

Нетуберкулёзные микобактерии: основные свойства и особенности их культивирования

Г. Н. ГЕНАТУЛЛИНА, *А. Л. ЯСЕНЯВСКАЯ, М. А. САМОТРУЕВА, О. В. РУБАЛЬСКИЙ

ФГБОУ ВО Астраханский государственный медицинский университет, Астрахань, Россия

Резюме

В последние годы отмечается рост заболеваемости микобактериозами. Диагностика микобактериозов остаётся крайне затруднительной, в первую очередь из-за сходства клинико-рентгенологической картины с таковой при туберкулёзе. Культивирование микобактерий требует индивидуального подхода в зависимости от типа микобактерий и условий их культивирования. Освещение и внедрение методов культивирования способствуют повышению эффективности диагностики и лечения заболеваний, вызываемых микобактериями. Распространённость микобактериозов, представляющих на сегодняшний день серьёзную проблему как для врачей-клиницистов, так и для специалистов лабораторной службы требует разработки новой стратегии их микробиологической диагностики, позволяющей быстро детектировать лекарственную устойчивость к ним, выявлять нетуберкулёзные микобактерии и назначать адекватный режим химиотерапии, повышая эффективность лечения и предотвращая распространение лекарственно-устойчивых штаммов микобактерий.

Ключевые слова: нетуберкулёзные микобактерии, микобактериозы, культуральные методы, питательные среды

Для цитирования: Генатуллина Г. Н., Ясенявская А. Л., Самотруева М. А., Рубальский О. В. Нетуберкулёзные микобактерии: основные свойства и особенности их культивирования. *Антибиотики и химиотер.* 2025; 70 (5–6): 58–63. doi: <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2025-70-5-6-58-63>. EDN: CGGRHI.

Non-tuberculous Mycobacteria: Basic Properties and Methods of Their Cultivation

GUZEL N. GENATULLINA, *ANNA L. YASENYAVSKAYA, MARINA A. SAMOTRUEVA, OLEG V. RUBALSKY

Astrakhan State Medical University of the Ministry of Health of Russian Federation, Astrakhan, Russia

Abstract

In recent years, an increase in the incidence of mycobacteriosis was observed. Diagnosis of mycobacteriosis remains extremely difficult, primarily due to the similarity of the clinical and radiological picture with that of tuberculosis. Cultivation of mycobacteria requires an individual approach depending on the type of mycobacteria and the conditions of their cultivation. Coverage and implementation of cultivation methods contribute to increasing the efficiency of diagnosis and treatment of diseases caused by mycobacteria. The prevalence of mycobacteriosis, which today represents a serious problem for both clinicians and laboratory specialists, requires the development of a new strategy for their microbiological diagnostics, allowing for rapid detection of drug resistance, identification of non-tuberculous mycobacteria, and the prescription of an adequate chemotherapy regimen, as well as increasing the effectiveness of treatment and preventing the spread of drug-resistant strains of mycobacteria.

Keywords: non-tuberculous mycobacteria, mycobacteriosis, cultural methods, nutrient media

For citation: Genatullina G. N., Yasyavskaya A. L., Samotruева M. A., Rubalsky O. V. Non-tuberculous mycobacteria: basic properties and methods of their cultivation. *Antibiotiki i Khimioter = Antibiotics and Chemotherapy.* 2025; 70 (5–6): 58–63. doi: <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2025-70-5-6-58-63>. EDN: CGGRHI.

Введение

На сегодняшний день отмечается активный рост заболеваний, которые связывают с потенциально патогенными представителями рода *Mycobacterium*, отличающимися по своим характеристикам от микобактерий туберкулёза, в связи с чем получившими название атипичные или нетубер-

кулёзные микобактерии (НТМБ). Микобактерии представляют собой уникальную группу микроорганизмов, обладающих значительным биологическим и медицинским потенциалом, что обусловлено их кислотоустойчивостью и наличием патогенных видов, вызывающих серьёзные заболевания у миллионов людей. Вследствие этого они

*Адрес для корреспонденции:
E-mail: yasen_9@mail.ru



*Correspondence to:
E-mail: yasen_9@mail.ru



EDN: CGGRHI

являются одними из наиболее значимых объектов исследования в современной микробиологии и клинической медицине. Атипичный микобактериоз, вызываемый нетуберкулёзными микобактериями, представляет собой серьёзную медицинскую проблему, требующую особого подхода к диагностике и лечению. Эти микроорганизмы способны поражать практически все органы и системы человека, особенно у иммунокомпрометированных пациентов. Важно отметить, что НТМБ могут бессимптомно присутствовать в организме, что усложняет раннюю диагностику [1, 2].

