

СУДЕБНАЯ МЕДИЦИНА/FORENSIC MEDICINE

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.156.45>

МИКРОБИОМ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ОБЪЕКТ СУДЕБНО-МЕДИЦИНСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ПРАКТИКЕ

Научная статья

Гасанова Н.А.¹, Меденцов А.А.², Колосов Ф.Н.³, Колосов Н.Ф.^{4,*}

² ORCID : 0000-0003-4327-5074;

³ ORCID : 0009-0002-9006-8318;

^{1, 2} Волгоградский государственный университет, Волгоград, Российская Федерация

² Филиал №2 «111 ГГЦ СМ и КЭ МО» МО РФ, Волгоград, Российская Федерация

³ Волгоградский государственный медицинский университет, Волгоград, Российская Федерация

⁴ Волгоградский институт управления – филиал РАНХиГС, Волгоград, Российская Федерация

⁴ Поволжская коллегия адвокатов г. Волгограда, Волгоград, Российской Федерации

* Корреспондирующий автор (krimkol[at]yandex.ru)

Аннотация

Статья посвящена изучению потенциала микробиома в судебно-медицинской экспертизе с фокусом на российскую практику. Рассмотрены применения микробиомных исследований для определения давности наступления смерти, идентификации личности и реконструкции преступлений. Представлены методы, основанные на секвенировании нового поколения, выявлены ограничения внедрения в России и предложены пути развития данного направления. Обоснована необходимость междисциплинарного сотрудничества, создания национальной базы данных и правового регулирования использования микробиома в судебной экспертизе.

Микробиом человека представляет собой уникальную экосистему микроорганизмов, колонизирующих различные участки тела, и в последние годы привлекает все большее внимание судебно-медицинских экспертов как потенциальный источник доказательственной информации. Данная область исследований находится на стыке микробиологии, молекулярной генетики и судебной медицины, открывая новые горизонты для развития экспертной практики.

Ключевые слова: микробиом, танатомикробиом, судебная медицина, идентификация личности, давность наступления смерти, метагеномный анализ, судебно-медицинская экспертиза.

MICROBIOME AS A PROMISING OBJECT OF FORENSIC RESEARCH: CURRENT STATE AND POSSIBILITIES OF APPLICATION IN RUSSIAN PRACTICE

Research article

Gasanova N.A.¹, Medentsov A.A.², Kolosov F.N.³, Kolosov N.^{4,*}

² ORCID : 0000-0003-4327-5074;

³ ORCID : 0009-0002-9006-8318;

^{1, 2} Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

² Branch No. 2 of 111 GHZ SM and CE MO of the Ministry of Defense of the Russian Federation, Volgograd, Russian Federation

³ Volgograd State Medical University, Volgograd, Russian Federation

⁴ Volgograd Institute of Management – Branch of RANEPA, Volgograd, Russian Federation

⁴ Volga Bar Association of Volgograd, Volgograd, Russian Federation

* Corresponding author (krimkol[at]yandex.ru)

Abstract

The article is devoted to the study of the potential of the microbiome in forensic medicine with a focus on Russian practice. Applications of microbiome research for determining the age of death, personal identification and crime reconstruction are reviewed. Methods based on new generation sequencing are presented, limitations of implementation in Russia are shown and ways of development of this direction are suggested. The necessity of interdisciplinary cooperation, creation of a national database and legal regulation of the use of microbiome in forensic examination is substantiated.

The human microbiome is a unique ecosystem of microorganisms colonising various parts of the body, and in recent years it has attracted increasing attention of forensic experts as a potential source of evidentiary information. This area of research lies at the intersection of microbiology, molecular genetics and forensic medicine, opening new horizons for the development of expert practice.

Keywords: microbiome, thanatomicicrobiome, forensic medicine, personal identification, age of death, metagenomic analysis, forensic medical examination.

Введение

Микробиом человека — совокупность геномов микроорганизмов (10–100 трлн клеток), имеющая высокую индивидуальность и потенциал для судебно-медицинской идентификации [1].

Несмотря на активное изучение микробиома в зарубежных исследованиях, в российской судебно-медицинской практике данное направление до настоящего времени остается малоизученным. Ограничено количество

отечественных публикаций и отсутствие систематизированных протоколов исследования подчеркивают необходимость более глубокого изучения этой темы в контексте российской судебной медицины.

