля является актуальным направлением совершенствования неспецифической профилактики туберкулёза.

**Материалы и методы.** Исследования ( $n = 2500$ ) включали: приготовление суспензии *M. tuberculosis* H<sub>37</sub>Rv; подготовку и контаминацию тест-объектов (кафель, стекло, металл, пластик, лакокрасочное покрытие); подбор инструмента для отбора проб (мелкопористый поролон, ватный тампон, зонд-тампон универсальный), смывной жидкости (бульон по Ди-Ингли, 5%-й раствор Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, 0,85%-й раствор NaCl), деконтаминацию раствора (10%-й раствор Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, NALC-NaOH); сравнительную оценку известного способа (№ 1) (приложение № 11 приказа Минздрава России № 109 от 21.03.2003 г.) и модифицированного способа (№ 2).

**Результаты.** Эффективность способа № 2 за счёт использования зонд-тампона универсального, бульона по Ди-Ингли, NALC-NaOH значительно ( $p\text{-value} < 0,001$ ) превышает эффективность способа № 1 (мелкопористый поролон, 5%-й и 10%-й растворы Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) в 48 раз при концентрации Mtb в смывной жидкости 10<sup>3</sup> КОЕ/мл, в 22,3 раза – при концентрации 10<sup>4</sup> КОЕ/мл, в 8 раз – при 10<sup>5</sup> КОЕ/мл и в 4,6 раза – при 10<sup>6</sup> КОЕ/мл.

**Ограничения исследования.** Разработанный способ позволяет получить рост КОЕ Mtb на среде Левенштейна – Йенсена при концентрации Mtb в смывной жидкости от 10<sup>3</sup> КОЕ/мл.

**Заключение.** Показана высокая эффективность разработанного способа выделения Mtb с объектов внешней среды, превышающего в 48 раз по уровню высеваемости Mtb результаты, полученные стандартным способом в ходе санитарно-бактериологического контроля. Одновременно снижены трудозатраты, сокращено время на выполнение исследований. Стандартизирована методика в части исключения ручной подготовки инструмента, применения бульона по Ди-Ингли, положительно влияющего на жизнеспособность Mtb; сокращение времени деконтаминации с 18–24 ч до 40–45 мин. Полученные результаты позволяют рассматривать представленный способ как перспективный для включения в перечень методов санитарно-бактериологического контроля *M. tuberculosis*.

**Ключевые слова:** микобактерии туберкулёза; туберкулёз; санитарно-противоэпидемические мероприятия; методы контроля; санитарно-бактериологические методы исследования

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

**Для цитирования:** Еремеева Н.И., Трухина Г.М. Эффективность методов контроля объектов внешней среды медицинских организаций в отношении возбудителя туберкулёза. Часть 1. Способы отбора и пробоподготовки. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(9): 1104–1110. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-9-1104-1110> <https://elibrary.ru/pgcose>

**Для корреспонденции:** Еремеева Наталья Ивановна, e-mail: [eremeevani@yandex.ru](mailto:eremeevani@yandex.ru)

**Участие авторов:** Еремеева Н.И. – концепция и дизайн исследования, сбор материала и обработка данных, написание текста, редактирование окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей; Трухина Г.М. – концепция и дизайн исследования, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи.

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**Финансирование.** Исследование выполнено в рамках научно-исследовательских работ: № НИОКР 121022600261–1 «Биологические свойства клинических изолятов *Mycobacterium tuberculosis*, устойчивых к действию антибактериальных и биоцидных препаратов»; № НИОКР 1023032900360–9–1.6.2 «Разработка новых методологий оценки эффективности применения физических, химических и комбинированных методов дезинфекции и стерилизации».

Поступила: 20.04.2025 / Поступила после доработки: 06.07.2025 / Принята к печати: 19.09.2025 / Опубликована: 20.10.2025

Natalya I. Eremeeva<sup>1,2,3</sup>, Galina M. Trukhina<sup>1</sup>

# Effectiveness of methods of control for external environment objects of health care institutions in relation to the causative agent of tuberculosis. Part 1 – The methods for detecting (isolating) and preparation.

<sup>1</sup>Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erisman, Mytishchi, 141014, Russian Federation;

<sup>2</sup>National Medical Research Center of Tuberculosis and Infectious Diseases, Yekaterinburg, 620039, Russian Federation;

<sup>3</sup>Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, 125993, Russian Federation

## ABSTRACT

**Introduction.** Improving the efficiency of the method of washouts from environmental objects and sample preparation for the primary seeding of material for *Mycobacterium tuberculosis* (*Mtb*) during sanitary and bacteriological control is an urgent area of improvement of nonspecific tuberculosis prevention.

**Materials and Methods.** The studies ( $n=2500$ ) included: suspension preparation *Mtb* H37Rv; preparation and contamination of test-objects (tile, glass, metal, plastic, painted surface); selection of tools for washouts (fine-pore foam, cotton swab, universal tampon probe), solution for washout (Dey-Engley broth, 5.0%  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , 0.9%  $\text{NaCl}$ ), solution for decontamination (10.0%  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , NALC-NaOH); comparative of the efficacy of two methods for the isolation of *Mtb* (known method No. 1 and modified method No.2).

**Results.** The efficiency of the method No. 2 (due to the use of: universal tampon probe; Dey-Engley broth; NALC-NaOH) significantly ( $p$ -value  $<0.001$ ) exceeds the efficiency of method No. 1 (fine-pore foam, 5.0% and 10.0%  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  solutions) by 48.0 times at the concentration of *Mtb* in the solution of washout at  $10^3 \text{ CFU/mL}$ , by 22.3 times – at the concentration of  $10^4 \text{ CFU/mL}$ , by 8.0 times – at  $10^5 \text{ CFU/mL}$  and by 4.6 times – at  $10^6 \text{ CFU/mL}$ .

**Limitation.** The modified method allows obtaining growth of *CFU* of *Mtb* on Levenshtein-Jensen at the concentration of *Mtb* in the solution of washout at  $10^3 \text{ CFU/mL}$ .

**Conclusions.** High efficiency of the developed method of *Mtb* isolation from the objects of external environment (exceeding by 48 times the results obtained by the standard method) during sanitary and bacteriological control, reduction both of labor costs and the of time for research, standardization of the method in terms of exclusion of tools prepared by "manual" method; use of Dey-Engley broth, positively affecting the viability of *Mtb*; reduction of decontamination time from 18–24 hours to 40–45 min – allow considering the presented method as a promising one for inclusion in the list of methods of sanitary and bacteriological control in relation to *Mtb*.

**Keywords:** *Mycobacterium tuberculosis*; tuberculosis; sanitary and anti-epidemic measures; control methods; sanitary and bacteriologic methods of research

**Compliance with ethical standards.** The study did not require ethical committee approval (no studies using animals or involving humans).

**For citation:** Eremeeva N.I., Trukhina G.M. Effectiveness of methods of control for external environment objects of health care institutions in relation to the causative agent of tuberculosis. Part 1 – The methods for detecting (isolating) and preparation. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(9): 1104–1110. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-9-1104-1110> <https://elibrary.ru/pgcose> (In Russ.)

**For correspondence:** Natalya I. Eremeeva, e-mail: eremeevani@yandex.ru

**Contribution:** Eremeeva N.I. – concept and design of the study, collection of material and data processing, writing, editing, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article; Trukhina G.M. – research concept and design, text writing, editing, and approval of the final version of the article. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Funding.** The study was carried out within the framework of research works: No. NIOCTR 121022600261-1 "Biological properties of clinical isolates of *Mycobacterium tuberculosis* resistant to antibacterial and biocidal drugs"; No. NIOCTR 1023032900360-9-1.6.2 "Development of new methodologies for assessing the effectiveness of physical, chemical and combined methods of disinfection and sterilization".

