

Научная статья

УДК 393.98

EDN QTKSKU

DOI 10.17150/2500-4255.2026.20(3).368-377



МИКРОБИОМНЫЙ ПРОФИЛЬ ЧЕЛОВЕКА КАК СОВОКУПНОСТЬ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗНАНИЙ БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ В КРИМИНАЛИСТИКЕ

В.С. Кряжев¹, С.И. Малов², А.Ю. Борисенко²

¹ Байкальский государственный университет, г. Иркутск, Российская Федерация

² Иркутский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Иркутск, Российская Федерация

Информация о статье

Дата поступления

5 марта 2026 г.

Дата принятия к публикации

23 июня 2026 г.

Дата онлайн-размещения

29 июня 2026 г.

Ключевые слова

Расследование преступлений;
специальные знания; судебная
экспертиза; микробиом;
микробиомный профиль;
молекулярная генетика;
секвенирование

Аннотация. В статье рассматриваются особенности микробиома и новые научные достижения в области исследования микроорганизмов, населяющих человека. Используется комплексный междисциплинарный научный подход в исследовании с позиции криминалистики, биологии и медицины. Авторы исследуют передовой зарубежный опыт и определяют перспективы использования микробиологической субстанции человека в раскрытии и расследовании преступлений. Отмечается, что микробиом является уникальным следом человека и в своем совокупном количестве превосходит геном человека, что в свою очередь открывает большие перспективы для научных изысканий. Молекулярно-генетические технологии в виде полимеразной цепной реакции и методов секвенирования определяют большие возможности для дальнейшего изучения микробиома. С учетом актуальных данных, при наличии необходимого технического оснащения и разработанных экспертных методик в области медицины и биологии возможно производство судебных экспертиз микробиома человека. Предлагается типичный перечень вопросов, которые могут содержаться в постановлении о назначении идентификационных и диагностических судебных экспертиз. Обосновывается необходимость унификации микробиомных следов человека в качестве микробиомного профиля по аналогии с ДНК-профилем. С учетом анализа зарубежной и отечественной литературы, специальных знаний в области биологии и медицины, формируется представление о микробиомном профиле человека — как о новом следе в криминалистике. Установлено, что микробиом имеет признаки относительной устойчивости и стабильности в организме человека, поэтому может выступать в качестве самостоятельного объекта судебных экспертиз для выявления его принадлежности индивидууму. В статье закладываются основы для формирования экспертных методик исследования в целях производства судебно-медицинских и судебных биологических экспертиз для раскрытия и расследования самых разных преступлений. К таким противоправным деяниям возможно относить любые преступления, где элементом криминалистической характеристики выступает следовая картина микробиологической этимологии. Микробиомный профиль человека в качестве следа преступления предлагается также использовать в системе уголовной регистрации для идентификации и розыска преступников. Для этих целей авторы определили закономерности формирования микробиомных следов, их свойства, а также возможности описания и дальнейшей классификации.

Для цитирования. Кряжев В.С. Микробиомный профиль человека как совокупность специальных знаний биологии и медицины в криминалистике / В.С. Кряжев, С.И. Малов, А.Ю. Борисенко. — DOI 10.17150/2500-4255.2026.20(3).368-377. — EDN QTKSKU // Всероссийский криминологический журнал. — 2026. — Т. 20, № 3. — С. 368–377.

Original article

HUMAN MICROBIOME PROFILE AS A SET OF SPECIALIZED BIOLOGICAL AND MEDICAL KNOWLEDGE IN FORENSICSVladimir S. Kryazev¹, Sergey I. Malov², Andrey Yu. Borisenko²¹ Baikal State University, Irkutsk, the Russian Federation² Irkutsk State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Irkutsk, the Russian Federation**Article info**

Received

2026 March 5

Accepted

2026 June 23

Available online

2026 June 29

Keywords

Crime investigation; expert knowledge; forensic examination; microbiome; microbiome profile; molecular genetics; sequencing