История изучения микобактерий берёт своё начало в середине XX века, когда впервые были описаны НТМБ, способные вызывать заболевания у человека. В 1954 г. А. Timre и E. Runyon опубликовали работу, ставшую основополагающей для систематического изучения этой группы микроорганизмов. В результате данной работы была введена новая нозологическая единица — микобактериоз, которая кодируется в Международной классификации болезней (МКБ-10) как A31 (для пациентов без ВИЧ-инфекции) и B20.0 (для ВИЧ-инфицированных) [3].

На сегодняшний день описано более 200 видов НТМБ, из которых около 50 являются патогенными и способны вызывать микобактериозы различной локализации, поражая не только лёгкие, но и кожу, лимфатические узлы, костную систему и другие органы, что существенно усложняет их диагностику и лечение [4]. За последние десятилетия частота микобактериозов значительно возросла, что связано с увеличением числа иммунокомпрометированных пациентов, имеющих различные коморбидные состояния, а также с совершенствованием методов диагностики. Иммуносупрессивная терапия, применяемая в лечении тяжёлых гипериммунных заболеваний, при трансплантации органов и лечении аутоиммунных состояний, а также первичные и вторичные иммунодефициты неинфекционной этиологии, существенно повышают риск инфицирования НТМБ [5].

Антибиотикорезистентность также представляет собой одну из наиболее острых и глобальных проблем для современной медицины. Бактериальные инфекции, включая нетуберкулёзные микобактериальные заболевания, характеризуются стремительным ростом устойчивости к широкому спектру лекарственных препаратов [6]. Этот феномен не только усложняет лечение, но и значительно увеличивает риск развития хронических форм инфекций и летальных исходов. В условиях нарастающей антибиотикорезистентности, культивирование микобактерий и изучение механизмов их устойчивости становятся ключевыми задачами для разработки новых терапевтических стратегий и предотвращения дальнейшего распространения резистентных штаммов.

Одной из ключевых проблем в борьбе с НТМБ является сложность их идентификации. В России окончательная идентификация этих микроорганизмов возможна только в специализированных лабораториях, что существенно ограничивает доступ к качественной диагностике в большинстве медицинских учреждений. Недостаточная осведомлённость врачей и бактериологов о возможности атипичного микобактериоза, а также ограниченные лабораторные ресурсы значительно затрудняют своевременную постановку диагноза [7]. Лабораторная диагностика НТМБ сталкивается с дополнительными вызовами из-за необходимости дифференцировать их от других оппортунистических инфекций, таких как туберкулёз и цитомегаловирусная инфекция. Сходство клинических симптомов и результатов лабораторных исследований часто приводит к неправильной интерпретации данных, особенно у ВИЧ-инфицированных пациентов [8].

Диагностика микобактериозов представляет собой сложную задачу из-за неоднородности группы НТМБ. Существует общепринятая классификация НТМБ, основанная на скорости роста на питательных средах и способности образовывать пигмент. Эта классификация играет ключевую роль в систематизации и идентификации микобактерий, что важно для выбора эффективных методов лечения и профилактики. В публикациях отечественных авторов основное внимание уделяется медленно растущим НТМБ, идентифицированным с помощью молекулярно-генетических методов. Медленно растущие НТМБ трудно культивировать в лабораторных условиях, что требует длительного времени и специальных условий. Молекулярно-генетические методы позволяют ускорить процесс идентификации и повысить точность диагностики, что особенно важно в условиях ограниченного времени и ресурсов [9, 10]. Быстрорастущие НТМБ представляют меньшую клиническую значимость и считаются контаминирующей микрофлорой. Эти микроорганизмы способны расти на плотных и жидких питательных средах менее чем за три дня, что позволяет быстро их обнаружить и исключить из дальнейшего исследования [7, 10]. Однако в некоторых случаях быстрорастущие НТМБ могут вызывать инфекции, особенно у иммунокомпрометированных пациентов, поэтому их идентификация также важна.