Основные результаты

Танатомикробиом — посмертные изменения микробиоты — представляет особый интерес для определения давности наступления смерти (ДНС). Известно, что процессы разложения трупа сопровождаются характерной последовательностью сменяющих друг друга микроорганизмов. Зарубежные исследования 27 трупов с посмертными интервалами от 3,5 до 240 часов выявили, что танатомикробиом внутренних органов (крови, печени, селезенки, сердца и мозга) изменяется предсказуемо и не подвергается прямому влиянию внешних факторов, в отличие от поверхностного некробиома [2]. Динамика изменений микробного состава различных локусов (кожа, полость рта, кишечник, легкие, внутренние органы) имеет потенциал для создания более точных моделей определения ДНС по сравнению с традиционными методами. Метагеномный анализ образцов, взятых в различных временных точках посмертного процесса, выявляет закономерные изменения соотношений различных таксономических групп бактерий, преимущественно облигатных анаэробов *Clostridium spp.*, что может служить своеобразными «молекулярными часами».

Микробиом может также рассматриваться как инструмент для идентификации личности. Установлено, что состав микробиоты человека обладает высокой степенью индивидуальности и относительной стабильностью во времени. Уникальные «микробные отпечатки» кожи, ротовой полости и кишечника могут использоваться как дополнительные идентификационные маркеры, особенно в случаях, когда традиционный ДНК-анализ затруднен. Немаловажно, что микробиологические профили близнецов обнаруживают различия, что открывает дополнительные возможности для экспертной практики. Исследования подтверждают, что микробные профили могут иметь решающее значение в делах о сексуальном насилии, связывая микробиом подозреваемого с биологическими следами на теле жертвы, и даже помогать в определении этнической принадлежности благодаря корреляции микробиомных паттернов с генетическим фоном хозяина. Сочетание митохондриальных маркеров (мтДНК гаплотипы, мтОНП) с микробиомным профилированием повышает точность идентификации даже при отсутствии стандартных ДНК-доказательств, что особенно ценно в сложных судебно-медицинских случаях [3].

Исследование микробиома объектов, связанных с местом происшествия, расширяет инструментарий для реконструкции событий преступления. Анализ микробного состава почвы, воды, тканей одежды может предоставить информацию о перемещениях фигурантов дела и контактах с различными поверхностями. Сравнительный анализ образцов с места происшествия и микробиома подозреваемых лиц может выявить совпадения, указывающие на присутствие конкретного человека на месте преступления, что служит косвенным доказательством в расследовании. Географическая специфичность микробиомов позволяет определять локацию событий преступления, так как микробные сообщества различаются по составу в разных географических точках даже на уровне городов. Здания и неодушевленные предметы сохраняют географически специфичные микробиомы, что дает возможность установить места перемещения улик или подозреваемых, расширяя пространственные рамки расследования [3].

Ключевым методологическим подходом к изучению микробиома в судебно-медицинских целях является метагеномный анализ с применением технологий секвенирования нового поколения (NGS). 16S рРНК-секвенирование позволяет определить таксономический состав микробных сообществ, в то время как полногеномное секвенирование (WGS) дает возможность более детального анализа функциональных особенностей микробиома. Биоинформационная обработка полученных данных представляет отдельную задачу, требующую специализированного программного обеспечения и компетенций в области вычислительной биологии. В отличие от ранее применяющихся дорогостоящих и неточных технологий на основе культивирования, секвенирование 16S рРНК базируется на анализе эволюционно стабильной части бактериального генома длиной около 1550 пар оснований, кодирующей рибосомальную субъединицу, что обеспечивает низкую скорость мутаций. Благодаря особой структуре с консервативными и вариабельными участками, данный метод позволяет проводить таксономическую идентификацию до уровня рода, а в ряде случаев — до уровня видов и подвидов, обеспечивая значительно более точную дифференциацию микроорганизмов [4].

В российских условиях развитие данного направления сталкивается с рядом ограничений. Ограниченнная доступность высокопроизводительного секвенирования, отсутствие стандартизованных протоколов забора и хранения образцов, а также недостаточная интеграция микробиологических методов в существующую экспертную практику замедляют внедрение микробиомных исследований. Кроме того, отсутствие референсных баз данных по микробиому российской популяции затрудняет интерпретацию получаемых результатов.