Abstract. The article discusses the features of a microbiome and new research achievements in the studies of microorganism inhabiting a human body. An interdisciplinary research approach drawing on forensics, biology and medicine is used. The authors examine cutting-edge foreign experience and identify prospects for using microbiological human substances in solving and investigating crimes. It is stressed that a microbiome is a unique trace of a person and in its total number it surpasses the human genome which, in its turn, opens up great prospects for scientific research. Molecular genetic technologies, such as polymerase chain reaction and sequencing methods, provide great opportunities for the further study of the microbiome. Based on current data, and given the sufficient technical support and developed expert medical and biological methodologies, it is possible to conduct forensic examinations of a human. The authors present a typical list of questions that could be posed in a resolution to commission an identification and diagnostic forensic examination. It is shown that a unification of microbiome traces of a person in the form of a microbiome profile, similarly to a DNA-profile, is necessary. The analysis of foreign and Russian publications, as well as the expert knowledge in the fields of biology and medicine, lead to the development of the concept of human microbiome profile as a new trace in criminalistics. It is established that a microbiome is characterized by a relative consistency and stability in a human body, and can thus act as an independent object of forensic examinations to identify if it belongs to a certain individual. The article lays the foundations for the development of expert research methodologies for forensic and biological examinations aimed at solving and investigating various crimes. Such crimes include any offences where traces of microbiological etymology act as an element of forensic description. It is also suggested that the microbiome profile of a person as a trace of crime could be used in the system of criminal registration with the purposes of searching and identifying criminals. In view of this, the authors identified the regularities of microbiome traces' formation, their characteristics, and the possibilities of describing them for future classification.

For citation. Kryazev V.S., Malov S.I., Borisenko A.Yu. Human Microbiome Profile as a Set of Specialized Biological and Medical Knowledge in Forensics. *Vserossiiskii kriminologicheskii zhurnal = Russian Journal of Criminology*, 2026, vol. 20, no. 3, pp. 368–377. (In Russian). EDN: QTKSKU. DOI: 10.17150/2500-4255.2026.20(3).368-377.

Понятие «микробиом» появилось в биологии в 2011 г. в связи с опубликованием известной коллективной работы «Enterotypes of the human gut microbiome», в которой микробиом рассматривался как совокупность микроорганизмов, проживающих в симбиозе с человеком, и более всего, находящихся в кишечнике человека [1]. Микробиом человека — это совокупность всех микроорганизмов (бактерий, вирусов, грибов, архей), населяющих тело человека. Эти микроскопические обитатели живут на коже, в ротовой полости, дыхательных путях, желудочно-кишечном тракте, урогенитальном тракте, в разных отделах уха, конъюнктиве глаза и других биотопах организма человека.

Микробиом играет в организме человека многогранную и жизненно важную роль,

выступая своеобразным «дополнительным органом», от которого зависит множество физиологических процессов. Совокупность микроорганизмов активно участвует в пищеварении: расщепляет сложные углеводы и клетчатку, синтезирует короткоцепочечные жирные кислоты (витамины, ферменты и т.д.), которые служат источником энергии для клеток кишечника, а также участвует в обмене желчных кислот, холестерина и других органических соединений.

Не менее значима иммунная функция микробиома: он «обучает» иммунные клетки различать патогены и безопасные агенты, конкурирует с болезнетворными микроорганизмами за ресурсы и пространство, тем самым борясь с возбудителями заболеваний, а также стимулирует выработку антител и противовоспалитель-

ных молекул. Благодаря этому поддерживается баланс между защитой от инфекций и предотвращением избыточных иммунных реакций.

Микробиом также вовлечён в синтез биологически активных веществ: витаминов группы В и К, а также нейромедиаторов, влияющих на настроение и работу мозга. Таким образом, реализуется взаимосвязь «кишечник–мозг», связывающая состояние микробиоты с психоэмоциональным здоровьем. Кроме того, микроорганизмы укрепляют барьерную функцию эпителия кишечника и кожи, нейтрализуют токсины и канцерогены, препятствуя проникновению вредных веществ в кровоток.

В разных участках тела микробиом выполняет специализированные задачи: в кишечнике он способствует усвоению питательных веществ и регулирует метаболизм, на коже защищает от патогенов и поддерживает местный гомеостаз, в ротовой полости влияет на здоровье зубов и дёсен, в вагинальном тракте поддерживает среду, препятствующую инфекциям, в дыхательных путях модулирует местные иммунные реакции, а в конъюнктиве глаза стимулирует выработку слезной жидкости. Баланс микробиома (гомеостаз) крайне важен для здоровья: его нарушение (дисбиоз) ассоциировано с широким кругом заболеваний — от желудочно-кишечных (болезнь Крона, язвенный колит) и метаболических (ожирение, диабет 2-го типа) до аутоиммунных (ревматоидный артрит, рассеянный склероз), неврологических (депрессия, тревожность) и кожных патологий (акне, атопический дерматит, псориаз).

