



Выявление нетуберкулезных микобактерий в Республике Марий Эл: этиологическая и эпидемиологическая характеристика

И.В. Петров^{1,2}, М.А. Пяташина², Н.Г. Соколова³, Л.В. Петрова^{1,3}, А.А. Альмухаметов^{2,4}, А.И. Галиахметов^{2,4}

¹ ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, пл. Ленина, д. 1, г. Йошкар-Ола, 424000, Российская Федерация

² Казанская государственная медицинская академия – филиал ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, ул. Бутлерова, д. 36, г. Казань, 420012, Российская Федерация

³ ГБУ «Республиканский противотуберкулезный диспансер» Министерства здравоохранения Республики Марий Эл, ул. Больничная, д. 22, г. Йошкар-Ола, 424037, Российская Федерация

⁴ ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России, ул. Бутлерова, д. 49, г. Казань, 420012, Российская Федерация

Резюме

Введение. Нетуберкулезные микобактерии широко распространены в окружающей среде, их патогенные виды могут вызывать микобактериозы, особенно органов дыхания.

Цель исследования: изучить видовое разнообразие нетуберкулезных микобактерий и дать эпидемиологическую характеристику случаев выявления нетуберкулезных микобактерий в Республике Марий Эл за 2015–2024 годы.

Материалы и методы. Проведенное ретроспективное эпидемиологическое исследование являлось описательно-оценочным. Были проанализированы обезличенные данные пациентов ($n = 30\,617$), обратившихся в медицинские организации Республики Марий Эл противотуберкулезной службы и общей лечебной сети, за период 2015–2024 годы. Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.8.2 (разработчик – ООО «Статтех», Россия).

Результаты. Выявлено 544 человека с нетуберкулезными микобактериями, средний возраст – 60 лет. Отмечено преобладание мужчин (284/544; 52,2%). На долю городских жителей приходилось 62,1 % (338/544), сельских – 37,9 % (206/544). 28,7 % (156/544) лиц отмечались неоднократным выделением нетуберкулезных микобактерий, однократным – 71,3 % (388/544). Наиболее часто выделялись *M. gordonae* ($n = 168$; 29,5 %), *M. intracellulare* ($n = 122$; 21,4 %) и *M. avium* ($n = 81$; 14,4 %). У 104 пациентов (19,1 %) установлен диагноз микобактериоза легких, выявлено преобладание женщин (63/104; 60,6 %). В большинстве случаев микобактериозы были вызваны медленно растущими *M. intracellulare*, *M. avium* и *M. gordonae*. При анализе количества пациентов, от которых получены нетуберкулезные микобактерии, наблюдается рост в 4,9 раза. Наибольшее количество лиц с выделением нетуберкулезных микобактерий приходилось на г. Йошкар-Олу ($n = 295$; 54,2 %), Медведевский – 61 (11,2 %), Звениговский ($n = 33$; 6,1 %) районы, г. Волжск ($n = 30$; 5,5 %), Советский ($n = 19$; 3,5 %), Волжский районы ($n = 17$; 3,1 %).

Заключение. Проведенное нами исследование позволило определить региональные особенности выявления нетуберкулезных микобактерий, выделенных из биологического материала пациентов. Установлено, что на территории Республики Марий Эл у человека преобладают медленно растущие виды.

Ключевые слова: нетуберкулезные микобактерии, микобактериозы, инфекционные болезни, нетуберкулезная микобактериальная инфекция, легочные микобактериозы.

Для цитирования: Петров И.В., Пяташина М.А., Соколова Н.Г., Петрова Л.В., Альмухаметов А.А., Галиахметов А.И. Выявление нетуберкулезных микобактерий в Республике Марий Эл: этиологическая и эпидемиологическая характеристика // Здоровье населения и среда обитания. 2025. Т. 33. № 12. С. 73–82. doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-73-82

Detection of Nontuberculous Mycobacteria in the Republic of Mari El: Etiological and Epidemiological Characteristics

Ilia V. Petrov,^{1,2} Marina A. Patyashina,² Nadezhda G. Sokolova,³ Ludmila V. Petrova,^{1,3} Artur A. Almukhametov,^{2,4} Almaz I. Galiakhmetov^{2,4}

¹ Mari State University, 1 Lenin Square, Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation

² Kazan State Medical Academy – Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, 36 Butlerov Street, Kazan, 420012, Russian Federation

³ Republican Tuberculosis Dispensary, 22 Bolnichnaya Street, Yoshkar-Ola, 424037, Russian Federation

⁴ Kazan State Medical University, 49 Butlerov Street, Kazan, 420012, Russian Federation

Summary

Introduction: Nontuberculous mycobacteria are widespread in the environment and their pathogenic species can cause mycobacteriosis, especially of the respiratory system.

Objective: To study of the species diversity of nontuberculous mycobacteria and to give an epidemiological description of cases of isolation of nontuberculous mycobacteria in the Republic of Mari El in 2015–2024.

Materials and Methods: The conducted retrospective epidemiological study was descriptive and evaluative. We analyzed anonymized records of 30,617 patients seeking care at tuberculosis and general health facilities of the Republic of Mari El in the years 2015 to 2024. The statistical analysis was performed using StatTech v. 4.8.2 by StatTech LLC, Russia.

Results: We identified 544 people with nontuberculous mycobacteria (mean age = 60 years), most of whom were men (284; 52.2 %). We established that 338 (62.1 %) patients were urban residents and 206 (37.9 %) lived in the countryside. Nontuberculous mycobacteria were repeatedly isolated from 156 (28.7 %) and only once – from 388 (71.3 %) cases. The most common species included *M. gordonae* ($n = 168$; 29.5 %), *M. intracellulare* ($n = 122$; 21.4 %), and *M. avium* ($n = 81$;

14.4 %). At this, 104 patients (19.1 %) were diagnosed with mycobacteriosis, of which 63 (60.6 %) were women. In most cases, mycobacteriosis was induced by slow-growing *M. intracellulare*, *M. avium*, and *M. goodii*. The analysis of the number of patients showed a 4.9-fold increase. Most cases with isolated nontuberculous mycobacteria lived in the city of Yoshkar-Ola ($n = 295$, 54.2 %), Medvedevsky ($n = 61$, 11.2 %) and Zvenigovsky ($n = 33$, 6.1 %) districts, the town of Volzhsk ($n = 30$, 5.5 %), Sovetsky ($n = 19$, 3.5 %) and Volzhsky ($n = 17$, 3.1 %) districts.

Conclusions: Our study allowed us to determine regional characteristics of nontuberculous mycobacteria isolated from human specimens and establish the prevalence of slow-growing species in the Republic of Mari El.

Keywords: nontuberculous mycobacteria, mycobacteriosis, infectious diseases, nontuberculous mycobacterial infection, pulmonary mycobacteriosis.