Преодоление указанных ограничений требует междисциплинарного подхода и кооперации между судебно-медицинскими учреждениями и научно-исследовательскими центрами. Создание национального банка данных микробиома, разработка отечественных методических рекомендаций по забору, хранению и анализу микробиологических образцов, а также подготовка экспертов, владеющих современными молекулярно-генетическими методами, являются приоритетными задачами для развития данного направления.

Особое внимание следует уделить валидации методов микробиомного анализа для судебно-медицинских целей с учетом региональных особенностей России. Климатические различия между регионами, разнообразие почвенных условий и особенности экологических ниш существенно влияют на динамику посмертных изменений микробиома, что требует создания региональных моделей для корректной интерпретации результатов.

Экономическая целесообразность внедрения микробиомных исследований в рутинную практику также должна быть тщательно оценена. На начальном этапе представляется рациональным ограничить применение данных методов резонансными и сложными случаями, требующими применения нестандартных подходов, с постепенным расширением сферы их использования по мере накопления опыта и снижения стоимости анализа.

Заключение

Правовые аспекты использования микробиомных данных заслуживают отдельного обсуждения. Необходимо разработать нормативную базу, регламентирующую порядок получения, хранения и использования информации о микробиоме в судебно-экспертной деятельности, а также определить юридический статус доказательств, полученных на основе микробиомного анализа.

Потенциал микробиома выходит за рамки традиционных судебно-медицинских задач и может быть использован в смежных областях, включая криминалистику, судебную токсикологию и судебную энтомологию. Комплексный подход, интегрирующий данные микробиомного анализа с результатами других исследований, способен существенно повысить точность и информативность экспертных заключений.