Received: April 20, 2025 / Revised: July 6, 2025 / Accepted: September 19, 2025 / Published: October 20, 2025

## Введение

Актуальность туберкулёза (ТБ) для общества и системы здравоохранения обусловлена высокими показателями заболеваемости и смертности, которые в 2023 г. в Российской Федерации составили 29,6 и 3,5 случая на 100 000 населения соответственно [1]. Несмотря на достигнутый исторический минимум регистрации случаев, остаётся серьёзной проблемой рост множественной лекарственной устойчивости (МЛУ) возбудителя. Доля больных ТБ с МЛУ в Российской Федерации из числа больных туберкулёзом органов дыхания с бактериовыделением в 2023 г. составила 56,8% [1]. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, по числу случаев ТБ с МЛУ Российская Федерация занимает второе место среди всех стран мира после Индии: 19 894 и 65 000 случаев соответственно [2]. В структуре профессиональной патологии, обусловленной влиянием биологического фактора, доля ТБ в 2023 г. в Российской Федерации составила 18,51%, уступив первое место лишь новой коронавирусной инфекции (70,15%) [3].

Распространению инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи (ИСМП), эффективно противостоят санитарно-противоэпидемические мероприятия [4–9], контроль которых также является важной составляющей

в комплексе неспецифической профилактики туберкулёза<sup>1</sup>. В настоящее время в практике медицинских организаций (МО) фтизиатрического профиля производственный контроль в отношении возбудителя туберкулёза проводится в ограниченном объёме. К основным причинам относят отсутствие в действующих методических документах<sup>2,3</sup> простых в исполнении, быстрых и чувствительных методов

<sup>1</sup> СанПиН 3.3686–21 «Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней», утверждённых постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 г. № 4 (зарегистрировано в Министерстве России 15.02.2021 г., регистрационный № 62500), с изменениями, внесёнными постановлением 27 Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 11.02.2022 г. № 5 (зарегистрировано Министерством России 01.03.2022 г., регистрационный № 67587); от 25.05.2022 г. № 16 (зарегистрировано Министерством России 21.06.2022 г., регистрационный № 68934) (далее – СанПиН 3.3686–21).

<sup>2</sup> Приложение № 11 приказа Минздрава России № 109 от 21.03.2003 г. «О совершенствовании противотуберкулёзных мероприятий в Российской Федерации».

<sup>3</sup> МУК 4.2.2942–11 «Методы санитарно-бактериологических исследований объектов окружающей среды, воздуха и контроля стерильности в лечебных организациях», утверждённые руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителям и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 15.07.2011 г.

детекции [10, 11]. Эффективность санитарно-противо-эпидемических мероприятий в отношении *Mycobacterium tuberculosis* (*Mtb*) зависит от многих факторов, в том числе от этапа отбора проб [12, 13].

В настоящее время в системе производственного контроля и микробиологического мониторинга за возбудителями ИСМП для отбора проб с поверхностей применяют современные транспортные системы промышленного производства (свабы, тупферы, зонд-тампоны в стерильных индивидуальных упаковках), что позволяет стандартизировать метод и снизить его трудоёмкость [14–17]. Для выявления *Mtb* описан способ<sup>2</sup> взятия смывов стерильным тампоном размером 15 мм<sup>3</sup> из мелкопористого поролона. Данный способ не является стандартизованным, не может обеспечить требуемого уровня воспроизводимости, поскольку не определены требования к плотности и размеру пор материала, способам и режимам стерилизации. Также необходимы дополнительные манипуляции со спиртовкой.

На воспроизводимость способа обора проб существенное влияние оказывает смывная жидкость, в качестве которой рекомендован 5%-й раствор трёхзамещённого фосфорнокислого натрия (5%-й раствор Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)<sup>2</sup>, однако данная натриевая соль ортофосфорной кислоты может оказывать губительное действие и на часть клеток микробной популяции *Mtb* [18, 19]. Дополнительно пробы, отобранные с помощью указанного раствора, перед посевом на питательные среды следует нейтрализовать<sup>2</sup>.

К факторам, дополнительно влияющим на эффективность детекции при выделении *Mtb* с поверхностей объектов, относят сроки инкубации и заселённость объектов сaproфитной микрофлорой. Эти факторы препятствуют росту *Mtb* на питательных средах. Перечисленное выше требует деконтаминации пробы перед посевом<sup>2</sup>. В качестве деконтаминирующего раствора рекомендован 10%-й раствор трёхзамещённого фосфорнокислого натрия (10%-й раствор Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), который, подавляя рост микроорганизмов немикобактериальной природы, может (как и 5%-й раствор) негативно влиять на *Mtb* [18, 19]. К недостаткам способа относят продолжительность процесса деконтаминации (18–20 ч при температуре плюс 37 °C), необходимость посева на плотные питательные среды (Левенштейна – Йенсена, Финн-II и др.), что удлиняет сроки инкубации до 90 сут [20].

В международной практике для культивирования мицобактерий широко применяют жидкие питательные среды, преимущественно на основе бульона Миддлброка 7Н9, в том числе с использованием автоматизированной системы BACTEC. Срок появления роста *Mtb* в этом случае составляет от 5 до 42 сут соответственно. Для предпосевной обработки рекомендовано использовать раствор N-ацетил-L-цистеина и гидрооксида натрия (NALC-NaOH) как промышленного производства, так и приготовленного в условиях лаборатории. При этом муколитический препарат NALC, используемый для быстрого разжижения мокроты, позволяет ускорить процесс деконтаминации и снизить концентрацию деконтаминирующего вещества (NaOH) до 1%, что существенно снижает его негативное воздействие на *Mtb* при одновременной инактивации микроорганизмов немикобактериальной природы. Время обработки составляет не более 40–45 мин [19, 20].

В связи с перечисленным выше цель исследования заключалась в повышении эффективности способа отбора проб с объектов внешней среды, способа пробоподготовки и метода первичного посева материала на *Mycobacterium tuberculosis* в ходе санитарно-бактериологического контроля.

## Материалы и методы

Исследования (*n* = 2500) проведены в период с 2012 по 2023 г. в Уральском научно-исследовательском институте фтизиопульмонологии – филиале ФГБУ «НИИЦ ФПИ» Минздрава России (УНИИФ) и в период с 2023 по 2024 г. – в Институте дезинфектологии ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрис-

мана» Роспотребнадзора (в части подтверждения и статистической обработки результатов исследований).

Дизайн исследования включал последовательное выполнение следующих этапов: приготовление суспензии тест-штамма *M. tuberculosis* H<sub>37</sub>Rv TMC#102 (*Mtb* H<sub>37</sub>Rv); подготовка тест-объектов и их контаминация *Mtb* H<sub>37</sub>Rv; экспериментальный подбор инструмента для отбора проб; экспериментальный подбор смывной жидкости; подбор деконтаминирующего раствора; сравнительная оценка известного (№ 1) и модифицированного (№ 2) способов выделения *Mtb* с поверхностей объектов окружающей среды (ООС).

**Приготовление тест-штамма.** В качестве тест-штамма использовали вирулентную музейную культуру *M. tuberculosis* H<sub>37</sub>Rv TMC#102. Перед началом каждого эксперимента проводили бактериологический контроль фактического количества живых клеток в приготовленной суспензии. Путём приготовления исходной суспензии из свежей культуры (не старше 1 мес), выросшей на питательной среде Левенштейна – Йенсена [18], готовили серию десятикратных разведений от 1 · 10<sup>0</sup> до 10<sup>1</sup> КОЕ/мл и проводили посев по 0,1 мл поверхностью способом в 5 пробирок со средой Левенштейна – Йенсена с последующей инкубацией в термостате при температуре плюс 37 ± 1 °C в течение 10–21 сут, после чего подсчитывали количество выросших колоний на склошеннной поверхности питательной среды и производили пересчёт на количество жизнеспособных клеток<sup>4</sup>.

**Тест-поверхности и их контаминация МБТ.** Поверхности в помещениях медицинских организаций представлены различными видами материалов (кафель, стекло, пластик и пр.), которые предполагают устойчивость к воздействию моющих и дезинфицирующих средств<sup>5</sup>. Нами были выбраны наиболее широко используемые в МО поверхности: кафель<sup>6</sup>; стекло<sup>7</sup>; металл<sup>8</sup>; пластик<sup>9</sup>; металл с лакокрасочным покрытием<sup>10</sup>. Согласно приложению № 11 к приказу Минздрава России № 109 от 21.03.2003 г.<sup>2</sup>, тест-объекты из материалов поверхностей площадью не менее 100 см<sup>2</sup> перед началом эксперимента помещали в ёмкость с моющим раствором, промывали под проточной водой, ополаскивали дистиллированной водой, высушивали, упаковывали и стерилизовали паром под давлением при температуре плюс 132 °C (2 кгс/см<sup>2</sup>) в течение 20 мин<sup>11</sup>.