Cite as: Petrov IV, Patyashina MA, Sokolova NG, Petrova LV, Almukhametov AA, Galiakhmetov AI. Detection of nontuberculous mycobacteria in the Republic of Mari El: Etiological and epidemiological characteristics. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2025;33(12):73–82. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2025-33-12-73-82

Введение. Нетуберкулезные микобактерии (НТМ) широко распространены в окружающей среде, их патогенные виды могут вызывать микобактериозы, особенно органов дыхания [1–3]. Известно около 200 видов НТМ, из них порядка 60 видов имеют доказанное клиническое значение. НТМ характеризуются как условно патогенные, относящиеся к IV группе патогенности, бактерии. В России отсутствует официальное статистическое наблюдение за микобактериозами, но ряд отдельных исследований указывает на рост заболеваемости [4]. Работы по данной теме, проведенные в различных странах и регионах, показывают, что распределение видов НТМ, выделенных из клинических образцов, сильно различается в зависимости от территории, но выявленное географическое разнообразие возбудителей никогда не изучалось системно. Более глубокое понимание этого разнообразия важно, поскольку оно может дать важные подсказки о влиянии географических или климатических различий на распространение НТМ и наблюдаемых расхождений в клинической значимости и результатах лечения [5, 6]. Например, известно исследование, указывающее на преобладание в клиническом материале *Mycobacterium fortuitum* в Новосибирской области, *M. intracellulare* – в Томской области в 2014–2018 гг. [7]. В Архангельской области с 2010 по 2020 г. от пациентов преобладало выделение НТМ, относящихся к комплексу *M. avium* (*M. avium* и *M. intracellulare*) [8]. Ряд исследований отмечают, что в регионах с ростом заболеваемости микобактериозами наблюдается снижение данного показателя туберкулеза [9, 10].

Цель исследования – изучить видовое разнообразие нетуберкулезных микобактерий, дать эпидемиологическую характеристику пациентов с выявлением нетуберкулезных микобактерий и микобактериозами в Республике Марий Эл за 2015–2024 годы.

Материалы и методы. Проведенное ретроспективное эпидемиологическое исследование являлось описательно-оценочным. Были проанализированы обезличенные данные пациентов ($n = 30617$), обратившихся в медицинские организации Республики Марий Эл противотуберкулезной службы и общей лечебной сети, за период 2015–2024 годы. Исследование одобрено комитетом по этике Казанской государственной медицинской академии – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России от 13 июня 2024 года № 03/06. Критерии включения: 1) лица с подозрением на туберку-

лез, биологический материал которых направлен в бактериологическую лабораторию государственного бюджетного учреждения Республики Марий Эл «Республиканский противотуберкулезный диспансер»; 2) выделение НТМ из клинического материала. Из всей группы обследованных лиц у 1,8 % (544/30617) выделены культуры НТМ. В структуре числа анализов микобактерии были выделены в 9,2 % случаев (10913/118411), из них доля НТМ составила 10,1 % (1103/10913). Среди лиц с НТМ в городских условиях проживали 338 человек (62,1 %), в сельской местности – 206 (37,9 %). Микобактериозы за исследованный период верифицированы у 19,1 % лиц с НТМ (104/544). Диагноз микобактериоза устанавливался на основании сочетания клинических (наличие симптомов заболевания легких, наличие очаговых или полостных изменений на рентгенограмме или выявленных при компьютерной томографии мультифокальных бронхоэктазов в сочетании с множественными мелкими очагами, обоснованное должным образом исключение иных диагнозов) и микробиологических (более 2 положительных посевов мокроты на НТМ из разных проб, 1 положительный посев на НТМ бронхоальвеолярной лаважной жидкости или промывных вод бронхов, гистопатологические изменения в трансbronхиальном или ином биоптате легкого (гранулематозное воспаление или наличие кислотоустойчивых микобактерий) при положительном посеве на НТМ) критериев [11].

Под «клинически значимыми НТМ» мы понимали возбудителей, вызывающих микобактериозы у человека, под «колонизацией» – присутствие и размножение микроорганизмов в различных отделах организма человека без клинических и иммунологических проявлений, под «транзиторными микроорганизмами» – кратковременное носительство НТМ (однократное выделение).

Культуры НТМ были получены в жидкой питательной среде Middlebrook 7H9 в системе BACTEC MGIT (Becton Dickinson and Company) с предварительной обработкой диагностического материала реагентом BBL MycoPrep (Becton Dickinson and Company) и на плотных питательных средах Левенштейна-Йенсена и Финна-II с предварительной обработкой материала 10 % Na_3PO_4 . Первичную идентификацию выделенных культур проводили с использованием иммунохроматографического теста (ID-test BD MGIT™ TBc Identification Test), микроскопического исследования препаратов культур с окраской по Цилю – Нильсену,

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-12-73-82>
Original Research Article

и в ряде случаев применяли исследование ДНК выделенных штаммов методом ПЦР в реальном времени на наличие маркеров микобактерий туберкулеза. Для контроля контаминации использовали посев культуры на кровяной агар. Видовую идентификацию микобактерий осуществляли с использованием ДНК стриповой технологии, основанной на множественной обратной гибридизации с ДНК-зондами: тест-системы для идентификации HTM GenoType® *Mycobacterium* CM/AS (Hain Lifescience).

Были использованы рентгенография грудной клетки (цифровая или аналоговая), спиральная компьютерная томография, ультразвуковое исследование легких и органов средостения.

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 4.8.2 (разработчик – ООО «Статтех»). Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Колмогорова – Смирнова. Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. 95 % доверительные интервалы (95 % ДИ) для процентных долей рассчитывались по методу Клоппера – Пирсона. Количественные показатели, имеющие нормальное распределение, описывались с помощью средних арифметических величин (M) и стандартных отклонений (SD), границ 95 % ДИ. Сравнение процентных долей при анализе четырехпольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона (при значениях ожидаемого явления более 10). Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью U -критерия Манна – Уитни. Сравнение трех и более групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью критерия Краскела – Уоллиса. В качестве количественной меры эффекта при сравнении относительных показателей нами использовался показатель отношения шансов с 95 % доверительным интервалом (ОШ; 95 % ДИ). Оценка силы связи между категориальными показателями выполнялась с помощью V Крамера, значения которого интерпретировались согласно рекомендациям Rea & Parker (2014) [12]. Построение прогностической модели вероятности определенного исхода выполнялось при помощи метода логистической регрессии. Мерой определенности, указывающей на ту часть дисперсии, которая может быть объяснена с помощью логистической регрессии, служил коэффициент R^2 Найджелкерка. Различия считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты. За 2015–2024 годы выявлено 544 человека с выделением HTM, средний возраст составил 60 лет (Me). В структуре пациентов отмечено преобладание мужчин (284/544; 52,2 %), доля женщин равнялась 47,8 % (260/544). Анализ распределения по месту проживания выявил, что доля городских жителей составила 62,1 % (338/544), сельских жителей – 37,9 % (206/544). Неоднократным выделением характеризовались 28,7 % лиц (156/544), однократным – 71,3 % (388/544). В гендерной структуре лиц с неоднократ-

ным выделением преобладали женщины – 57,1 % (89/156), на лиц мужского пола приходилось 42,9 % (67/156). Среди лиц с однократным выделением преобладали мужчины – 55,9 % (217/388), на лиц женского пола приходилось 44,1 % (171/388). При сравнении по гендерному признаку и кратности выделения были установлены статистически значимые различия ($p = 0,006$) (используемый метод: хи-квадрат Пирсона).

Среди женщин средний возраст выделения HTM (64) выше, чем среди мужчин (56,5) ($p < 0,001$) (используемый метод: U -критерий Манна – Уитни). Среди лиц с неоднократным выделением средний возраст выше (63), чем в группе пациентов с однократным выделением (58) ($p < 0,011$) (используемый метод: U -критерий Манна – Уитни). При анализе возраста пациента с впервые выделенными HTM установлен рост в 1,2 раза (2015 г. – 49,5; 2024 г. – 61; $p = 0,011$, p 2023–2015 гг. = 0,039) (используемый метод: критерий Краскела – Уоллиса). При сравнении возраста выделения HTM в зависимости от возбудителя, не удалось установить статистически значимых различий ($p = 0,439$) (используемый метод: критерий Краскела – Уоллиса).