Развитие микробиомных исследований в судебной медицине России представляет перспективное направление, способное существенно расширить арсенал экспертных методов. Несмотря на существующие ограничения, поэтапное внедрение микробиомного анализа в экспертную практику с учетом российских реалий является важной задачей для повышения эффективности судебно-медицинской деятельности в целом.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Franceschetti L. Exploring the role of the human microbiome in forensic identification: opportunities and challenges / L. Franceschetti, G. Lodetti, A. Blandino [et al.] // Int J Legal Med. — 2024. — Vol. 138, № 5. — P. 1891–1905. — DOI: 10.1007/s00414-024-03217-z.
2. Javan G.T. Human Thanatotrichome Succession and Time Since Death / G.T. Javan, S.J. Finley, I. Can [et al.] // Sci Rep. — 2016. — Vol. 6. — Art. № 29598. — DOI: 10.1038/srep29598.
3. Clarke T.H. Integrating the microbiome as a resource in the forensics toolkit / T.H. Clarke, A. Gomez, H. Singh [et al.] // Forensic Sci Int Genet. — 2017. — Vol. 30. — P. 141–147. — DOI: 10.1016/j.fsigen.2017.06.008.
4. Fox J.D. Bioinformatic Methodologies in Assessing Gut Microbiota / J.D. Fox, A. Sims, M. Ross [et al.] // Microbiol Res. — 2024. — Vol. 15, № 4. — P. 2554–2574. — DOI: 10.3390/microbiolres15040170.
5. Temirbekov Zh. Global Health Security in the Age of Transnational Malicious Cyber Operations: A Taxonomic Analysis of Non-State and State-Backed Cyber Threats / Zh. Temirbekov // Law and State. — 2024. — № 2(103). — P. 6–17. — DOI: 10.51634/2307-5201_2024_2_6.
6. Zmitrovich I.V. The eukaryotic system in the third update of the interface "Eukaryotic supergroups: Taxonomy/Biotechnology interface": Formal procedures for rank changes / I.V. Zmitrovich, V.V. Perelygin, M.V. Zharikov // Pharmacy Formulas. — 2024. — Vol. 6, № 4. — P. 58–75. — DOI: 10.17816/phf643080.
7. Федеральный закон от 21.11.2011 № 323-ФЗ (ред. от 28.12.2024) "Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации" — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/ (дата обращения: 13.03.2025).
8. Приказ Минздрава России от 25.09.2023 № 491н "Об утверждении Порядка проведения судебно-медицинской экспертизы". — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_460465/ (дата обращения: 10.04.2025).
9. Андриянова Е.А. Институционализация экспертного знания в медицине / Е.А. Андриянова, Е.В. Чернышкова // После постпозитивизма : материалы Третьего Международного Конгресса Русского общества истории и философии науки. — Москва: Русское общество истории и философии науки, 2022. — С. 236–240.
10. Кицелюк И.М. Производство судебно-медицинской экспертизы: проблемы и перспективы / И.М. Кицелюк // Актуальные вопросы правоприменительной практики. — Ростов-на-Дону: Южный университет, 2024. — С. 35–40.
11. Смыслова В.С. Развитие судебно-медицинской экспертизы и ее значимость для юриспруденции в отечественной истории / В.С. Смыслова // Право и правосудие в современном мире. — Санкт-Петербург: Астерион, 2024. — С. 136–141.
12. Судебно-медицинская экспертиза : национальное руководство / Ю.И. Пиголкин, М.А. Кислов, В.В. Альшевский [и др.]. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2024. — 784 с. — ISBN 978-5-9704-8267-4. — DOI: 10.33029/9704-8267-4-FME-2024-1-784.
13. Лаврукова О.С. Использование микробиологических данных для целей судебно-медицинской экспертизы / О.С. Лаврукова, Н.А. Сидорова // Судебно-медицинская экспертиза. — 2024. — Т. 67, № 5. — С. 55–61. — DOI: 10.17116/sudmed20246705155.
14. Порсуков Э.А. Исследования в отделе медицинской криминалистики, как неотъемлемая часть судебно-медицинской экспертизы / Э.А. Порсуков // Современные тенденции в развитии оториноларингологии. — Махачкала: ДГМУ, 2024. — С. 214–217.
15. Шафорост А.С. Системный анализ данных метагеномного секвенирования / А.С. Шафорост, Е.В. Воропаев, А.А. Зятьков [и др.] // Лабораторная диагностика. Восточная Европа. — 2025. — Т. 14, № S1. — С. 362–364.
16. Семина Т.В. Медицинское право: судебная практика в России и за рубежом / Т.В. Семина. — Москва: Проспект, 2025. — 408 с. — ISBN 978-5-392-43411-4.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Franceschetti L. Exploring the role of the human microbiome in forensic identification: opportunities and challenges / L. Franceschetti, G. Lodetti, A. Blandino [et al.] // Int J Legal Med. — 2024. — Vol. 138, № 5. — P. 1891–1905. — DOI: 10.1007/s00414-024-03217-z.
2. Javan G.T. Human ThanatOMICROBIOME Succession and Time Since Death / G.T. Javan, S.J. Finley, I. Can [et al.] // Sci Rep. — 2016. — Vol. 6. — Art. № 29598. — DOI: 10.1038/srep29598.