НТМБ можно классифицировать не только по скорости роста и способности образовывать пигмент, но и по их филогенетическим свойствам [11]. Наиболее чётко описаны три комплекса НТМБ, каждый из которых включает несколько видов:

— *M. avium complex* включает виды *M. avium*, *M. intracellulare* и *M. scrofulaceum*. Эти микобак-

терии часто вызывают инфекции дыхательных путей и лимфатической системы.

— *M. fortuitum complex* включает виды *M. fortuitum* и *M. chelonae*. Эти микроорганизмы чаще всего вызывают инфекции кожи и мягких тканей, а также могут быть связаны с внутрибольничными инфекциями.

— *M. terrae complex* включает виды *M. terrae*, *M. triviale* и *M. nonchromogenicum*. Эти микобактерии обычно вызывают хронические инфекции кожи и мягких тканей [12].

За последние годы появились данные о выделении ещё двух комплексов НТМБ:

— *M. mucogenicum-phocaicum complex*, включающий виды *M. mucogenicum*, *M. phocaicum* и вызывающий инфекции дыхательных путей, кожи и мягких тканей;

M. intracellulare-chimaera complex, включающий вид *M. intracellulare* и химерный штамм *M. intracellulare-chimaera*, вызывающий хронические инфекции дыхательных путей и лимфатической системы [13].

Важно в зависимости от вида использовать оптимальные методы их идентификации. Культуральные методы исследования НТМБ имеют высокую специфичность, но низкая чувствительность может приводить к ложноотрицательным результатам. Кроме того, положительный результат может быть обусловлен как патогенным процессом, так и загрязнением образца из окружающей среды или бессимптомным носительством. Это требует строгого соблюдения противоэпидемического режима в бактериологических лабораториях и проведения микробиологического мониторинга объектов окружающей среды [5, 8, 10].

На сегодняшний день диагностика микобактериозов стала более эффективной благодаря внедрению современных методов, таких как культивирование в автоматизированных системах с использованием жидких питательных сред (например, BACTEC MGIT), молекулярно-генетические методы (ПЦР), высокопроизводительная жидкостная хроматография миколовых кислот (HPLC) и MALDI-TOF-масс-спектрометрия. Эти технологии не только ускоряют процесс диагностики, но и повышают точность выявления микобактерий, что способствует более раннему началу терапии и снижению риска развития осложнений [14].

В России диагностика микобактериозов проводится на основе классификации НТМБ по скорости роста на питательных средах и способности к пигментообразованию. Особое внимание уделяется медленнорастущим НТМБ, идентификация которых чаще всего осуществляется молекулярно-генетическими методами. Быстрорастущие НТМБ, имеющие скорость роста менее 3 сут., обычно рассматриваются как контаминирующая

микрофлора, что может приводить к недооценке их патогенной роли [15].

Таким образом, освещение и внедрение современных методов культивирования и молекулярной диагностики микобактерий играют ключевую роль в своевременном и точном выявлении атипичных микобактериозов. Эти меры способствуют повышению эффективности лечения, снижению заболеваемости и улучшению качества жизни пациентов. Комплексный подход, включающий междисциплинарное взаимодействие, модернизацию лабораторной базы и повышение квалификации специалистов, является необходимым условием для успешной борьбы с этой серьёзной медицинской проблемой.