За исследованный период в Республике Марий Эл среди людей преобладало выделение медленнорастущих HTM. Наиболее часто выделялись *M. gordonae* ($n = 168$; 29,5 %), *M. intracellulare* ($n = 122$; 21,4 %) и *M. avium* ($n = 81$; 14,4 %) (табл. 1).

При сравнении возбудителя в зависимости от кратности выделения установлены статистически значимые различия ($p < 0,001$) (используемый метод: хи-квадрат Пирсона). Разработана прогностическая модель для определения вероятности кратности выделения в зависимости от возбудителя методом бинарной логистической регрессии. Полученная регрессионная модель с точки зрения соответствия прогнозируемых значений наблюдаемым при включении предикторов по сравнению с моделью без предикторов является статистически значимой ($p < 0,001$). Псевдо- R^2 Найджелкерка составил 17,6 %. При оценке возбудителя шансы выделения среди лиц с однократным выделением HTM увеличивались для *M. chelonae* в 5,0 раза (AOR 5,000; 95 % ДИ 1,225–20,409; $p = 0,025$), *M. fortuitum* – в 14,5 раза (AOR 14,499; 95 % ДИ 2,951–71,236; $p = 0,001$), *M. gordonae* – в 7,3 раза (AOR 7,333; 95 % ДИ 2,090–25,739; $p = 0,002$), *M. lentiflavum* в 21,9 раза (AOR 21,999; 95 % ДИ 2,050–236,040; $p = 0,011$), *M. peregrinum* – в 6,3 раза (AOR 6,250; 95 % ДИ 1,480–26,390; $p = 0,013$), для «вид не определен» – в 16,0 раз (AOR 16,000; 95 % ДИ 2,930–87,357; $p = 0,001$) (рис. 1).

В настоящее время около 1/3 идентифицированных видов HTM считаются клинически значимыми. Среди медленнорастущих видов HTM, часто вызывающих микобактериозы легких (МЛ), выделяют *M. avium complex* (MAC), *M. kansasii*, *M. xenopi*, среди быстрорастущих – *M. abscessus* spp., *M. fortuitum* [13].

Среди лиц с выделением HTM у 104 из 544 пациентов (19,1 %) установлен МЛ. В гендерной структуре пациентов с МЛ преобладали женщины (63/104;

Таблица 1. Видовое разнообразие нетуберкулезных микобактерий, выделенных от пациентов
Table 1. Species diversity of nontuberculous mycobacteria isolated from patients

| № | Вид нетуберкулезных микобактерий / Type of nontuberculous mycobacteria | Всего / Total | Кратность выделения / Isolation frequency | |
|--|---|------------------|---|---|
| | | | Лица с неоднократным выделением / Multiple (%) | Лица с однократным выделением / Single (%) |
| Быстрорастущие / Fast-growing | | | | |
| 1 | <i>M. chelonae</i> | 35 (6,1) | 10 (5,6) | 25 (6,4) |
| 2 | <i>M. fortuitum</i> | 33 (5,8) | 4 (2,2) | 29 (7,4) |
| 3 | <i>M. peregrinum</i> | 33 (5,8) | 8 (4,5) | 25 (6,4) |
| 4 | <i>M. abscessus</i> | 12 (2,1) | 8 (4,5) | 4 (1,0) |
| 5 | <i>M. smegmatis</i> | 4 (0,7) | 0 (0,0) | 4 (1,0) |
| 6 | <i>M. mageritense</i> | 2 (0,4) | 0 (0,0) | 2 (0,5) |
| Медленнорастущие / Slow-growing | | | | |
| 7 | <i>M. gordonae</i> | 168 (29,5) | 36 (20,2) | 132 (33,7) |
| 8 | <i>M. intracellulare</i> | 122 (21,4) | 57 (32,0) | 65 (16,6) |
| 9 | <i>M. avium</i> | 81 (14,4) | 42 (24,2) | 39 (9,9) |
| 10 | <i>M. lentiflavum</i> | 12 (2,1) | 1 (0,6) | 11 (2,8) |
| 11 | <i>M. simiae</i> | 12 (2,1) | 4 (2,2) | 8 (2,0) |
| 12 | <i>M. scrofulaceum</i> | 6 (1,1) | 1 (0,6) | 5 (1,3) |
| 13 | <i>M. kansasii</i> | 5 (0,5) | 2 (1,1) | 3 (0,8) |
| 14 | <i>M. celatum</i> | 4 (0,7) | 0 (0,0) | 4 (1,0) |
| 15 | <i>M. shimoidei</i> | 3 (0,5) | 1 (0,6) | 2 (0,5) |
| 16 | <i>M. intermedium</i> | 2 (0,4) | 0 (0,0) | 2 (0,5) |
| 17 | <i>M. xenopi</i> | 2 (0,4) | 0 (0,0) | 2 (0,5) |
| 18 | <i>M. marinum</i> | 2 (0,4) | 0 (0,0) | 2 (0,5) |
| 19 | <i>M. asiaticum</i> | 1 (0,2) | 0 (0,0) | 1 (0,3) |
| 20 | <i>M. genavense</i> | 1 (0,2) | 0 (0,0) | 1 (0,3) |
| 21 | <i>M. interjectum</i> | 1 (0,2) | 0 (0,0) | 1 (0,3) |
| 22 | <i>M. malmoense</i> | 1 (0,2) | 0 (0,0) | 1 (0,3) |
| 23 | вид не определен / unspecified | 27 (4,7) | 3 (1,7) | 24 (6,1) |
| | Всего* / Total* | 569 (100) | 177 (100) | 392 (100) |

* из 544 пациентов у 21 выделялись разные виды НТМ с различной кратностью

* Different types of nontuberculous mycobacteria were isolated from 21 of 544 patients with varying frequency.