Подготовленные к эксперименту поверхности располагали горизонтально в боксе микробиологической безопасности

<sup>4</sup> МУ 3.5.2596–10 Методы изучения и оценки туберкулоидной активности дезинфицирующих средств: Методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. 54 с. Утверждены и введены в действие Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации, руководителем Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека Г.Г. Онищенко 20.03.10 г.

<sup>5</sup> СП 2.1.3678–20 «Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг», утверждённых постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 24.12.2020 г. № 44 (зарегистрировано Министром России 30.12.2020 г., регистрационный № 61953), с изменением, внесённым постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 14.04.2022 г. № 12 (зарегистрировано Министром России 15.04.2023 г., регистрационный № 68213).

<sup>6</sup> ГОСТ 6141–91 Группа Ж16. Межгосударственный стандарт. Плитки керамические глазурованные для внутренней облицовки стен. ОКП 57 5210. Дата введения: 01 июля 1991 г.

<sup>7</sup> ГОСТ 111–2014 (ЕН 572–8;2012, NEQ). Межгосударственный стандарт. Стекло листовое бесцветное. Дата введения: 01 апреля 2016 г.

<sup>8</sup> ГОСТ 5632–2014 Межгосударственный стандарт. Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Дата введения: 01 января 2015 г.

<sup>9</sup> ГОСТ Р 50962–96 Посуда и изделия хозяйственного назначения из пластмасс. Дата введения: 25 сентября 1996 г.

<sup>10</sup> ГОСТ 23852–79 Межгосударственный стандарт. Покрытия лакокрасочные. Дата введения: 01 января 1981 г.

<sup>11</sup> Руководство Р 4.2.3676–20. Методы лабораторных исследований и испытаний дезинфекционных средств для оценки их эффективности и безопасности. М., 2020. 490 с.

ПА 2-го класса защиты, наносили по 1 мл микробной суспензии на площадь 100 см<sup>2</sup>, равномерно распределяли по поверхности, стремясь в условиях одного эксперимента для одного материала достичь концентрации микробных клеток на 1 см<sup>2</sup> поверхности от  $1 \cdot 10^1$  до  $1 \cdot 10^7$ . Известно, что инфицирующая доза *Mtb*, способная вызывать заболевание туберкулёзом, составляет от 1 до 10 клеток *Mtb* [21]. Поверхности тест-объектов полностью высушивали при комнатной температуре (плюс 18–20 °C), после чего с них отбирали пробы методом смывов. Для каждого разведения использовали три поверхности каждого вида материала, каждый эксперимент проводён в трёх повторностях.

#### **Инструменты.** В исследовании использованы:

- мелкопористый поролон (инструмент № 1) стандартной марки ST2236 плотностью  $22 \pm 0,5$  кг/м<sup>2</sup> (ГОСТ 409–77<sup>12</sup>; ГОСТ 29088–91<sup>13</sup>; ГОСТ 29089–91<sup>14</sup>), который предварительно нарезали на кубики размером 15 × 15 × 15 мм, раскладывали в многоразовые чашки Петри, упаковывали и стерилизовали паром под давлением при температуре плюс 132 °C (2 кгс/см<sup>2</sup>) в течение 20 мин;
- ватный тампон (инструмент № 2) – промышленно изготовленный инструмент в одноразовой стерильной индивидуальной упаковке, представляющий собой деревянную палочку длиной 150 мм с намотанной хлопковой ватой (диаметр 5 мм);
- зонд-тампон универсальный тип А (инструмент № 3) – промышленно изготовленный инструмент длиной  $175 \pm 2$  мм в одноразовой стерильной индивидуальной упаковке, состоящий из полистироловой ручки и рабочей части длиной 22 мм и диаметром 3 мм, на которую равномерно нанесены ворсинки микроцеллюлозы.

Отбор проб с помощью инструмента № 1 осуществляли по методике из приложения № 11 к приказу Минздрава России № 109 от 21.03.2003 г.<sup>2</sup>. При использовании инструментов № 2 и 3 предварительно смачивали в смывных жидкостях рабочие части, опуская их в жидкость непосредственно перед взятием проб, затем рабочую поверхность плотно прикладывали к тестируемой поверхности и вращательными движениями протирали по направлениям сверху вниз и справа налево. Площадь обработки в каждом случае составляла 100 см<sup>2</sup>.

**Смывная жидкость.** В исследовании использовали в качестве смывной жидкости № 1 нейтрализующий бульон по Ди-Ингли (Dey-Engley Neutralizing Broth), применяемый для нейтрализации большинства действующих веществ ДС<sup>6</sup>. Доказано, что часть питательных веществ, входящих в состав указанной среды (пептон, экстракт дрожжей, декстроза), оказывает дополнительное положительное влияние на восстановление биологических свойств микроорганизмов (в том числе *Mtb*) после воздействия химических веществ [22–24]. В качестве смывной жидкости № 2 использовали 5%-й раствор Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, рекомендованный действующим нормативным документом<sup>2</sup>. В роли смывной жидкости № 3 (контроль) выступал 0,85%-й физиологический раствор (0,85%-й раствор NaCl) [25]. Стерильные растворы смывных жидкостей разливали по 2,5 мл в стерильные пластиковые градуированные пробирки типа Фалькон объёмом 50 мл для исключения этапа переливания отобранный смывной жидкости при деконтаминации.

**Деконтаминирующие растворы.** В исследовании использовали деконтаминирующий раствор № 1 – 10%-й раствор Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> и деконтаминирующий раствор № 2 – приготовлен-

<sup>12</sup> ГОСТ 409–77 Группа Л29. Межгосударственный стандарт. Пластмассы ячеистые и резины губчатые. Метод определения кажущейся плотности. ОКСТУ 2209. Дата введения: 01.07.1978 г.

<sup>13</sup> ГОСТ 29088–91 Группа Л69. Межгосударственный стандарт. Материалы полимерные ячеистые эластичные. Определение условной прочности и относительного удлинения при разрыве. ОКСТУ 2209. Дата введения: 01.01.1993 г.

<sup>14</sup> ГОСТ 29089–91 (ИСО 1856–80). Группа Л29. Межгосударственный стандарт. Материалы полимерные ячеистые эластичные. Определение остаточной деформации сжатия. ОКСТУ 2209. Дата введения: 01.01.1993 г.

ный в условиях лаборатории раствор NALC-NaOH. Приготовление растворов № 1, 2 и деконтаминацию с их использованием проводили по методике, изложенной в приложении № 11 к приказу Минздрава России № 109 от 21.03.2003 г.<sup>2</sup> и в [18]. Также в ход исследования включили метод без деконтаминации. Пробы засевали по 0,5 мл на поверхность плотной питательной среды Левенштейна – Йенсена производства Himedia Laboratories (Индия) или Becton Dickinson (США).

**Статистическая обработка результатов.** Для анализа данных выбран метод множественной линейной регрессии, позволяющий оценить воздействие комплекса факторов (инструмент отбора проб, смывная жидкость, деконтаминирующий раствор, вид материала обрабатываемой поверхности) на значение зависимой переменной (КОЕ *Mtb*). Коэффициенты в регрессионной модели рассчитаны с помощью метода наименьших квадратов. Доверительные интервалы 95% и значения *p*-value определены с применением метода аппроксимации *t*-распределения Вальда. Чтобы получить *p*-значение общего эффекта каждой категориальной переменной, проведён дисперсионный анализ ANOVA. Регрессионная модель для многофакторного анализа данных была построена с помощью функционала программы RStudio (библиотека функций stats). Нормальность распределения в каждой статистической группе оценивали с помощью теста Шапиро – Уилка. При сравнении количества КОЕ *Mtb*, определённого известным и разработанным способами, использовали критерий Краскела – Уоллиса, основываясь на ненормальном распределении значений в сравниваемых выборках. При значении не менее *p* < 0,05 различия между выборками считали статистически значимыми.