Культивирование микобактерий, включая НТМБ, является ключевым этапом в диагностике и изучении инфекционных заболеваний. Этот процесс требует тщательного подбора питательных сред, оптимальных условий и методов, а также предварительной обработки образцов для деконтаминации. Этот этап предотвращает контаминацию культур и обеспечивает достоверность результатов. В приказе Министерства здравоохранения Российской Федерации № 109 «Об улучшении противотуберкулёзных мероприятий в Российской Федерации» описаны основные методы обеззараживания и разжижения мокроты, которые применяются в лабораторной диагностике туберкулёза. Эти методы включают обработку материала 10% раствором трёхосновного фосфата натрия (Na_3PO_4), 3% серной кислотой (H_2SO_4) и 4% раствором гидроксида натрия (NaOH).

Обработка материала 10% раствором трёхосновного фосфата натрия (Na_3PO_4) является одним из наиболее эффективных методов для подавления сопутствующей микрофлоры, что позволяет сохранить жизнеспособность микобактерий туберкулёза. Он действует как буферный раствор, поддерживая оптимальный уровень pH, что препятствует размножению большинства патогенных микроорганизмов. При температуре +4°C микобактерии могут сохранять свою жизнеспособность в течение 2–3 дней. Однако его влияние на быстрорастущие НТМБ требует дополнительного изучения, так как они могут иметь отличия в структуре клеточной стенки. Гидроксид натрия и серная кислота являются высокотоксичными веществами, которые эффективно уничтожают контаминирующую микрофлору и микобактерии. Предварительная обработка образцов этими веществами требует строгого соблюдения времени экспозиции, так как превышение рекомендованных параметров может привести к полному уничтожению микобактерий. Однако они не полностью подавляют рост НТМБ, что может затруднить их последующую идентификацию.

В связи с недостаточной эффективностью и токсичностью некоторых методов, нормативные документы предлагают альтернативные способы обеззараживания, такие как использование N-ацетил-L-цистеина (NALC) в сочетании с гидроксидом натрия (NaOH), 5% щавелевой кислоты ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) или 4% серной кислоты (H_2SO_4). NALC является муколитическим агентом, который эффективно разжижает биоматериал, облегчая его транспортировку и обработку. Этот метод позволяет значительно снизить концентрацию гидроксида натрия (NaOH), используемого для обеззараживания, до 1%. Это снижает негативное влияние на микобактерии и минимизирует риск их гибели. Однако NALC является более трудоёмким и дорогостоящим методом, что ограничивает его применение в рутинной практике. При высокой степени загрязнения биоматериала контаминирующими микроорганизмами, особенно у пациентов с мукковисцидозом, рекомендуется использовать более агрессивные методы обеззараживания. Щавелевая и серная кислоты обладают высокой бактерицидной активностью и эффективно уничтожают неферментирующие грамотрицательные микроорганизмы и энтеробактерии. Эти методы особенно полезны при работе с образцами, содержащими значительное количество посторонних микроорганизмов, которые могут затруднить выделение микобактерий.

Проблема качественной дезинфекции биобразцов является одной из основных причин низкой чувствительности культурального метода исследования микобактерий, которая составляет около 80–90% [7, 16]. Деконтаминация мокроты перед посевом на питательные среды критически важна для обеспечения точности диагностики. Однако даже при строгом соблюдении всех этапов обработки, доаналитические ошибки, связанные с условиями хранения и подготовки проб, могут составлять от 50 до 68% всех ошибок в диагностике туберкулёза [4, 17]. Эти ошибки могут быть связаны с размножением контаминирующей микрофлоры, что приводит к искажению результатов посева.

Ключевую роль в сохранении жизнеспособности микобактерий играют и условия хранения биобразцов. Наиболее предпочтительным вариантом является быстрая доставка образцов в лабораторию, что позволяет минимизировать риск размножения контаминирующей микрофлоры. В случае невозможности немедленной доставки, образцы могут быть охлаждены в холодильнике при температуре +5–10°C. Однако хранение без консерванта при таких условиях не исключает возможности размножения психрофильной условно-патогенной микрофлоры, что может повлиять на качество результатов. При работе с образцами, содержащими НТМБ, необходимо учитывать влияние дезинфицирующих средств на