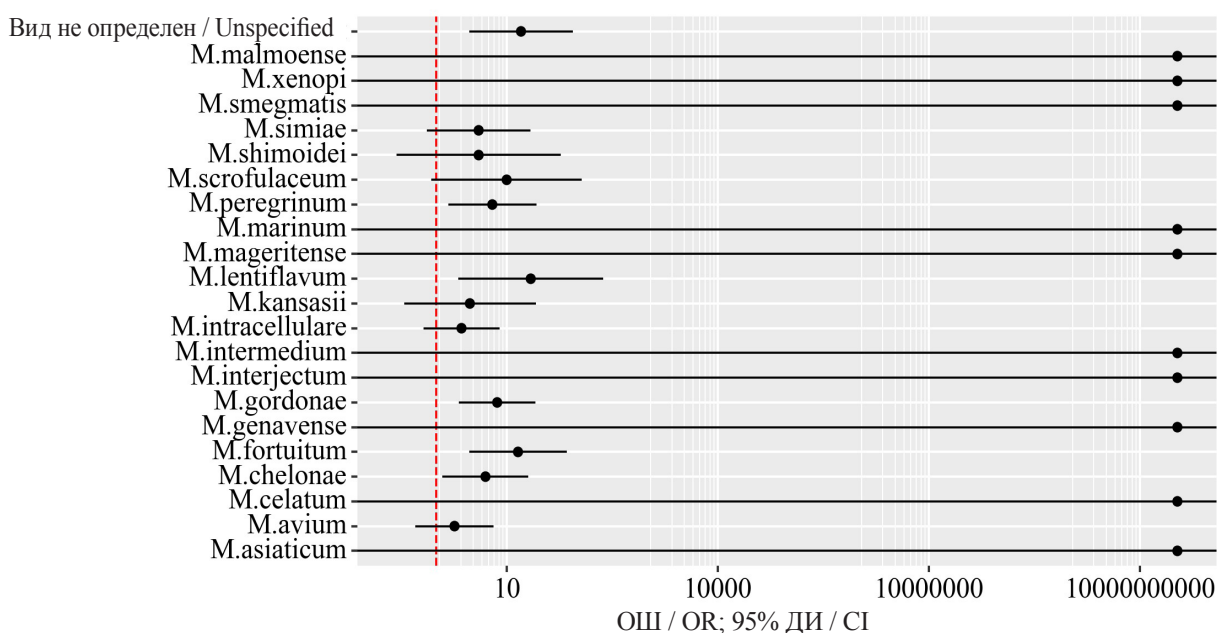


Рис. 1. Оценки отношения шансов с 95% ДИ для изучаемых предикторов кратности выделения
Fig. 1. Odds ratios with 95 % confidence intervals for the studied predictors of isolation frequency

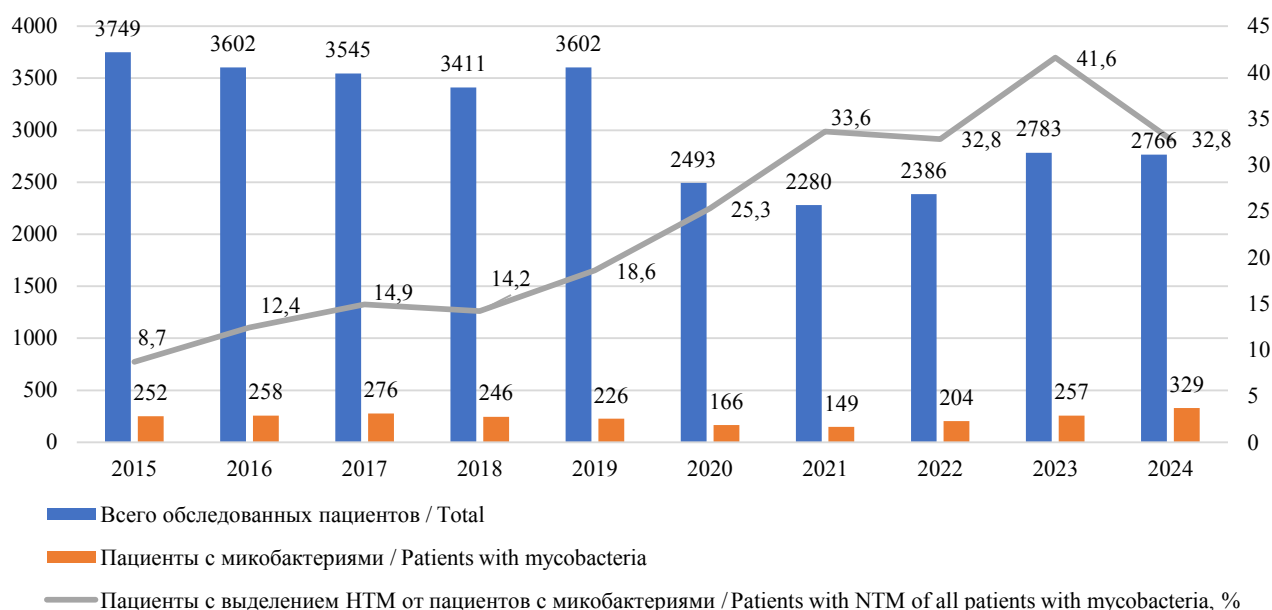


Рис. 2. Анализ обследованных пациентов на микобактерии (абсолютные значения), пациентов с выделенными микобактериями (абсолютные значения) и пациентов с нетуберкулезными микобактериями (% от пациентов с выделением микобактерий) в Республике Марий Эл за 2015–2024 годы

Fig. 2. The number of patients tested for mycobacteria and of those with isolated mycobacteria (n), and the proportion of patients with isolated nontuberculous mycobacteria (%) in the Republic of Mari El in 2015–2024

раза выше аналогичного показателя заболеваемости микобактериозами за 2015–2023 годы (1,33 на 100 тысяч населения). Анализ рассчитанных нами показателей заболеваемости микобактериозами органов дыхания позволил установить рост показателя в 3,4 раза (2015 г. – 1,0; 2024 г. – 3,5 на 100 тысяч населения) ($p > 0,05$). Средний показатель лабораторного обнаружения НТМ за весь период наблюдения составил 8,1 на 100 тыс. населения (табл. 2).

В этиологической структуре за исследованный период среди пациентов с НТМ следует отметить существенный рост доли *M. avium* – в 5,3 раза, *M. goodii* – в 19 раз, *M. intracellulare* – в 4,5 раза,

установлены статистически значимые различия ($p = 0,003$, используемый метод: хи-квадрат Пирсона).

В структуре муниципальных образований наибольшее количество лиц с выделением НТМ приходилось на г. Йошкар-Олу ($n = 295$, 54,2 %), Медведевский муниципальный район (м.р.) – 61 человек (11,2 %), Звениговский м.р. ($n = 33$, 6,1 %), г. Волжск ($n = 30$; 5,5 %), Советский м.р. ($n = 19$, 3,5 %), Волжский м.р. ($n = 17$, 3,1 %).

Анализ динамики выявления НТМ среди населения показал наибольший рост в Звениговском м.р. (в 2 раза; 2015 г. – 4; 2024 г. – 8), г. Йошкар-Ола (в 10,7 раза; 2015 г. – 6; 2024 г. – 64) и в Медведевском м.р. (в 15 раз; 2015 г. – 1; 2024 г. – 15) (табл. 3).

Таблица 2. Показатели лабораторного обнаружения нетуберкулезных микобактерий и заболеваемости микобактериозами в Республике Марий Эл с 2015 по 2024 г.

Table 2. Indicators of laboratory isolation of nontuberculous mycobacteria and the incidence of mycobacteriosis in the Republic of Mari El in 2015–2024

| Год / Year | Численность населения / Size of population, n | Число случаев лабораторного обнаружения нетуберкулезных микобактерий / Number of cases of laboratory isolation of nontuberculous mycobacteria | Число случаев микобактериозов / Number of mycobacteriosis cases | Число случаев лабораторного обнаружения нетуберкулезных микобактерий / Nontuberculous mycobacteria laboratory isolation rate, per 100,000 population | Число случаев микобактериозов, на 100 тыс. населения / Mycobacteriosis rate, per 100,000 population |
|------------|---|---|---|--|---|
| 2015 | 688111 | 22 | 7 | 3,2 | 1,0 |
| 2016 | 687366 | 32 | 8 | 4,7 | 1,2 |
| 2017 | 685451 | 40 | 4 | 5,8 | 0,6 |
| 2018 | 683934 | 35 | 7 | 5,1 | 1,0 |
| 2019 | 683437 | 42 | 5 | 6,1 | 0,7 |
| 2020 | 679789 | 42 | 5 | 6,2 | 0,7 |
| 2021 | 676351 | 49 | 6 | 7,2 | 0,9 |
| 2022 | 672321 | 67 | 13 | 10,0 | 1,9 |
| 2023 | 669854 | 107 | 26 | 16,0 | 3,9 |
| 2024 | 665983 | 108 | 23 | 16,2 | 3,5 |