## **Результаты**

Для выбора оптимального способа отбора проб с поверхностей объектов методом смывов и деконтаминации смывной жидкости для выявления *Mtb* исследованы комбинации инструментов (№ 1 – мелкопористый поролон; № 2 – ватный тампон; № 3 – зонд-тампон универсальный) с использованием трёх смывных жидкостей (№ 1 – нейтрализующий бульон по Ди-Ингли; № 2 – 5%-й раствор Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>; № 3 – 0,85%-й раствор NaCl в качестве контроля) в трёх вариантах предпосевной обработки (№ 1 – 10%-й раствор Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>; № 2 – NALC-NaOH, физраствор без деконтаминации) (рис. 1, см. на вклейке) в трёх повторностях.

Дисперсионный анализ ANOVA позволил установить, что зонд-тампон универсальный (инструмент № 3) адсорбировал достоверно больше КОЕ *Mtb* (27 [Q<sub>1</sub>: 10; Q<sub>3</sub>: 58], *p* < 0,001) с поверхностей и достоверно больше отдавал их в раствор ( *p* < 0,001) по сравнению с мелкопористым поролоном (инструмент № 1) (21 [Q<sub>1</sub>: 7; Q<sub>3</sub>: 56], *p* < 0,001) и ватным тампоном (инструмент № 2) 19 [Q<sub>1</sub>: 7; Q<sub>3</sub>: 50], *p* < 0,001. При использовании в качестве смывной жидкости нейтрализующего бульона по Ди-Ингли с поверхностей исследуемых объектов выделено достоверно большее количество КОЕ *Mtb* (42,5 [Q<sub>1</sub>: 15; Q<sub>3</sub>: 69], *p* < 0,001) по сравнению с пробами, отобранными с помощью 5%-го раствора Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (42,5 [Q<sub>1</sub>: 9; Q<sub>3</sub>: 19], *p* < 0,001) и 0,85%-го раствора NaCl (39 [Q<sub>1</sub>: 14; Q<sub>3</sub>: 67], *p* < 0,001). В посевах проб смывов без деконтаминации (*n* = 405) наблюдалось значимо большее (*p* < 0,001) количество КОЕ/мл *Mtb* ( $10^2$  – 0,1 [Q<sub>1</sub>: 0; Q<sub>3</sub>: 0,1];  $10^3$  – 61 [Q<sub>1</sub>: 41; Q<sub>3</sub>: 80];  $10^4$  – 78 [Q<sub>1</sub>: 59; Q<sub>3</sub>: 91];  $10^5$  – 97 [Q<sub>1</sub>: 88; Q<sub>3</sub>: 100];  $10^6$  – 100 [Q<sub>1</sub>: 99; Q<sub>3</sub>: 100]) по сравнению с посевами после деконтаминации с использованием 10%-го раствора Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ( $10^3$  – 5 [Q<sub>1</sub>: 1; Q<sub>3</sub>: 19];  $10^4$  – 9 [Q<sub>1</sub>: 3; Q<sub>3</sub>: 22];  $10^5$  – 18 [Q<sub>1</sub>: 10; Q<sub>3</sub>: 30];  $10^6$  – 23 [Q<sub>1</sub>: 13; Q<sub>3</sub>: 39]) и NALC-NaOH ( $10^3$  – 25 [Q<sub>1</sub>: 4; Q<sub>3</sub>: 50];  $10^4$  – 41 [Q<sub>1</sub>: 9; Q<sub>3</sub>: 71];  $10^5$  – 55 [Q<sub>1</sub>: 20; Q<sub>3</sub>: 81];  $10^6$  – 69 [Q<sub>1</sub>: 40; Q<sub>3</sub>: 97]), что свидетельствует о негативном влиянии деконтаминации на жизнеспособность *Mtb*. При этом деконтаминация проб с использованием NALC-NaOH (*n* = 405) сохранила жизнеспособность в 3,7 раза большему количеству КОЕ *Mtb*

**Среднее и медианное значения количества *Mtb* в пересчёте на 1 мл смыча с поверхностей (КОЕ/мл) при посеве проб смычов, полученных с помощью разных способов**

Mean and median values of the number of *Mtb* per 1 mL of washout from surfaces (CFU/mL) grown in the cultures of washout samples obtained with

Степень разведения Degree of dilution <i>n</i> = 45*	Способ № 1 / Method No. 1						Способ № 2 / Method No. 2					
	<i>M</i> ± <i>σ</i>	<i>Me</i>	<i>Q</i> <sub>1</sub>	<i>Q</i> <sub>3</sub>	IQR	<i>p</i> (Шапиро – Уилк) Shapiro – Wilk)	<i>M</i> ± <i>σ</i>	<i>Me</i>	<i>Q</i> <sub>1</sub>	<i>Q</i> <sub>3</sub>	IQR	<i>p</i> (Шапиро – Уилк) Shapiro – Wilk)
10 <sup>3</sup>	1.78 ± 2.26	1	0	3	3	1.2171E–06	44.82 ± 21.22	48	35	64	29	0.0063
10 <sup>4</sup>	4.82 ± 4.49	3	1	9	8	4.0003E–05	59.91 ± 24.27	67	49	79	30	0.0001
10 <sup>5</sup>	10.07 ± 6.62	9	5	16	11	0.005997	72.93 ± 23.25	80	67	89	22	5.3089E–05
10 <sup>6</sup>	18.36 ± 12.13	18	9	29	20	0.018896	84.27 ± 21.24	95	75	99	24	3.5507E–07

При мечани е. \* Степень разведения (*n* = 45), отражающая количество КОЕ *Mtb* в 1 мл пробы смыча, количество повторностей указано для каждого разведения; *M* ± *σ* – среднее значение и стандартное отклонение; *Me* – медиана; *Q*<sub>1</sub> – нижний quartиль; *Q*<sub>3</sub> – верхний quartиль; IQR – интерквартильный размах.

Note: \* Degree of dilution (*n* = 45) – reflecting the number of CFU of *Mtb* in 1 mL of washout samples, number of repetitions indicated for each dilution; *M* ± *σ* – represents the mean value and represents standard deviation; *Me* – median; *Q*<sub>1</sub> – lower quartile; *Q*<sub>3</sub> – upper quartile; IQR – interquartile range.

(48 [*Q*<sub>1</sub>: 15; *Q*<sub>3</sub>: 78], *p* < 0,001) по сравнению с 10%-м раствором Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (*n* = 405) (13 [*Q*<sub>1</sub>: 5; *Q*<sub>3</sub>: 29], *p* < 0,001).

Для оценки эффективности комбинации инструмента для отбора проб, смычной жидкости и способа деконтаминации построена регрессионная модель. При выборе модели, наиболее полно и точно описывающей данные, в качестве контрольных (базовых) рассматривались различные комбинации инструмента для отбора проб (№ 1, 2, 3), смычной жидкости (№ 1, 2, 3), раствора для деконтаминации (№ 1, 2) и материала поверхности (№ 1–5) (см. рис. 1), то есть применялся метод подбора. Критерием выбора служил коэффициент детерминации *R*<sup>2</sup>, который описывает качество модели. В идеальной модели данный коэффициент равен 1.

Модель (количество КОЕ *Mtb*, полученное при следующей комбинации: инструмент № 1 (мелкопористый поролон), смычная жидкость № 1 (бульон по Ди-Ингли), раствор для деконтаминации № 1 (10%-й раствор Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), материал № 1 (кафель) и соответствующее 24,84 КОЕ (95% ДИ [22,87–26,8]; *p* < 0,001), использованная в итоговом анализе и представленная в результатах, имела наиболее близкий к единице коэффициент детерминации (*R*<sup>2</sup> = 0,64) по сравнению с моделями, построенными на основе других контрольных значений.

Наименьшее количество КОЕ *Mtb* (значение *p* < 0,001) на 30,93 КОЕ при прочих равных условиях определено при использовании смычной жидкости № 2 (5%-й раствор Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). При использовании деконтиаминающего раствора № 2 (NALC-NaOH) в сочетании с зонд-тампоном универсальным (инструмент № 3) как инструментом для отбора проб и нейтрализующим бульоном по Ди-Ингли (смычная жидкость № 1) в качестве смычной жидкости выделено наибольшее количество КОЕ *Mtb* на 27,67 КОЕ *Mtb* (*p* < 0,001).

Результаты проведённых исследований позволили определить, что наиболее эффективным способом выявления *Mtb* на поверхностях изучаемых объектов является сочетание при отборе проб зонд-тамpona универсального типа А, нейтрализующего бульона по Ди-Ингли в качестве смычной жидкости и деконтиаминающего раствора NALC-NaOH для предпосевной обработки проб. Затем была проведена оценка эффективности разработанного способа № 1 и способа, рекомендованного в действующих методических документах (способ № 2)<sup>2</sup> (см. таблицу).