Новые научные открытия и технологии, в виде полимеразной цепной реакции (ПЦР), а также методы секвенирования, стали подлинной революцией в биологии, медицине и криминалистике, переписавшей саму суть генетики. Из науки, сосредоточенной преимущественно на наблюдении и описании, генетика превратилась в мощную инженерную дисциплину, способную не только изучать, но и целенаправленно изменять живую материю. В этом преображении каждая технология сыграла свою уникальную роль. ПЦР подарила исследователям невиданный прежде инструмент — возможность копировать дезоксирибонуклеиновые кислоты (ДНК). Всего за несколько часов из ничтожно малого количества исходного материала можно получить миллионы копий нужного фрагмента ДНК. Это дало возможность для работы с микроскопическими образцами

древней ДНК бактерий и вирусов, единичными клетками — со всем тем, что раньше оставалось за пределами досягаемости.

Такие научные достижения позволили реализовать практические цели в раскрытии и расследовании преступлений. В ходе осмотра места происшествия, обыска, освидетельствования и других поисковых следственных действий иногда приходится работать с микрообъектами, которые казалось бы невозможно исследовать из-за их ничтожно малого количества (традиционные криминалистические следы-вещества или следы-отображения могут быть непригодны для идентификации из-за недостатка идентификационных признаков). ПЦР технология, внедренная в практику молекулярно-генетической идентификации и других исследований биологических следов человека позволила разрешить достаточно широкий круг криминалистических задач.

Секвенирование, в свою очередь, дало возможность к прочтению генетического кода. Если ПЦР умножает молекулы, то секвенирование раскрывает их смысл, позволяя «видеть» последовательность нуклеотидов, выявлять мутации, сравнивать геномы разных организмов. От первых трудоёмких методов химической дегградации и терминаторного секвенирования Сэнгера, наука прошла путь до высокопроизводительных платформ, способных за считанные дни расшифровать целый геном. Современные достижения в области секвенирования ДНК бактерий демонстрируют существенный прогресс в точности и производительности методов, что подтверждается рядом зарубежных исследований. Так, внедрение технологий секвенирования третьего поколения (PacBio SMRT и Oxford Nanopore) позволило преодолеть ограничения коротких прочтений нуклеотидов в ДНК: длинные чтения (до 100 тыс. п.н.) обеспечивают сборку бактериальных геномов с высокой точностью, включая сложные повторяющиеся регионы и мобильные элементы (плазмиды и транспозоны).

Параллельно развивается гибридное секвенирование, комбинирующее данные Illumina (высокая точность отдельных оснований) и Nanopore (длинные прочтения): в работе «Polypolish: Short-read polishing of long-read bacterial genome assemblies» Wick R. с соавторами показали, что такой подход снижает частоту ошибок до <0,01 % и позволяет достоверно выявлять одонуклеотидные полиморфизмы в бактериальных популяциях [2]. Особое зна-

чение совершенствование методов секвенирования ДНК бактерий может иметь для криминалистики — в частности, для сопоставления микробных профилей, обнаруженных на месте происшествия и на руках преступника. Выявление микроследов в виде микробных профилей можно рассматривать как самостоятельную частную задачу при производстве поисковых следственных действий.

Важным направлением в науке стало совершенствование биоинформатических программ для анализа бактериальных метабеномов. Алгоритмы машинного обучения (например, на основе графов де Брейна) повышают точность таксономической классификации даже для низкопредставленных таксонов, сокращая ложные срабатывания на 40–60 % по сравнению с традиционными методами [3].

Кроме того, прогресс в пространственном секвенировании (например, 10x Genomics Visium) открывает возможности для изучения бактериальных сообществ в их естественной среде — как показано в отдельных работах Swaminathan U. с соавторами, это позволяет коррелировать метаболическую активность бактерий с их локализацией в биоплёнках и тканях хозяина [4].

Таким образом, синергия усовершенствованных платформ секвенирования, алгоритмов анализа и мультиомиксных подходов формирует новый стандарт точности в бактериальной геномике, расширяя возможности фундаментальных научных исследований.