Таблица 3. Выявление нетуберкулезных микобактерий в разрезе муниципальных образований с 2015 по 2024 г., человек (абсолютные значения, %)**Table 3. Isolation of nontuberculous mycobacteria from humans by municipality in 2015–2024, n (%)**

| Муниципальные образования / Municipalities | Год выделения / Year of isolation | | | | | | | | | | p |
|--|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | |
| Волжский / Volzhsky | 5 (22,7%) | 2 (6,2%) | 1 (2,5%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 1 (2,0%) | 0 (0,0%) | 3 (2,8%) | 5 (4,6%) | < 0,001* |
| Волжск / Volzhsk | 2 (9,1%) | 5 (15,6%) | 1 (2,5%) | 1 (2,9%) | 9 (21,4%) | 4 (9,5%) | 2 (4,1%) | 5 (7,5%) | 1 (0,9%) | 0 (0,0%) | |
| Звенигово / Zvenigovo | 0 (0,0%) | 1 (3,1%) | 0 (0,0%) | 1 (2,9%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 1 (2,0%) | 1 (1,5%) | 1 (0,9%) | 0 (0,0%) | |
| Козьмодемьянск / Kozmodemyansk | 0 (0,0%) | 1 (3,1%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | |
| Горномарийский / Gornomariysky | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 2 (5,0%) | 1 (2,9%) | 0 (0,0%) | 1 (2,4%) | 1 (2,0%) | 4 (6,0%) | 1 (0,9%) | 1 (0,9%) | |
| Звениговский / Zvenigovsky | 4 (18,2%) | 1 (3,1%) | 1 (2,5%) | 2 (5,7%) | 2 (4,8%) | 0 (0,0%) | 2 (4,1%) | 5 (7,5%) | 8 (7,5%) | 8 (7,4%) | |
| Йошкар-Ола / Yoshkar-Ola | 6 (27,3%) | 15 (46,9%) | 22 (55,0%) | 15 (42,9%) | 23 (54,8%) | 25 (59,5%) | 25 (51,0%) | 31 (46,3%) | 69 (64,5%) | 64 (59,3%) | |
| Килемарский / Kilemarsky | 2 (9,1%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 1 (2,0%) | 0 (0,0%) | 1 (0,9%) | 0 (0,0%) | |
| Куженерский / Kuzhenersky | 0 (0,0%) | 1 (3,1%) | 1 (2,5%) | 0 (0,0%) | 2 (4,8%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 2 (3,0%) | 1 (0,9%) | 3 (2,8%) | |
| Мари-Турекский / Mari-Tureksky | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 1 (2,5%) | 1 (2,9%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 1 (2,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 3 (2,8%) | |
| Медведевский / Medvedevsky | 1 (4,5%) | 4 (12,5%) | 6 (15,0%) | 5 (14,3%) | 2 (4,8%) | 5 (11,9%) | 5 (10,2%) | 8 (11,9%) | 10 (9,3%) | 15 (13,9%) | |
| Моркинский / Morkinsky | 1 (4,5%) | 0 (0,0%) | 2 (5,0%) | 1 (2,9%) | 2 (4,8%) | 1 (2,4%) | 2 (4,1%) | 1 (1,5%) | 2 (1,9%) | 3 (2,8%) | |
| Новоторъяльский / Novotoryalsky | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 2 (3,0%) | 1 (0,9%) | 1 (0,9%) | |
| Оршанский / Orshansky | 1 (4,5%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 1 (2,4%) | 0 (0,0%) | 1 (2,0%) | 1 (1,5%) | 0 (0,0%) | 4 (3,7%) | |
| Парангинский / Paranginsky | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 1 (2,5%) | 3 (8,6%) | 0 (0,0%) | 1 (2,4%) | 0 (0,0%) | 1 (1,5%) | 1 (0,9%) | 1 (0,9%) | |
| Сернурский / Sernursky | 0 (0,0%) | 1 (3,1%) | 0 (0,0%) | 2 (5,7%) | 0 (0,0%) | 2 (4,8%) | 1 (2,0%) | 3 (4,5%) | 3 (2,8%) | 0 (0,0%) | |
| Советский / Sovetsky | 0 (0,0%) | 1 (3,1%) | 1 (2,5%) | 3 (8,6%) | 0 (0,0%) | 2 (4,8%) | 5 (10,2%) | 3 (4,5%) | 4 (3,7%) | 0 (0,0%) | |
| Юринский / Yurinsky | 0 (0,0%) | 0 (0,0%) | 1 (2,5%) | 0 (0,0%) | 1 (2,4%) | 1 (2,4%) | 1 (2,0%) | 0 (0,0%) | 1 (0,9%) | 0 (0,0%) | |

M. gordonae как наиболее часто идентифицированный вид НТМ в биологическом материале от пациентов выделен в большинстве муниципальных образований (16/18; 88,9 %), кроме г. Козьмодемьянска и Юринского м.р., в то время как *M. intracellulare* и *M. avium*, вторые и третьи по выявляемости, обнаружены в 15 из 18 (83,3 %) и 13/18 (72,2 %) муниципальных образованиях соответственно. Виды *M. chelonae* и *M. fortuitum* идентифицированы каждый в 10/18 (55,6 %) соответственно, *M. peregrinum* – в 7/18 (38,9 %), *M. abscessus* идентифицирован в 6/18 административных единицах (33,3 %), *M. scrofulaceum* – 5/18 (27,8 %), *M. kansasii*, *M. lentiflavum*, *M. simiae* – 3/18 (16,7 %) соответственно, *M. celatum*, *M. intermedium*, *M. mageritense*, *M. marinum*, *M. shimoidei*, *M. xenopi* – по 2/18 (11,1 %) соответственно, *M. asiaticum*, *M. genavense*, *M. interjectum*, *M. smegmatis*, *M. malmoense* – по 1/18 (5,6 %) соответственно (рис. 3).

Обсуждение. Мы сравнили полученные результаты с проведенным ранее исследованием в Республике Марий Эл в 2015–2016 гг., где было выявлено преобладание мужчин (57 %) и возрастной группы 55–64 лет. Наиболее часто встречающимися являлись медленнорастущие НТМ (78,5 %), из них – *M. gordonae* и *M. intracellulare* [14].

При сравнении с другими территориями Российской Федерации установлено следующее. В Архангельской области в 2010–2020 гг. выявлено 138 лиц с НТМ, средний возраст составил $53 \pm 18,2$ года. В большинстве случаев выделялись *M. avium* и *M. intracellulare* (40 %). Диагноз «микобактериоз» был установлен у 67 человек. Средний показатель лабораторного обнаружения за весь период наблюдения составил 1,09 случая на 100 тыс. населения, показатель в динамике значительно не изменился (2010 г. – 0,96; 2020 г. – 1,10 на 100 тыс. населения). Средний многолетний уровень заболеваемости микобактериозами составил 0,53 на 100 тыс. населения,