Рост КОЕ *Mtb* на поверхности питательной среды Левенштейна – Йенсена (способы № 1, 2) наблюдали только в посевах с концентрацией *Mtb*, равной или превышающей 10<sup>3</sup> КОЕ/мл *Mtb*. При уровне контаминации более 10<sup>3</sup> КОЕ/мл количество КОЕ/мл *Mtb* соответствовало таково-

му при использовании способа № 1 – 1 [*Q*<sub>1</sub>: 0; *Q*<sub>3</sub>: 3] · 10<sup>3</sup> КОЕ, способа № 2 – 48 [*Q*<sub>1</sub>: 35; *Q*<sub>3</sub>: 64] · 10<sup>3</sup> КОЕ; при уровне 10<sup>4</sup> КОЕ/мл – 3 [*Q*<sub>1</sub>: 1; *Q*<sub>3</sub>: 9] · 10<sup>4</sup> КОЕ и 67 [*Q*<sub>1</sub>: 49; *Q*<sub>3</sub>: 79] · 10<sup>4</sup> КОЕ; при уровне 10<sup>5</sup> КОЕ/мл – 9 [*Q*<sub>1</sub>: 5; *Q*<sub>3</sub>: 16] · 10<sup>5</sup> КОЕ и 80 [*Q*<sub>1</sub>: 67; *Q*<sub>3</sub>: 89] · 10<sup>5</sup> КОЕ; при уровне 10<sup>6</sup> КОЕ/мл – 18 [*Q*<sub>1</sub>: 9; *Q*<sub>3</sub>: 29] · 10<sup>6</sup> КОЕ и 95 [*Q*<sub>1</sub>: 75; *Q*<sub>3</sub>: 99] · 10<sup>6</sup> КОЕ МБТ соответственно.

Таким образом, доказана эффективность способа № 2 (за счёт использования стандартизированного инструмента для отбора проб – зонд-тамpona универсального типа А; нейтрализующего бульона по Ди-Ингли, который не только поддерживает жизнеспособность *Mtb*, но и нейтрализует остаточные действия ДС, находящихся на поверхностях; NALC-NaOH, позволяющего ускорить процесс деконтиаминации и существенно снизить негативное воздействие на *Mtb* при одновременной инактивации микробов немикобактериальной природы), которая значительно (*p* < 0,001) превышала эффективность способа № 1 (в 48 раз) при концентрации *Mtb* в смычной жидкости 10<sup>3</sup> КОЕ/мл, в 22,3 раза – при концентрации 10<sup>4</sup> КОЕ/мл, в 8 раз – при 10<sup>5</sup> КОЕ/мл и в 4,6 раза – при 10<sup>6</sup> КОЕ/мл (рис. 2, см. на вклейке).

## Обсуждение

Предложен новый способ отбора проб методом смыча с поверхностей объектов внешней среды медицинских организаций, осуществляющих лечение пациентов с туберкулёзной инфекцией. Исследования позволили провести экспериментальный подбор инструмента для смычев – зонд-тамpona универсального, способствующего максимальной адсорбции клеток *Mtb* на поверхности с последующей их отдачей в раствор смычной жидкости. Применение данного инструмента позволяет стандартизовать этап отбора проб, так как инструмент является промышленно изготовленным со стандартными параметрами; сократить время и трудозатраты за счёт исключения необходимости изготовления и стерилизации в условиях лаборатории; обеспечить микробиологическую чистоту эксперимента, обусловленную наличием на рукоятке точки перелома для отсоединения рабочей части от рукоятки при погружении в пробирку, что предотвращает возможную контаминацию пробы микроорганизмами, находящимися на рукоятке, за которую берутся при отборе проб.

Смычная жидкость оказывает существенное влияние на эффективность способа отбора проб, которая зависит от таких характеристик, как наличие в составе пробы компонентов для нейтрализации широкого спектра химиче-

ских веществ, а также питательных веществ для поддержания жизнеспособности микроорганизмов, что не должно оказывать дополнительного губительного воздействия на микроорганизмы [22–24]. Результаты эксперимента продемонстрировали соответствие указанным характеристикам нейтрализующего бульона по Ди-Ингли, применение которого обеспечило большую эффективность ( $48 [Q_1: 15; Q_3: 78] \text{ КОЕ } Mtb, p < 0,001$ ) по сравнению с 5%-м раствором  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  ( $13 [Q_1: 5; Q_3: 29] \text{ КОЕ } Mtb, p < 0,001$ ).

Известно, что длительные сроки культивирования *Mtb* на питательных средах повышают риск загрязнения посевов проб быстрорастущими микроорганизмами немикобактериальной природы, которые могут находиться на поверхности объектов в момент отбора проб, поэтому проводят дополнительную процедуру – деконтаминацию. Такая обработка неизбежно вызывает снижение жизнеспособности самих *Mtb* [18, 19], следовательно, подбор раствора деконтаминацииющей жидкости является необходимым методическим приёмом для получения достоверных результатов. Важность и особенности этого этапа подробно изучены и представлены в ряде научных исследований [19, 20, 26–29], относящих метод с применением NALC-NaOH к наиболее приемлемым, что было подтверждено в нашей работе. Использование NALC-NaOH позволяет сократить время на этапе деконтаминации с 18–20 ч до 40–45 мин при использовании 10%-го раствора  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , производить посев не только на питательную среду на яичной основе, но и на жидкую среду Миддлброка 7Н9, следовательно, и сократить сроки инкубации с 10–90 до 4–42 сут.

## Заключение

Эффективным способом (забор материала, пробоподготовка первичным посевом на питательные среды) для выделения *Mtb* с объектов внешней среды, установленным в проведённом нами эксперименте с тест-штаммом *M. tuberculosis* H<sub>37</sub>Rv TMC#102 и тестируемыми поверхностями (кафель, стекло, металл, пластик, поверхность с лакокрасочным покрытием), является сочетание в качестве инструмента зонд-тампона универсального типа А и нейтрализующего агента бульона по Ди-Ингли как смывной жидкости, а в качестве раствора для деконтаминации – NALC-NaOH. Сравнительный анализ двух способов отбора проб с поверхностей для обнаружения *Mtb* (регламентированного и модифицированного) подтвердил высокую эффективность модифицированного способа за счёт увеличения с  $1 [Q_1: 0; Q_3: 3] \cdot 10^3$  до  $48 [Q_1: 35; Q_3: 64] \cdot 10^3 (p < 0,001)$  выделяемых КОЕ *Mtb*.

Стандартизация этапов, снижение трудозатрат, а также сокращение времени на выполнение исследований разработанным способом за счёт исключения этапа изготовления инструмента для отбора проб в условиях лаборатории, применения смывной жидкости, исключающей негативное влияние на жизнеспособность *Mtb*, сокращения времени деконтаминации пробы с 18–24 ч до 40–45 мин позволяют рассматривать его как перспективный способ для включения в перечень методов санитарно-бактериологического исследования внутрибольничной среды в отношении возбудителя туберкулёза.