рост микобактерий. Некоторые из них могут уничтожить до 90% микобактерий [18], что существенно снижает вероятность их успешного выделения. Поэтому при подготовке проб следует использовать методы, которые минимально влияют на жизнеспособность микобактерий при сохранении эффективности обеззараживания. Выбор метода обеззараживания биоматериала является ключевым фактором в обеспечении точности и чувствительности диагностики возбудителя микобактериозов. Необходимо продолжать исследования и разработку новых, более щадящих методов обработки, которые позволят подавить быстрорастущие условно-патогенные микроорганизмы при сохранении жизнеспособности микобактерий. Такие методы должны учитывать особенности клеточной стенки микобактерий и минимизировать их гибель на всех этапах обработки, что позволит улучшить качество лабораторных исследований и повысить эффективность противомикобактериозных мероприятий.

После этапа качественной пробоподготовки материала наступает непосредственное культивирование микобактерий, которое является ключевым методом диагностики микобактериозов, включая туберкулёз и НТМБ. Этот процесс требует тщательного подхода, так как от выбора питательных сред, добавок и условий инкубации зависит эффективность и чувствительность метода. Широко используются в специализированных микробиологических лабораториях многокомпонентные питательные среды. В состав таких сред входят неорганические соли, альбумин, глицерин, декстроза и Tween 80. Эти компоненты обеспечивают необходимые метаболические процессы и поддерживают рост микобактерий.

Для культивирования микобактерий используются как плотные, так и жидкие питательные среды. Среди плотных сред наиболее популярны среды Финн-П и Левенштейна–Йенсена, которые обеспечивают оптимальные условия для роста большинства микобактерий, включая медленно-растущие виды [4, 7]. Они содержат яичный желток и вещества, которые ингибируют рост контаминантов, обеспечивая чистоту культуры. Например, среда Левенштейна–Йенсена рекомендована Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) для первичного выделения микобактерий. Микобактерии относятся к аэробам и предпочитают температуру 37–38°C и pH 6,8–7,2. Однако микроаэрофильные условия с 5–10% CO_2 могут значительно ускорить рост микобактерий [11]. Медленный рост является характерной чертой этих микроорганизмов: колонии появляются только через 15–40 дней [19]. Плотные среды применяются для первичного выделения и идентификации, а жидкие среды, например Middlebrook 7H9, используются в системах типа BACTEC MGIT.

Эти системы значительно сокращают время культивирования до 2–12 нед. и позволяют быстрее выявлять патогены, что особенно важно для клинической диагностики. Автоматические и полуавтоматические системы, работающие с жидкими средами, значительно сокращают время диагностики и уменьшают риск контаминации. Эти системы используют современные технологии, такие как флуоресцентные детекторы, для быстрого обнаружения роста микобактерий.

Культивирование НТМБ представляет собой более сложную задачу по сравнению с культивированием микобактерий туберкулёзного комплекса, так как НТМБ являются неоднородной группой микроорганизмов. Некоторые виды НТМБ растут быстро, другие — медленно, а некоторые могут проявлять уникальные метаболические особенности, затрудняющие их выделение. Оптимальная стратегия культивирования НТМБ включает использование комбинации плотных и жидких сред. Плотные среды, такие как Финн-П, обеспечивают надёжное выделение медленно растущих видов, которые могут быть упущены при использовании только жидких сред из-за их медленного метаболизма. Жидкие среды, в свою очередь, ускоряют процесс и позволяют быстрее обнаруживать быстрорастущие виды, снижая риск ложноположительных результатов из-за контаминации. Даже при использовании современных автоматических систем, важно проводить визуальную проверку всех отрицательных результатов. Это можно сделать с помощью прямой микроскопии или пересева на плотные среды. Такой подход позволяет исключить ложноотрицательные результаты и обеспечить более точную диагностику.