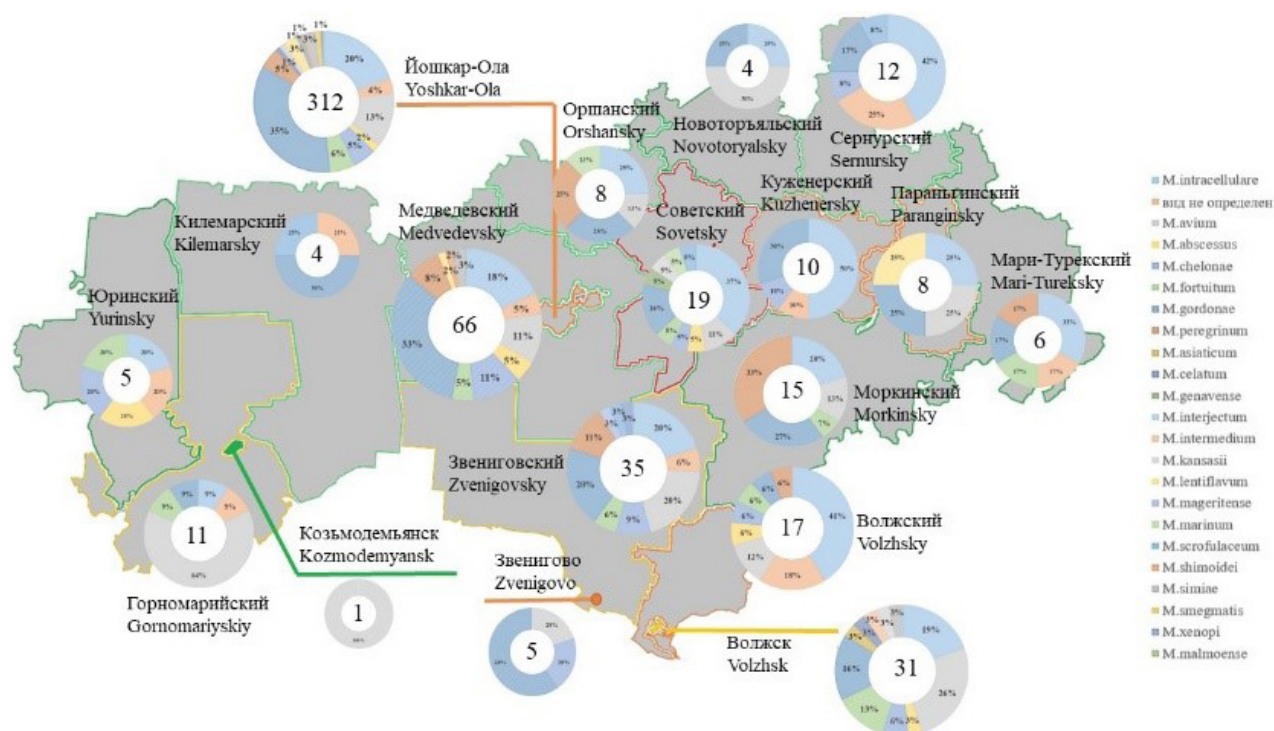


Рис. 3. Географическое распределение нетуберкулезных микобактерий по муниципальным образованиям Республики Марий Эл за 2015–2024 годы, абсолютные значения (%)

Fig. 3. Geographical distribution of nontuberculous mycobacteria by municipalities of the Republic of Mari El in 2015–2024, n (%)

отмечен рост в 2,1 раза (2010 г. – 0,40; 2020 г. – 1,10 на 100 тыс. населения) [8].

В г. Красноярске установлен рост лабораторного обнаружения НТМ среди населения в 6,6 раза (2004 г. – 3; 2008 – 20 случаев), из идентифицированных микобактерий 21,8 % случаев приходилось на *Mycobacterium avium complex* (MAC) [15]. В работе, проведенной в 2012–2018 гг. среди пациентов, проживающих в Северо-Западном федеральном округе установлено, что в г. Санкт-Петербурге, Республике Карелия, Ленинградской, Калининградской, Псковской, Вологодской и Новгородской областях доминировал *M. avium* [16].

В ближнем зарубежье, на примере Республики Беларусь, с 2010 по 2019 г. наиболее распространенными НТМ, выделенными от пациентов, являлись НТМ, относящиеся к MAC (*M. avium*, *M. intracellulare*) (63,7 %) и *M. gordonae* (7,66 %) [17].

Глобальное исследование, проведенное в 2008 году и включавшее 62 клинические базы из 30 стран Европы, Австралии, Африки, Северной и Южной Америки, выявило преобладание MAC (47 %) [5]. Работа, проведенная в Южной Корее, показала, что за период 2009–2015 гг. заболеваемость микобактериозами выросла в 4 раза (2009 г. – 6,6; 2015 г. – 26,6 на 100 тыс. населения), средний многолетний уровень заболеваемости составил 12,8 на 100 тыс. населения [18]. В исследовании китайских ученых (январь 2018 – май 2023 гг.) средний возраст пациентов с микобактериозами составил 63,7 года, преобладающим возбудителем являлся *M. intracellulare* (49,6 %) [19]. Работа турецких исследователей выявила, что за 2009–2020 гг. наиболее часто от пациентов выделялись MAC

(29,1 %), *M. abscessus* (24,1 %) и *M. kansasii* (17,2 %), средний возраст равнялся $51,11 \pm 17,15$ года [20].

Закключение. Таким образом, проведенное нами исследование позволило определить видовое разнообразие и дать эпидемиологическую характеристику пациентов с выделением НТМ. Так, всего выявлено 544 человека, средний возраст – 60 лет, отмечено преобладание мужчин, городских жителей. У 104 пациентов подтверждены микобактериозы. Установлено, что на территории Республики Марий Эл в биологическом материале преобладали медленно растущие виды. Наиболее часто выделялись *M. gordonae*, *M. intracellulare* и *M. avium*. В структуре муниципальных образований наибольшее количество лиц с выделением НТМ приходилось на гг. Йошкар-Олу и Волжск, Медведевский, Звениговский, Советский и Волжский м.р. Установленный рост выявления НТМ как в общей популяции, так и среди городских и сельских жителей, среди мужчин и женщин, указывает на возможные предпосылки к росту заболеваемости микобактериозами в республике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Dean SG, Ricotta EE, Fintzi J, et al. Mycobacterial testing trends, United States, 2009–2015. *Emerg Infect Dis.* 2020;26(9):2243–2246. doi: 10.3201/eid2609.200749
- Marshall JE, Mercaldo RA, Lipner EM, Prevots DR. Nontuberculous mycobacteria testing and culture positivity in the United States. *BMC Infect Dis.* 2024;24(1):288. doi: 10.1186/s12879-024-09059-9
- Стрельцова Е.Н., Рыжкова О.А., Рубальский Е.О., Абдрахманова Р.О., Баева Г.П. Особенности возбудителей микобактериозов и их распространенность // Вестник ЦНИИТ. 2025. № 9(1). С. 10–17. doi: 10.57014/2587-6678-2025-9-1-10-17