## Литература

1. Васильева И.А., Стерликов С.А., Тестов В.В., Михайлова Ю.В., Голубев Н.А., Кучерявая Д.А. и др. *Ресурсы и деятельность противотуберкулёзных организаций Российской Федерации в 2022–2023 гг.* М.; 2024.
2. WHO. Global tuberculosis report; 2024. Доступно: <https://who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2024>
3. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2023 году». М.; 2024.
4. Захарова Ю.А. *Лабораторная диагностика инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи*. Екатеринбург: ИД ЮНИКА; 2021. <https://elibrary.ru/wlsskp>
5. Акимкин В.Г., Захарова Ю.А., Игонина Е.П., Болгарова Е.В. Нозокомиальные респираторные вирусные инфекции: современное состояние проблемы. *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2019; 96(5): 50–61. <https://doi.org/10.36233/0372-9311-2019-5-50-61> <https://elibrary.ru/akeima>
6. Акимкин В.Г., Алимова А.В., Захарова Ю.А., Болгарова Е.В., Питерский М.В., Сисин Е.И. Обзор актуальных вопросов диагностики и профилактики гемоконтактных нозокомиальных вирусных инфекций. *Вопросы вирусологии*. 2019; 64(6): 262–7. <https://doi.org/10.36233/0507-4088-2019-64-6-262-267> <https://elibrary.ru/gglwtm>
7. Захарова Ю.А., Фельдблом И.В. Сравнительная характеристика микрофлоры, выделенной из очагов гнойно-септических инфекций с множественными и единичными очагами. *Эпидемиология и инфекционные болезни*. 2009; (5): 16–21. <https://elibrary.ru/kywvcf>
8. Орлова О.А., Юмцунова Н.А., Семенченко Т.А., Карпов О.Э., Русакова Е.В., Зотова А.А. и др. Новые технологии в комплексе мероприятий по неспецифической профилактике инфекций, связанных с оказанием медицинской помощи. *Гигиена и санитария*. 2020; 99(10): 1055–60. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1055-1060> <https://elibrary.ru/djnrcs>
9. Голубкова А.А., Кутлаева Ю.Ю., Багин В.А. Специфическая и неспецифическая профилактика гнойно-септических инфекций и их место в мультидомашней системе контроля ИСМП в ОРИТ ожогового центра. *Медицинский алфавит*. 2020; (18): 33–7. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-18-33-37> <https://elibrary.ru/gruqeia>
10. Еремеева Н.И., Кравченко М.А., Вахрушева Д.В., Канищев В.В., Бобровская К.В., Умпелева Т.В. Оценка контаминации внешней среды противотуберкулезного стационара как компонент системы инфекционного контроля. *Медицинский альянс*. 2013; (4): 41–52. <https://elibrary.ru/snidl>
11. Миляникова Е.Б., Сагиева Н.Р., Журавлев В.Ю., Яблонский П.К. Нозокомиальная туберкулезная инфекция – обоснование концепции эпидемиологической диагностики. *Медицинский альянс*. 2014; (1): 6–18. <https://elibrary.ru/tonetp>
12. Maes S., Huu S.N., Heydrickx M., Weyenberg S.V., Steenackers H., Verplaetse A., et al. Evaluation of two surface sampling methods for microbiological and chemical analyses to assess the presence of biofilms in food companies. *J. Food Prot.* 2017; 80(12): 2022–8. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-210>
13. Ahnrud G.P., Mendoza A.J., Hurley M.J., Marek P.J. Efficacy of a sonicating swab for removal and capture of microorganisms from experimental and natural contaminated surfaces. *Appl. Environ. Microbiol.* 2018; 84(9): e00208–18. <https://doi.org/10.1128/AEM.00208-18>
14. Moore G., Griffith C. Problems associated with traditional hygiene swabbing: the need for in-house standardization. *J. Appl. Microbiol.* 2007; 103(4): 1090–103. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03330.x>
15. Zhang Y., Gao Z., He L. Integration of surface swab with optical microscopy for detection and quantification of bacterial cells from stainless-steel surfaces. *Lett. Appl. Microbiol.* 2024; 77(10): ovae089. <https://doi.org/10.1093/lambio/ovae089>
16. Goverde M., Willrodt J., Staerk A. Evaluation of the recovery rate of different swabs for microbial environmental monitoring. *PDA J. Pharm. Sci. Technol.* 2017; 71(1): 33–42. <https://doi.org/10.5731/pdajst.2016.006783>
17. Смирнова С.С., Жуков Н.Н., Егоров И.А., Пушкирева Н.А., Семенов А.В. Сравнительный анализ методов отбора проб смывов с объектов внешней среды для оценки вирусно-бактериальной контаминации. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНИСО*. 2023; 31(4): 77–84. <https://doi.org/10.3562/2219-5238/2023-31-4-77-84> <https://elibrary.ru/yovvay>
18. Голышевская В.И., Шульгина М.В., Севастьянова Э.В., Акимкин В.Г., Ванина Г.М., Вахрушева Д.В. и др. *Культуральные методы диагностики туберкулеза*. Тверь: Триада; 2008. <https://elibrary.ru/tametf>
19. Севастьянова Э.В., Ларионова Е.Е., Андреевская И.Ю., Смирнова Т.Г. Культуральный метод исследования микробактерий. Деконтаминация образцов диагностического материала. *Вестник Центрального научно-исследовательского института туберкулеза*. 2020; (2): 89–99. <https://doi.org/10.7868/S2587667820020119> <https://elibrary.ru/bsjpru>
20. Севастьянова Э.В., Смирнова Т.Г., Ларионова Е.Е., Чернуусова Л.Н. Культуральный метод исследования микробактерий. Жидкие питательные среды и автоматизированные системы. *Вестник Центрального научно-исследовательского института туберкулеза*. 2020; (4): 88–95. <https://doi.org/10.7868/S258766782004010X> <https://elibrary.ru/ritywd>
21. Федорова Л.С., Юзбашев В.Г., Попов С.А., Пузанов В.А., Севастьянова Э.В., Акимкин В.Г. и др. *Система инфекционного контроля в противотуберкулезных учреждениях*. Тверь: Триада; 2013. <https://elibrary.ru/tamerr>
22. Dey B.P., Engley F.B. Jr. Comparison of Dey and Engley (D/E) neutralizing medium to Lethem medium and standard methods medium for recovery of *Staphylococcus aureus* from sanitized surfaces. *J. Ind. Microbiol.* 1995; 14(1): 21–5. <https://doi.org/10.1007/BF01570061>
23. Li F., Xian Z., Kwon H.J., Yoo J., Burall L., Chirtel S.J., et al. Comparison of three neutralizing broths for environmental sampling of low levels of *Listeria monocytogenes* desiccated on stainless steel surfaces and exposed to quaternary ammonium compounds. *BMC Microbiol.* 2020; 20(1): 333. <https://doi.org/10.1186/s12866-020-02004-1>
24. Mohammad Z.H., Hasan A.A., Kerth C.R., Riley D.G., Taylor T.M. Increased effectiveness of microbiological verification by concentration-dependent neutralization of sanitizers used in poultry slaughter and

- fabrication allowing *Salmonella enterica* survival. *Foods.* 2018; 7(3): 32. <https://doi.org/10.3390/foods7030032>
25. Infante V.V., Cano A.M., Medina Valdovinos H., Macías A.E., Alvarez J.A. Saline solution as culture media from a viewpoint of nosocomial bacteremia. *Rev. Invest. Clin.* 2012; 64(2): 120–5. (in Spanish)
  26. Лямин А.В., Исламтуллин Д.Д., Жестков А.В., Ковалёв А.М., Персианцева Т.П., Давыдова Д.Т. и др. Контаминирующая микрофлора при обследовании на туберкулез: сапрофиты или потенциальные патогены? *Иммунология, аллергология, инфектология.* 2019; (3): 63–70. <https://doi.org/10.14427/jipai.2019.3.63> <https://elibrary.ru/elzpvw>
  27. Лямин А.В. Контаминирующая микрофлора при обследовании на туберкулез: зависимость от питательных сред для первичного посева. *Astrakhanskii meditsinskii zhurnal.* 2019; 14(4): 29–36. <https://elibrary.ru/lujybm>
  28. Linguissi L.S.G., Foto B.T., Andoseh G., Assiana D.E., Ntoumi F. Decontamination of sputum in the context of implementation of mycobacterial culture in the Republic of Congo. *J. Bacteriol. Mycol.* 2020; 7(6): 1146.21.
  29. Le Quang N., Dang Anh Thu D., Pham Tien Trieu L., Hong Hanh N., Huu Lan N., Thi Minh Ha D., et al. A modified decontamination and storage method for sputum from patients with tuberculosis. *Wellcome Open Res.* 2025; 8: 166. <https://doi.org/10.12688/wellcomeopenres.18888.3>