Литература/References

- Петрова Ф. С., Петров И. В., Амирова Т. Х., Петрова Л. В. Микобактериоз: обзор доказанных клинических проявлений у человека. Вестник Авиценны. 2020; 22 (3): 484–490. doi: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2020-22-3-484-490>. [Petrova F. S., Petrov I. V., Amirova T. H., Petrova L. V. Mikobakterioz: obzor dokazannykh klinicheskikh proyavlenij u cheloveka. Vestnik Avicenny. 2020; 22 (3): 484–490. doi: <https://doi.org/10.25005/2074-0581-2020-22-3-484-490> (in Russian)].
- Daley C. L., Griffith D. E. Pulmonary non-tuberculous mycobacterial infections. Int. J. Tuberc. Lung. Dis. 2010; 14 (6): 665–671.
- Герасимова Е. Н., Исмагуллин Д. Д., Лямин А. В., Жестков А. В. Общая характеристика, особенности культивирования и антибиотикорезистентности представителей *Mycobacterium fortuitum* group (обзор литературы). Клиническая лабораторная диагностика. 2021; 66 (4): 223–228. doi: <https://doi.org/10.51620/0869-2084-2021-66-4-223-228>. [Gerasimova E. N., Ismatullin D. D., Lyamin A. V., Zhestkov A. V. Obshchaya harakteristika, osobennosti kul'tivirovaniya i antibiotikorezistentnosti predstavitelej *Mycobacterium fortuitum* group (obzor literatury). Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika. 2021; 66 (4): 223–228. doi: <https://doi.org/10.51620/0869-2084-2021-66-4-223-228> (in Russian)].
- Лямин А. В., Жестков А. В., Исмагуллин Д. Д., Ковалев А. М. Лабораторная диагностика микобактериозов. Вестник современной клинической медицины. 2017; 10 (1): 29–35. doi: [https://doi.org/10.20969/VSKM.2017.10\(1\).29-35](https://doi.org/10.20969/VSKM.2017.10(1).29-35). [Lyamin A. V., Zhestkov A. V., Ismatullin D. D., Kovalev A. M. Laboratornaya diagnostika mikobakteriozov. Vestnik Sovremennoj Klinicheskoy mediciny. 2017; 10 (1): 29–35. doi: [https://doi.org/10.20969/VSKM.2017.10\(1\).29-35](https://doi.org/10.20969/VSKM.2017.10(1).29-35) (in Russian)].

Таким образом, культивирование микобактерий — это сложный и многогранный процесс, требующий индивидуального подхода в зависимости от типа микобактерий и условий их культивирования. Использование комбинации плотных и жидких питательных сред, а также визуальная проверка результатов, позволяет значительно повысить эффективность диагностики микобактериозов и обеспечить более точные результаты.

Заключение

Освещение и внедрение современных методов культивирования способствуют повышению эффективности диагностики и лечения заболеваний, вызываемых микобактериями. Распространённость микобактериозов, представляющих на сегодняшний день серьёзную проблему как для врачей-клиницистов, так и для специалистов лабораторной службы требует разработки новой стратегии их микробиологической диагностики, позволяющей быстро детектировать лекарственную устойчивость к ним, выявлять НТМБ и назначать адекватный режим химиотерапии, повышая эффективность лечения и предотвращая распространение лекарственно-устойчивых штаммов микобактерий.

Финансирование. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства здравоохранения РФ в части проведения НИР по теме «Разработка тест-систем для скрининговой ПЦР-диагностики, мониторинга течения микобактериозов и видовой ПЦР-идентификации микобактерий».