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2025-33-12-73-82>

Original Research Article

4. Турсунова Н.В., Гусельникова Е.П., Гордеева Е.И. Виды нетуберкулезных микобактерий, циркулирующих на территории Сибирского федерального округа // Вестник современной клинической медицины. 2024. Т. 17. № 5. С. 113–118. doi: 10.20969/VSKM.2024.17(5).113-118
5. Hoefsloot W, van Ingen J, Andrejak C, et al.; Nontuberculous Mycobacteria Network European Trials Group. The geographic diversity of nontuberculous mycobacteria isolated from pulmonary samples: An NTM-NET collaborative study. *Eur Respir J*. 2013;42(6):1604-1613. doi: 10.1183/09031936.00149212
6. van Ingen J, Bendien SA, de Lange WCM, et al. Clinical relevance of non-tuberculous mycobacteria isolated in the Nijmegen-Arnhem region, the Netherlands. *Thorax*. 2009;64(6):502-506. doi: 10.1136/thx.2008.110957
7. Альховик О.И., Мешков И.О., Петренко Т.И., Евдокимова Л.С. Выявление нетуберкулезных микобактерий, циркулирующих в разных регионах Сибири, и анализ их лекарственной устойчивости // Туберкулез и болезни легких. 2019. Т. 97. № 10. С. 5-11. doi: 10.21292/2075-1230-2019-97-10-5-11
8. Елисеев П.И., Гурьева Т.И., Никишова Е.И., Химова Е.С., Марьяндышев А.О. Выявление нетуберкулезных микобактерий и лечение микобактериозов в Архангельской области в 2010–2020 гг. // Туберкулез и болезни легких. 2024. Т. 102. № 5. С. 12–20. doi: 10.58838/2075-1230-2024-102-5-12-20
9. Dakić I, Arandjelović I, Savić B, et al. Pulmonary isolation and clinical relevance of nontuberculous mycobacteria during nationwide survey in Serbia, 2010–2015. *PLoS One*. 2018;13(11):e0207751. doi: 10.1371/journal.pone.0207751
10. Chanchaonthana W, Kamolratanakul S, Rotcheewaphan S, Leelahavanichkul A, Schultz MJ. Recent advances in immunopathogenesis and clinical practice: Mastering the challenge-managing of non-tuberculous mycobacteria. *Front Immunol*. 2025;16:1554544. doi: 10.3389/fimmu.2025.1554544
11. Анисимова А.И., Павлова М.В., Арчакова Л.И. и др. Микобактериозы легких: сложности диагностики и лечения (обзор литературы) // Медицинский альянс. 2020. Т. 8. № 1. С. 25-31.
12. Rea LM, Parker RA. *Designing and Conducting Survey Research: A Comprehensive Guide*. 4th ed. San Francisco, CA: Jossey-Bass; 2014.
13. Баулин И.А., Беркиханова З.Б., Торкатюк Е.А. и др. Трудности диагностики микобактериоза легких (обзор литературы) // Медицинский альянс. 2025. Т. 13. № 1. С. 86-96. doi: 10.36422/23076348-2025-13-1-86-96
14. Петрова Л.В., Мельникова Е.И., Соловьев Ю.А. и др. Выявление нетуберкулезных микобактерий в Республике Марий Эл // Туберкулез и болезни легких. 2018. Т. 96. № 2. С. 41-46. doi: 10.21292/2075-1230-2018-96-2-41-46
15. Отева С.Ю., Полонская Д.Е. Встречаемость нетуберкулезных микобактерий у населения г. Красноярск // Вестник КрасГАУ. 2013. № 7 (82): С. 180-183.
16. Старкова Д.А., Журавлев В.Ю., Вязовая А.А., Соловьева Н.С., Куликова О.Н., Нарвская О.В. Видовое разнообразие нетуберкулезных микобактерий у больных микобактериозом на территориях Северо-Западного федерального округа России // Туберкулез и болезни легких. 2019. Т. 97. № 6. С. 16-22. doi: 10.21292/2075-1230-2019-97-6-16-22
17. Буйневич И.В., Рузанов Д.Ю., Золотухина Л.В., Бондаренко В.Н., Майсеенко В.И., Журавлева Н.Ю. Распространенность нетуберкулезных микобактерий в Гомельской области // Проблемы Здоровья и Экологии. 2020. Т. 64. № 2. С. 78-84.
18. Kim HO, Lee K, Choi HK, Ha S, Lee SM, Seo GH. Incidence, comorbidities, and treatment patterns of nontuberculous mycobacterial infection in South Korea. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(45):e17869. doi: 10.1097/MD.00000000000017869
19. Wang X, Li T, Liu Y, Zhu Y, Chen L, Gao Y. Clinical characteristics of patients with nontuberculous mycobacterium pulmonary disease in Fuyang, China: A retrospective study. *Infect Drug Resist*. 2024;(17):3989-4000. doi: 10.2147/IDR.S475652
20. Babalik A, Koç EN, Sekerbey HG, Dönmez GE, Balıkcı A, Kilicaslan Z. Nontuberculous mycobacteria isolation from sputum specimens: A retrospective analysis of 1061 cases. *Int J Mycobacteriol*. 2023;12(1):55-65. doi: 10.4103/ijmy.ijmy_10_23

REFERENCES

1. Dean SG, Ricotta EE, Fintzi J, et al. Mycobacterial testing trends, United States, 2009–2015. *Emerg Infect Dis*. 2020;26(9):2243-2246. doi: 10.3201/eid2609.200749
2. Marshall JE, Mercaldo RA, Lipner EM, Prevots DR. Nontuberculous mycobacteria testing and culture positivity in the United States. *BMC Infect Dis*. 2024;24(1):288. doi: 10.1186/s12879-024-09059-9
3. Streltsova EN, Ryzhkova OA, Rubalsky EO, Abdrakhmanova RO, Baeva GR. Features and prevalence of causative agents of mycobacterioses. *Vestnik Tsentral'nogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Tuberkuleza*. 2025;9(1):10-17. (In Russ.) doi: 10.57014/2587-6678-2025-9-1-10-17
4. Tursunova NV, Guselnikova EP, Gordееva EI. Non-tuberculosis mycobacteria species circulating in the Siberian Federal District of Russia. *Vestnik Sovremennoy Klinicheskoy Meditsiny*. 2024;17(5):113-118. (In Russ.) doi: 10.20969/VSKM.2024.17(5).113-118
5. Hoefsloot W, van Ingen J, Andrejak C, et al.; Nontuberculous Mycobacteria Network European Trials Group. The geographic diversity of nontuberculous mycobacteria isolated from pulmonary samples: An NTM-NET collaborative study. *Eur Respir J*. 2013;42(6):1604-1613. doi: 10.1183/09031936.00149212
6. van Ingen J, Bendien SA, de Lange WCM, et al. Clinical relevance of non-tuberculous mycobacteria isolated in the Nijmegen-Arnhem region, the Netherlands. *Thorax*. 2009;64(6):502-506. doi: 10.1136/thx.2008.110957
7. Alkhovik OI, Meshkov IO, Petrenko TI, Evdokimova LS. Identification of non-tuberculous mycobacteria circulating in different regions of Siberia and analysis of their drug resistance. *Tuberkulez i Bolezni Legkikh*. 2019;97(10):5-11. (In Russ.) doi: 10.21292/2075-1230-2019-97-10-5-11
8. Eliseev PI, Gurieva TI, Nikishova EI, Khimova ES, Maryandyshov AO. Detection of non-tuberculous mycobacteria and treatment of mycobacteriosis in Arkhangelsk Oblast in 2010–2020. *Tuberkulez i Bolezni Legkikh*. 2024;102(5):12-20. (In Russ.) doi: 10.58838/2075-1230-2024-102-5-12-20
9. Dakić I, Arandjelović I, Savić B, et al. Pulmonary isolation and clinical relevance of nontuberculous mycobacteria during nationwide survey in Serbia, 2010–2015. *PLoS One*. 2018;13(11):e0207751. doi: 10.1371/journal.pone.0207751
10. Chanchaonthana W, Kamolratanakul S, Rotcheewaphan S, Leelahavanichkul A, Schultz MJ. Recent advances in immunopathogenesis and clinical practice: Mastering the challenge-managing of non-tuberculous mycobacteria. *Front Immunol*. 2025;16:1554544. doi: 10.3389/fimmu.2025.1554544
11. Anisimova AI, Pavlova MV, Archakova LI, et al. Mycobacteriosis of the lungs: Difficulties of diagnosis and treatment (literature review). *Meditsinskiy Al'yans*. 2020;8(1):25-31. (In Russ.) doi: 10.36422/23076348-2020-8-1-25-31
12. Rea LM, Parker RA. *Designing and Conducting Survey Research: A Comprehensive Guide*. 4th ed. San Francisco, CA: Jossey-Bass; 2014.
13. Baulin IA, Berkhanova ZB, Torkatiuk EA, Sinityna AV, Sinelnikova EV. Difficulties in diagnosing pulmonary mycobacteriosis (review). *Meditsinskiy Al'yans*. 2025;13(1):86-96. (In Russ.) doi: 10.36422/23076348-2025-13-1-86-96
14. Petrova LV, Melnikova EI, Soloviev YuA, Larionova EE, Sevastyanova EV. Detection of non-tuberculous mycobacteria in Mari El Republic. *Tuberkulez i Bolezni Legkikh*. 2018;96(2):41-46. (In Russ.) doi: 10.21292/2075-1230-2018-96-2-41-46
15. Oteva SYu, Polonskaya DE. The occurrence of non-tuberculosis mycobacteria among Krasnoyarsk city population. *Vestnik KrasGAU*. 2013;(7):180-183. (In Russ.)