## References

1. Vasileva I.A., Sterlikov S.A., Testov V.V., Mikhailova Yu.V., Golubev N.A., Kucheryavaya D.A., et al. *Resources and Activities of TB Organisations in the Russian Federation in 2022–2023 [Resursy i deyatel'nost' protivotuberkuleznykh organizatsii Rossiiskoi Federatsii v 2022–2023 gg].* Moscow; 2024. (in Russian)
2. WHO. Global tuberculosis report; 2024. Available at: <https://who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2024>
3. State Report «On the state of sanitary-epidemiological well-being of the population in the Russian Federation in 2023». Moscow; 2024. (in Russian)
4. Zakhарова Yu.A. *Laboratory Diagnosis of Healthcare-Associated Infections [Laboratoriya diagnostika infektsii, svyazannykh s okazaniem meditsinskoi pomoshchi].* Ekaterinburg: ID YUNIKA; 2021. <https://elibrary.ru/wlsskp> (in Russian)
5. Akimkin V.G., Zakhарова Yu.A., Igonina E.P., Bolgarova E.V. Nosocomial respiratory viral infections: state of the problems. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii.* 2019; 96(5): 50–61. <https://doi.org/10.36233/0372-9311-2019-5-50-61> <https://elibrary.ru/akeima> (in Russian)
6. Akimkin V.G., Alimov A.V., Zakhарова Yu.A., Bolgarova E.V., Piter斯基 M.V., Sisin E.I. Review of current issues of diagnosis and prevention of blood-borne nosocomial viral infections. *Voprosy virusologii.* 2019; 64(6): 262–7. <https://doi.org/10.36233/0507-4088-2019-64-6-262-267> <https://elibrary.ru/gglwtm> (in Russian)
7. Zakhарова Yu.A., Feldblyum I.V. Comparative characteristics of the microflora isolated from pyogetic infection foci with multiple and sporadic cases. *Epidemiologiya i infekcionskiye bolezni.* 2009; (5): 16–21. <https://elibrary.ru/kwvcf> (in Russian)
8. Orlova O.A., Yumtsunova N.A., Semenenko T.A., Karpov O.E., Rusakova E.V., Zotova A.A., et al. New technologies in complex of measures of nonspecific prophylaxis of healthcare-associated infection. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal).* 2020; 99(10): 1055–60. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2020-99-10-1055-1060> <https://elibrary.ru/djnepc> (in Russian)
9. Golubkova A.A., Kutlaeva Yu.Yu., Bagin V.A. Specific and non-specific prevention of nosocomial infections in ICU of burn CENTRE and their place in multimodal control system. *Meditinskii alfavit.* 2020; (18): 33–7. <https://doi.org/10.3367/2078-5631-2020-18-33-37> <https://elibrary.ru/grueqa> (in Russian)
10. Eremeeva N.I., Kravchenko M.A., Vakhrusheva D.V., Kanishev V.V., Bobrovskaya K.V., Umpeleva T.V. Evaluation of the environment contamination in TB facilities as a component of infection control system. *Meditinskii al'yans.* 2013; (4): 41–52. <https://elibrary.ru/snidl> (in Russian)
11. Myasnikova E.B., Sagieva N.R., Jouravlev V.Yu., Yablonskii P.K. Nosocomial tb infection: need in epidemiologic diagnosis concept. *Meditinskii al'yans.* 2014; (1): 6–18. <https://elibrary.ru/tonetp> (in Russian)
12. Maes S., Huu S.N., Heyndrickx M., Weyenberg S.V., Steenackers H., Verplaetse A., et al. Evaluation of two surface sampling methods for microbiological and chemical analyses to assess the presence of biofilms in food companies. *J. Food Prot.* 2017; 80(12): 2022–8. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-17-210>
13. Ahnrud G.P., Mendoza A.J., Hurley M.J., Marek P.J. Efficacy of a sonicating swab for removal and capture of microorganisms from experimental and natural contaminated surfaces. *Appl. Environ. Microbiol.* 2018; 84(9): e00208–18. <https://doi.org/10.1128/AEM.00208-18>
14. Moore G., Griffith C. Problems associated with traditional hygiene swabbing: the need for in-house standardization. *J. Appl. Microbiol.* 2007; 103(4): 1090–103. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2007.03330.x>
15. Zhang Y., Gao Z., He L. Integration of surface swab with optical microscopy for detection and quantification of bacterial cells from stainless-steel surfaces. *Lett. Appl. Microbiol.* 2024; 77(10): ovae089. <https://doi.org/10.1093/lambo/ovae089> <https://doi.org/10.1093/lambo/ovae089>
16. Goverde M., Willrodt J., Staerk A. Evaluation of the recovery rate of different swabs for microbial environmental monitoring. *PDA J. Pharm. Sci. Technol.* 2017; 71(1): 33–42. <https://doi.org/10.5731/pdjpst.2016.006783>
17. Smirnova S.S., Zhukov N.N., Egorov I.A., Pushkareva N.A., Semenov A.V. Comparative analysis of methods of environmental surface sampling for assessment of viral and bacterial contamination. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNISO.* 2023; 31(4): 77–84. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-4-77-84> <https://elibrary.ru/yovvay> (in Russian)
18. Golyshhevskaya V.I., Shulgina M.V., Sevastyanova E.V., Akimkin V.G., Vanina G.M., Vakhrusheva D.V., et al. *Culture Methods of Tuberculosis Diagnostics [Kul'tural'nye metody diagnostiki tuberkuleza].* Tver': Triada; 2008. <https://elibrary.ru/tametf> (in Russian)
19. Sevastyanova E.V., Larionova E.E., Andrievskaya I.Yu., Smirnova T.G. Detection of mycobacteria by culture inoculation. Decontamination of diagnostic samples. *Vestnik Tsentral'nogo nauchno-issledovatel'skogo instituta tuberkuleza.* 2020; (2): 89–99. <https://doi.org/10.7868/S2587667820020119> <https://elibrary.ru/bcjpn> (in Russian)
20. Sevastyanova E.V., Smirnova T.G., Larionova E.E., Chernousova L.N. Detection of mycobacteria by culture inoculation. Liquid media and automated systems. *Vestnik Tsentral'nogo nauchno-issledovatel'skogo instituta tuberkuleza.* 2020; (4): 88–95. <https://doi.org/10.7868/S258766782004010X> <https://elibrary.ru/pitywd> (in Russian)
21. Fedorova L.S., Yuzbashev V.G., Popov S.A., Puzanov V.A., Sevostyanova E.V., Akimkin V.G., et al. *The System of Infection Control in TB Institutions [Sistema infeksiionnogo kontrolya v protivotuberkuleznykh uchrezhdeniyakh].* Tver': Triada; 2013. <https://elibrary.ru/tamerr> (in Russian)
22. Dey B.P., Engley F.B. Jr. Comparison of Dey and Engley (D/E) neutralizing medium to Lethene medium and standard methods medium for recovery of *Staphylococcus aureus* from sanitized surfaces. *J. Ind. Microbiol.* 1995; 14(1): 21–5. <https://doi.org/10.1007/BF01570061>
23. Li F., Xian Z., Kwon H.J., Yoo J., Burall L., Chirtel S.J., et al. Comparison of three neutralizing broths for environmental sampling of low levels of *Listeria monocytogenes* desiccated on stainless steel surfaces and exposed to quaternary ammonium compounds. *BMC Microbiol.* 2020; 20(1): 333. <https://doi.org/10.1186/s12866-020-02004-1>
24. Mohammad Z.H., Hasan A.A., Kerth C.R., Riley D.G., Taylor T.M. Increased effectiveness of microbiological verification by concentration-dependent neutralization of sanitizers used in poultry slaughter and fabrication allowing *Salmonella enterica* survival. *Foods.* 2018; 7(3): 32. <https://doi.org/10.3390/foods7030032>
25. Infante V.V., Cano A.M., Medina Valdovinos H., Macías A.E., Alvarez J.A. Saline solution as culture media from a viewpoint of nosocomial bacteremia. *Rev. Invest. Clin.* 2012; 64(2): 120–5. (in Spanish)
26. Lyamin A.V., Izmattullin D.D., Zhestkov A.V., Kovalev A.V., Persiantseva T.P., Davydova D.T., et al. Contaminating microflora at a tuberculosis test: saprophytes or potential pathogens? *Immunologiya, allergologiya, infektologiya.* 2019; (3): 63–70. <https://doi.org/10.14427/jipai.2019.3.63> <https://elibrary.ru/elzpvw> (in Russian)
27. Lyamin A.V. Contaminating microflora at a tuberculosis test: dependence on culture media for primary inoculation. *Astrakhanskii meditsinskii zhurnal.* 2019; 14(4): 29–36. <https://elibrary.ru/lujybm> (in Russian)
28. Linguissi L.S.G., Foto B.T., Andoseh G., Assiana D.E., Ntoumi F. Decontamination of sputum in the context of implementation of mycobacterial culture in the Republic of Congo. *J. Bacteriol. Mycol.* 2020; 7(6): 1146.21.
29. Le Quang N., Dang Anh Thu D., Pham Tien Trieu L., Hong Hanh N., Huu Lan N., Thi Minh Ha D., et al. A modified decontamination and storage method for sputum from patients with tuberculosis. *Wellcome Open Res.* 2025; 8: 166. <https://doi.org/10.12688/wellcomeopenres.18888.3>