3. Clarke T.H. Integrating the microbiome as a resource in the forensics toolkit / T.H. Clarke, A. Gomez, H. Singh [et al.] // Forensic Sci Int Genet. — 2017. — Vol. 30. — P. 141–147. — DOI: 10.1016/j.fsigen.2017.06.008.
4. Fox J.D. Bioinformatic Methodologies in Assessing Gut Microbiota / J.D. Fox, A. Sims, M. Ross [et al.] // Microbiol Res. — 2024. — Vol. 15, № 4. — P. 2554–2574. — DOI: 10.3390/microbiolres15040170.
5. Temirbekov Zh. Global Health Security in the Age of Transnational Malicious Cyber Operations: A Taxonomic Analysis of Non-State and State-Backed Cyber Threats / Zh. Temirbekov // Law and State. — 2024. — № 2(103). — P. 6–17. — DOI: 10.51634/2307-5201_2024_2_6.
6. Zmitrovich I.V. The eukaryotic system in the third update of the interface "Eukaryotic supergroups: Taxonomy/Biotechnology interface": Formal procedures for rank changes / I.V. Zmitrovich, V.V. Perelygin, M.V. Zharikov // Pharmacy Formulas. — 2024. — Vol. 6, № 4. — P. 58–75. — DOI: 10.17816/phf643080.
7. Federal'nyj zakon ot 21.11.2011 № 323-FZ (red. ot 28.12.2024) "Ob osnovah ohrany zdorov'ja grazhdan v Rossijskoj Federacii" [Federal Law No. 323-FZ of 21.11.2011 (as amended on 28.12.2024) "On the Fundamentals of Health Protection of Citizens in the Russian Federation"]. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/ (accessed: 13.03.2025), [in Russian]
8. Prikaz Minzdrava Rossii ot 25.09.2023 № 491n "Ob utverzhdenii Porjadka provedenija sudebno-medicinskoy jekspertizy" [Order of the Ministry of Health of Russia No. 491n of 25.09.2023 "On Approval of the Procedure for Forensic Medical Examination"]. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_460465/ (accessed: 10.04.2025). [in Russian]
9. Andrijanova E.A. Institucionalizacija jekspertnogo znanija v medicine [Institutionalization of expert knowledge in medicine] / E.A. Andrijanova, E.V. Chernyshkova // Posle postpozitivizma : materialy Tret'ego Mezhdunarodnogo Kongressa Russkogo obshhestva istorii i filosofii nauki [After postpositivism: Proceedings of the Third International Congress of the Russian Society for the History and Philosophy of Science]. — Moscow: Russian Society for History and Philosophy of Science, 2022. — P. 236–240. [in Russian]
10. Kiceljuk I.M. Proizvodstvo sudebno-medicinskoy jekspertizy: problemy i perspektivy [Production of forensic medical examination: problems and prospects] / I.M. Kiceljuk // Aktual'nye voprosy pravoprimenitel'noj praktiki [Topical issues of law enforcement practice]. — Rostov-on-Don: Southern University, 2024. — P. 35–40. [in Russian]
11. Smyslova V.S. Razvitie sudebno-medicinskoy jekspertizy i ee znachimost' dlja jurisprudencii v otechestvennoj istorii [Development of forensic medical examination and its significance for jurisprudence in national history] / V.S. Smyslova // Pravo i pravosudie v sovremennom mire [Law and justice in the modern world]. — Saint Petersburg: Asterion, 2024. — P. 136–141. [in Russian]
12. Sudebno-medicinskaja jekspertiza : nacional'noe rukovodstvo [Forensic medical examination: national guidelines] / Ju.I. Pigolkin, M.A. Kislov, V.V. Al'shevskij [et al.]. — Moscow: GEOTAR-Media, 2024. — 784 p. — ISBN 978-5-9704-8267-4. — DOI: 10.33029/9704-8267-4-FME-2024-1-784. [in Russian]
13. Lavrukova O.S. Ispol'zovanie mikrobiologicheskikh dannyh dlja celej sudebno-medicinskoy jekspertizy [Use of microbiological data for forensic medical examination purposes] / O.S. Lavrukova, N.A. Sidorova // Sudebno-medicinskaja jekspertiza [Forensic Medical Examination]. — 2024. — Vol. 67, № 5. — P. 55–61. — DOI: 10.17116/sudmed20246705155. [in Russian]
14. Porsukov Je.A. Issledovaniya v otdale medicinskoj kriminalistiki, kak neot'emlemaja chast' sudebno-medicinskoy jekspertizy [Research in the Department of Medical Criminalistics as an integral part of forensic medical examination] / Je.A. Porsukov // Sovremennye tendencii v razvitiu otorinolaringologii [Modern trends in the development of otorhinolaryngology]. — Makhachkala: DGMU, 2024. — P. 214–217. [in Russian]
15. Shaforost A.S. Sistemnyj analiz dannyh metagenomnogo sekvenirovaniya [Systematic analysis of metagenomic sequencing data] / A.S. Shaforost, E.V. Voropaev, A.A. Zyat'kov [et al.] // Laboratornaja diagnostika. Vostochnaja Evropa [Laboratory Diagnostics. Eastern Europe]. — 2025. — Vol. 14, № S1. — P. 362–364. [in Russian]
16. Semina T.V. Medicinskoje pravo: sudebnaja praktika v Rossii i za rubezhom [Medical law: judicial practice in Russia and abroad] / T.V. Semina. — Moscow: Prospekt, 2025. — 408 p. — ISBN 978-5-392-43411-4. [in Russian]