16. Starkova DA, Zhuravlev VYu, Vyazovaya AA, Solovieva NS, Kulikova ON, Narvskaya OV. Species diversity of non-tuberculous mycobacteria in patients with mycobacteriosis in the North-Western Federal District of Russia. *Tuberkulez i Bolezni Legkikh*. 2019;97(6):16-22. (In Russ.) doi: 10.21292/2075-1230-2019-97-6-16-22
17. Bujnevich IV, Ruzanov DYU, Zolotuhina LV, Bondarenko VN, Majseenko VI, Zhuravleva NYu. Prevalence of nontuberculous mycobacteria in Gomel region. *Problemy Zdorov'ya i Ekologii*. 2020;(2(64)):78-84. (In Russ.) doi: 10.51523/2708-6011.2020-17-2-11
18. Kim HO, Lee K, Choi HK, Ha S, Lee SM, Seo GH. Incidence, comorbidities, and treatment patterns of non-tuberculous mycobacterial infection in South Korea. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(45):e17869. doi: 10.1097/MD.00000000000017869
19. Wang X, Li T, Liu Y, Zhu Y, Chen L, Gao Y. Clinical characteristics of patients with nontuberculous mycobacterium pulmonary disease in Fuyang, China: A retrospective study. *Infect Drug Resist*. 2024;(17):3989-4000. doi: 10.2147/IDR.S475652
20. Babalik A, Koç EN, Sekerbey HG, Dönmez GE, Balıkçı A, Kilicaslan Z. Nontuberculous mycobacteria isolation from sputum specimens: A retrospective analysis of 1061 cases. *Int J Mycobacteriol*. 2023;12(1):55-65. doi: 10.4103/ijmy.ijmy_10_23

Сведения об авторах:

✉ **Петров** Илья Владимирович – к.м.н., доцент кафедры фундаментальной медицины ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»; доцент кафедры цифровых технологий в здравоохранении Казанской государственной медицинской академии – филиала ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России; e-mail: ilia.v.petrov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2097-5679>.

Патяшина Марина Александровна – д.м.н., заведующая кафедрой эпидемиологии и дезинфектологии Казанской государственной медицинской академии – филиала Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования Минздрава России; e-mail: epidkgma@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6302-3993>.

Соколова Надежда Геннадьевна – главный врач ГБУ РМЭ «Республиканский противотуберкулезный диспансер», главный внештатный специалист фтизиатр Министерства здравоохранения Республики Марий Эл; e-mail: rptd@mari-el.gov.ru.

Петрова Людмила Витальевна, к.м.н., заведующая бактериологической лабораторией ГБУ РМЭ «Республиканский противотуберкулезный диспансер»; доцент кафедры биохимии, клеточной биологии и микробиологии ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет»; e-mail: lvps@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2261-2107>.

Альмухаметов Артур Амирович – ассистент кафедры общественного здоровья и организации здравоохранения ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России; ассистент кафедры цифровых технологий в здравоохранении Казанской государственной медицинской академии – филиала Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования Минздрава России; e-mail: artur_efendi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4507-4914>.

Галияхметов Алмаз Ильгизарович – ассистент кафедры общественного здоровья и организации здравоохранения ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Минздрава России; ассистент кафедры цифровых технологий в здравоохранении Казанской государственной медицинской академии – филиала Российской медицинской академии непрерывного профессионального образования Минздрава России; e-mail: megane999@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1267-9973>.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Петров И.В., Патяшина М.А.*; сбор данных: *Петров И.В.*; анализ и интерпретация результатов: *Петров И.В., Альмухаметов А.А., Соколова Н.Г., Петрова Л.В.*; обзор литературы: *Петров И.В., Галияхметов А.И.*; подготовка проекта рукописи: *Петров И.В.* Все авторы рассмотрели результаты и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: исследование одобрено комитетом по этике КГМА – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России от 13 июня 2024 года № 03/06.

Финансирование: исследование проведено без спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Статья получена: 02.06.25 / Принята к публикации: 04.12.25 / Опубликована: 22.12.25

Author information:

✉ Iliya V. Petrov, Cand. Sci. (Med.), Associate Professor, Department of Fundamental Medicine, Mari State University; Associate Professor, Department of Digital Technologies in Healthcare, Kazan State Medical Academy – Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; e-mail: ilia.v.petrov@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2097-5679>.

Marina A. Petyashina, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Epidemiology and Disinfection, Kazan State Medical Academy – Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; e-mail: epidkgma@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6302-3993>.

Nadezhda G. Sokolova, Chief Physician, Republican Tuberculosis Dispensary; Chief Freelance Phthisiologist; e-mail: rptd@mari-el.gov.ru.

Ludmila V. Petrova, Cand. Sci. (Med.), Head of the Laboratory of Bacteriology, Republican Tuberculosis Dispensary; Associate Professor, Department of Biochemistry, Cell Biology and Microbiology, Mari State University; e-mail: lvps@bk.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2261-2107>.

Artur A. Almukhametov, Assistant, Department of Public Health and Healthcare Organization, Kazan State Medical University; Assistant, Department of Digital Technologies in Healthcare, Kazan State Medical Academy – Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; e-mail: artur_efendi@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4507-4914>.

Almaz I. Galiakhmetov, Assistant, Department of Public Health and Healthcare Organization, Kazan State Medical University; Assistant, Department of Digital Technologies in Healthcare, Kazan State Medical Academy – Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education; e-mail: megane999@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1267-9973>.

Author contributions: study conception and design: *Petrov I.V., Petyashina M.A.*; data collection: *Petrov I.V.*; analysis and interpretation of results: *Petrov I.V., Almukhametov A.A., Sokolova N.G., Petrova L.V.*; bibliography compilation and referencing: *Petrov I.V., Galiakhmetov A.I.*; draft manuscript preparation: *Petrov I.V.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: The study was approved by the Ethics Committee of the Kazan State Medical Academy – Branch of the Russian Medical Academy of Continuing Professional Education of the Ministry of Health of the Russian Federation (protocol No. 03/06 of June 13, 2024).

Funding: The authors received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: June 2, 2025 / Accepted: December 4, 2025 / Published: December 22, 2025