## Сведения об авторах

**Еремеева Наталья Ивановна**, канд. биол. наук, зав. отд. дезинфекции и стерилизации (с лаб. микробиологии) Института дезинфектологии ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: eremeevani@yandex.ru

**Трухина Галина Михайловна**, доктор мед. наук, профессор, зав. отд. микробиологических методов исследований ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора, 141014, Мытищи, Россия. E-mail: truhina.gm@fneg.ru

## Information about authors

**Natalya I. Eremeeva**, PhD (Biology), head, Department of disinfection and sterilization (with microbiology laboratory), Institute of Disinfectology of the Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erismann, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-3637-2570> E-mail: eremeevani@yandex.ru

**Galina M. Trukhina**, DSc (Medicine), professor, head, Department of microbiological research methods, Federal Scientific Center of Hygiene named after F.F. Erismann, Mytishchi, 141014, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-9955-7447> E-mail: truhina.gm@fneg.ru

## К статье Н.И. Еремеевой и Г.М. Трухиной To the article by Natalya I. Eremeeva and Galina M. Trukhina

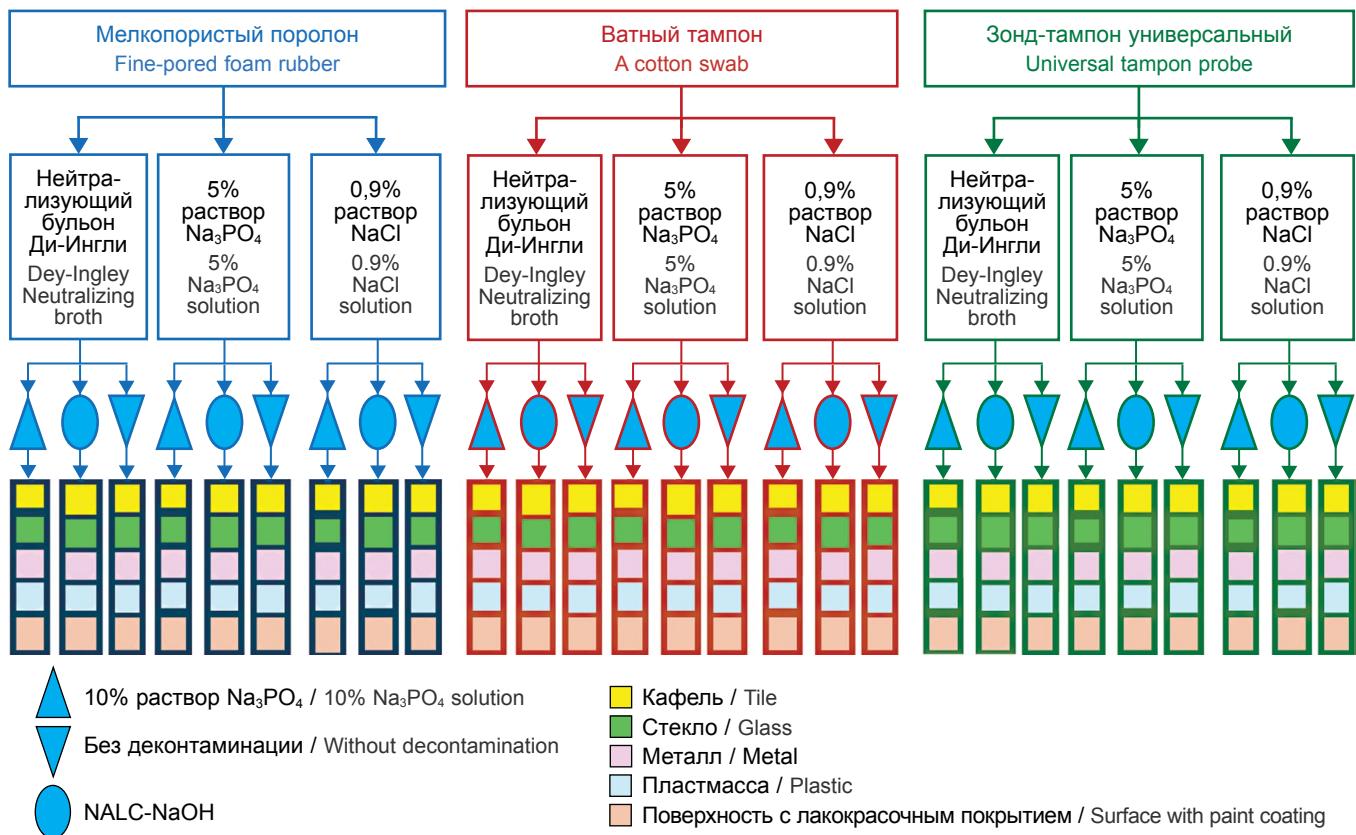


Рис. 1. Схема экспериментального подбора инструмента для отбора проб с контаминированных *M. tuberculosis* H<sub>37</sub>Rv тест-поверхностей, смывной жидкости и деконтаминирующего раствора.

Fig. 1. Schematic of the experimental selection of a sampling tool for sampling test-surfaces contaminated by the *M. tuberculosis* H<sub>37</sub>Rv, a solution for washout and a solution for decontamination.

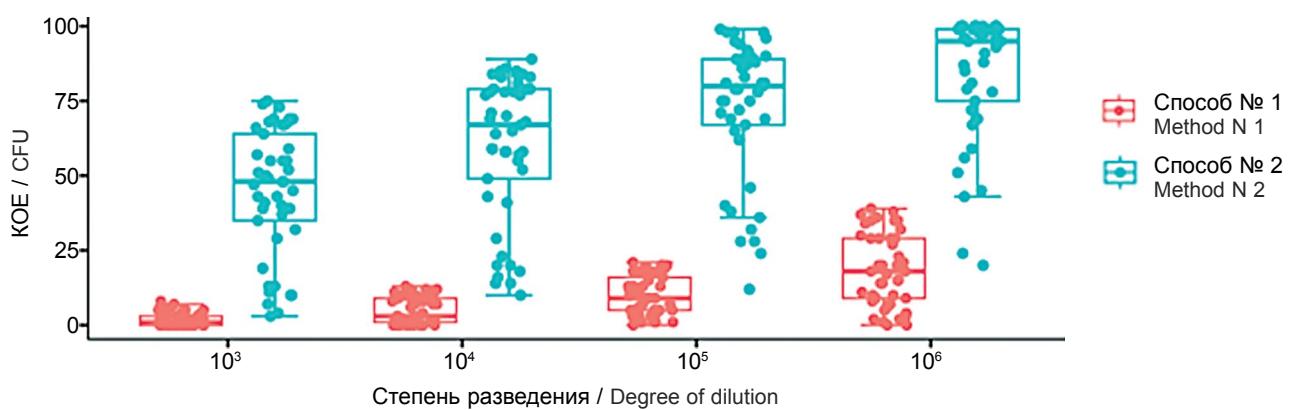


Рис. 2. Сравнительная характеристика эффективности двух способов отбора проб смывов с поверхностей объектов и их пробоподготовки для выделения *M. tuberculosis* (способ № 1 – с использованием мелкопористого поролона, 5%-го раствора  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  и 10%-го раствора  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ; способ № 2 – с использованием зонд-тампона универсального; нейтрализующего бульона по Ди-Ингли; NALC-NaOH).

Fig. 2. Comparative characterization of the efficacy of two methods of washouts sampling and sample preparation for the isolation of *M. tuberculosis* (method No. 1 – using fine-pore foam, 5.0%  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  solution and 10.0%  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  solution; method No. 2 – using universal tampon probe; Dey-Engley Neutralizing broth; NALC-NaOH).