- Nogueira L. B., Garcia C. N., Costa M. S. C., Moraes M. B., Kurizky P. Sh., Gomes C. M. Non-tuberculous cutaneous mycobacterioses. An. Bras. Dermatol. 2021; 96 (05): 527–538. doi: [10.1016/j.abd.2021.04.005](https://doi.org/10.1016/j.abd.2021.04.005)
- Sprenger M., Fukuda K. New mechanisms, new worries. Science. 2016; 351: 1263–1264. doi: [10.1126/science.aad9450](https://doi.org/10.1126/science.aad9450)
- Лямин А. В., Исмагуллин Д. Д., Жестков А. В., Кондратенко О. В. Лабораторная диагностика микобактериозов у пациентов с муковисцидозом (обзор литературы). Клиническая лабораторная диагностика. 2018; 63 (5): 315–320. doi: <https://doi.org/10.18821/0869-2084-2018-63-5-315-320>. [Lyamin A. V., Ismatullin D. D., Zhestkov A. V., Kondratenko O. V. Laboratornaya diagnostika mikobakteriozov u pacientov s mukoviscidozom (obzor literatury). Klinicheskaya Laboratornaya Diagnostika. 2018; 63 (5): 315–320. doi: <https://doi.org/10.18821/0869-2084-2018-63-5-315-320> (in Russian)].
- Петров И. В., Амирова Т. Х., Петрова Л. В., Петрова Ф. С. Проблемы эпидемиологии и диагностики микобактериоза среди иммунокомпрометированных пациентов (на примере ВИЧ-инфекции). Вестник ЦНИИТ. 2019; 1: 43–44. [Petrov I. V., Amirova T. H., Petrova L. V., Petrova F. S. Problemy epidemiologii i diagnostiki mikobakterioza sredi immunokomprometirovannykh pacientov (na primere VICH-infekcii). Vestnik CNIIT. 2019; 1: 43–44 (in Russian)].
- Макарова М. В., Гунтупова Л. Д. Нетуберкулёзные микобактерии. БИОпрепараты. Профилактика, диагностика, лечение. 2020; 20 (2): 97–102. doi: <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2020-20-2-97-102>. [Makarova M. V., Guntupova L. D. Netuberkuleznye mikobakterii. BIOpreparaty. Profilaktika, Diagnostika, Lechenie. 2020; 20 (2): 97–102. doi: <https://doi.org/10.30895/2221-996X-2020-20-2-97-102> (in Russian)].

10. Эргешов А. Э., Шмелёв Е. И., Ковалевская М. Н. и др. Нетуберкулезные микобактерии у пациентов с заболеваниями органов дыхания (клинико-лабораторное исследование). Пульмонология. 2016; 26 (3): 303–308. [Ergeshov A. E., Shmelev E. I., Kovalevskaya M. N. i dr. Netuberkuleznye mikobakterii u pacientov s zabolevaniyami organov dyhaniya (kliniko-laboratornoe issledovanie). Pul'monologiya. 2016; 26 (3): 303–308. (in Russian)].
11. Долгова В. В., Меньшикова В. В. Клиническая лабораторная диагностика: национальное руководство: в 2 т. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013. Т. II., 808 с. [Dolgova V. V., Men'shikova V. V. Klinicheskaya laboratornaya diagnostika: nacional'noe rukovodstvo: v 2 t. M.: GEOTAR-Media, 2013. T. II., 808 s (in Russian)].
12. Tortoli E., Rindi L., Garcia M. J. et al. Proposal to elevate the genetic variant MAC-A, included in the *Mycobacterium avium* complex, to species rank as *Mycobacterium chimaera* sp. nov. Int. J. Syst. Evol. Micr. 2004; 54: 1277–1285.
13. Adekambi T., Berger P., Raoult D., Drancourt M. RpoB gene sequence-based characterization of emerging non-tuberculous mycobacteria with descriptions of *Mycobacterium bolletii* sp. nov., *Mycobacterium phocaicum* sp. nov. and *Mycobacterium aubagnense* sp. nov. Int. J. Syst. Evol. Micr. 2006; 56: 133–143.
14. Petrov I. V., Novikova M. O., Petrova L. V. et al. Prevention of healthcare associated infections in the tuberculosis health center. Helix Int. J. 2017; 8 (1): 2958–2963.
15. Бурова П. О. Современные методы диагностики микобактериозов. FORCIPE. 2019; приложение, 595–596. [Burova P. O. Sovremennye metody diagnostiki mikobakteriozov. FORCIPE. 2019; prilozhenie, 595–596 (in Russian)].
16. Голышевская В. И., Севастьянова Э. В. Современное состояние микробиологической диагностики туберкулеза в России. Актуальные проблемы туберкулеза и болезней лёгких: материалы научной сессии, посвящённой 85-летию ЦНИИТ РАМН. 2006; 17–18. [Golyshevskaya V. I., Sevast'yanova E. V. Sovremennoe sostoyanie mikrobiologicheskoy diagnostiki tuberkuleza v Rossii. Aktual'nye problemy tuberkuleza i boleznej legkih: materialy nauchnoj sessii, posvyashchennoj 85-letiyu CNIIT RAMN. 2006; 17–18. (in Russian)].
17. Лопак К. В., Сабгайда Т. П., Попов С. А. Новый интегральный показатель «эпидемиологический потенциал туберкулеза». Социальные аспекты здоровья населения. 2009; 1, 4. [Lopakov K. V., Sabgajda T. P., Popov S. A. Novyj integral'nyj pokazatel' «epidemiologicheskij potencial tuberkuleza». Social'nye aspekty zdorov'ya naseleniya. 2009; 1, 4 (in Russian)].
18. Голышевская В. И., Севастьянова Э. В., Иртуганова О. А., Ерохин В. В. Современное состояние лабораторной службы России по диагностике туберкулеза: основные проблемы и пути их преодоления. Проблемы туберкулеза и болезней лёгких. 2006; 12: 36–42. [Golyshevskaya V. I., Sevast'yanova E. V., Irtuganova O. A., Erohin V. V. Sovremennoe sostoyanie laboratornoj sluzhby Rossii po diagnostike tuberkuleza: osnovnye problemy i puti ih preodoleniya. Problemy tuberkuleza i boleznej legkih. 2006; 12: 36–42 (in Russian)].
19. Springer B., Stockman L., Tescher K. Two-laboratory collaborative study on identification of mycobacteria: molecular versus phenotypic method. J. Clin. Microbiol. 1996; 34: 296–303.

Поступила / Received 20.04.2025

Принята в печать / Accepted 04.05.2025

Информация об авторах

Генатуллина Гузель Наилевна — к. б. н., доцент, заместитель руководителя Научно-исследовательского центра, доцент кафедры фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии ФГБОУ ВО Астраханский ГМУ Минздрава России, Астрахань, Россия. ORCID: 0000-0001-5417-4477

Ясенявская Анна Леонидовна — д. м. н., доцент, руководитель Научно-исследовательского центра, профессор кафедры фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России, Астрахань, Россия. ORCID ID: 0000-0003-2998-2864

Самотруева Марина Александровна — д. м. н., профессор, заведующая кафедрой фармакогнозии, фармацевтической технологии и биотехнологии, главный научный сотрудник Научно-исследовательского центра ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России, Астрахань, Россия. ORCID ID: 0000-0001-5336-4455

Рубальский Олег Васильевич — д. м. н., профессор, заведующий кафедрой микробиологии и вирусологии, главный научный сотрудник Научно-исследовательского центра ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава России, Астрахань, Россия. ORCID ID: 0000-0002-2904-9276

About the authors

Guzel N. Genatullina — Ph. D. in Biology, Associate Professor, Deputy Head of the Research Center, Associate Professor of the Department of Pharmacognosy, Pharmaceutical Technology, and Biotechnology, Astrakhan State Medical University of the Ministry of Health of Russian Federation, Astrakhan, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-5417-4477

Anna L. Yasyavskaya — Ph. D. in Medicine, Associate Professor, Head of the Research Center, Professor of the Department of Pharmacognosy, Pharmaceutical Technology, and Biotechnology, Astrakhan State Medical University of the Ministry of Health of Russian Federation, Astrakhan, Russian Federation. ORCID ID: 0000-0003-2998-2864.

Marina A. Samotruueva — D. Sc. in Medicine, Professor, Head of the Department of Pharmacognosy, Pharmaceutical Technology, and Biotechnology, Chief Researcher of the Research Center, Astrakhan State Medical University of the Ministry of Health of Russian Federation, Astrakhan, Russian Federation. ORCID ID: 0000-0001-5336-4455.

Oleg V. Rubalsky — D. Sc. in Medicine, Professor, Head of the Department of Microbiology and Virology, Chief Researcher of the Research Center, Astrakhan State Medical University of the Ministry of Health of Russian Federation, Astrakhan, Russian Federation. ORCID ID: 0000-0002-2904-9276.