В обзорной работе «Clinical metagenomics» (Chiu C., Miller S.) освещается становление и прикладное значение метагеномики в клинической практике. Авторы показывают, как анализ тотальной ДНК из биообразцов — без предварительного культивирования микроорганизмов — позволяет выявлять возбудителей инфекций, включая трудно-культивируемые и ранее неизвестные патогены. Ключевое преимущество клинического метагеномического секвенирования (mNGS) состоит в его универсальности: единый протокол способен детектировать бактерии, вирусы, грибы и паразиты в одном тесте, что особенно ценно при диагностике неясного генеза инфекций, энцефалитов, септических состояний и хронических инфекций. При этом отмечается необходимость строгих биоинформатических фильтров для отделения клинически значимых находок от фоновой микробиоты и загрязнений, а также важность валидации результатов

стандартными методами [5]. В перспективе развитие референсных баз, стандартизация протоколов и снижение стоимости секвенирования позволит шире внедрять метагеномику в рутинную диагностику.

В своей совокупности эти технологии сформировали прочный методологический фундамент, на котором выросли масштабные и перспективные научные свершения:

1. Проект «Геном человека», завершившийся расшифровкой полной последовательности человеческой ДНК и открывший эру геномных исследований и формировании баз данных;

2. Синтетическая биология, где учёные уже не просто изучают, а конструируют новые генетические системы, создают искусственные гены и даже синтетические организмы;

3. «Омиксные» науки — транскриптомика, протеомика, метаболомика, — изучающие не отдельные гены, а целые системы взаимодействующих молекул, дающие целостное представление о работе генома в клетках;

4. Персонализированная медицина, где диагностика и лечение строятся на основе индивидуального генетического профиля пациента, позволяя подбирать терапию с учётом уникальных особенностей его генома.

И это далеко не предел. Сегодня методы ПЦР и секвенирования продолжают стремительно совершенствоваться, раздвигая границы возможного. Учёные уже работают с отдельными клетками, раскрывают тайны эпигенетических меток, отслеживают динамику генетических изменений в реальном времени. Эти технологии не просто изменили науку — они задали разные векторы в развитии биологических знаний на десятилетия вперёд, по праву заслужив статус ключевых инструментов XXI в.

Благодаря секвенированию стало известно, что совокупный геном микробиома (микробиом) в 100–150 раз превышает человеческий геном по числу генов. В теле взрослого человека насчитывается около 38–40 триллионов микробных клеток — примерно столько же, сколько собственных клеток организма.

До недавнего периода времени отдельные криминалистические публикации по этой проблеме были направлены на освещение зарубежного опыта использования микробиома [6]. В 2024 г. идея практического использования микробиома в идентификации и диагностике человека была освещена в статье «Перспективы использования некоторых специальных зна-

ний при расследовании преступлений» (Кряжев В.С.), где было предложено понятие микробиомного профиля человека и определены перспективы использования микробиомной сигнатуры для целей раскрытия и расследования преступлений [7].

Микробиомный профиль человека — это такой след, который может выступать в качестве индивидуализирующего признака, либо совокупности признаков человека. С точки зрения этимологии, «профиль» от франц. *profil*, от итал. *profile* — очертание, применительно к человеку, обозначает его внешний образ. С учетом микробиомной субстанции человека, его образ может быть представлен как внутренняя биологическая составляющая.

Под микробиомным профилем человека предложено понимать сообщество микроорганизмов, т.е. микробиом, который индивидуализирует человека уникальным симбиозом, и позволяет проводить отождествление личности по уникальной совокупности идентификационных признаков бактерий, вирусов, грибов и прочих самостоятельных от человека биологических объектов.

Микробиом человека является уникальным следом и может использоваться в перспективе для разных целей криминалистики. Микробиомный профиль предлагается описывать через его биологическую субстанцию по правилам, которые разрабатываются в биологии и медицине. Микробиом является новым для исследования в науке объектом, который позволит кроме того, осуществлять уголовную регистрацию преступников [7, с. 537].

Некоторые ученые, опираясь на идею об использовании в криминалистике микробиомного профиля человека для целей идентификации и диагностики преступников, стали предлагать в качестве отдельного вида судебной экспертизы — микробиомную судебную экспертизу [8, с. 145; 9, с. 140]. Такое видение использования специальных знаний кажется весьма спорным. Нужен ли науке отдельный вид судебной экспертизы, который поглощается знаниями из области биологии и медицины. Идентифицировать и диагностировать субъекта преступной деятельности по его микробиому возможно в рамках судебной биологической, судебной медицинской, молекулярно-генетической экспертиз, методики проведения исследований по которым уже разработаны и внедрены в практику. Вопрос использования специальных зна-

ний в той или иной сфере науки является весьма неоднозначным. Чрезмерное структурирование судебных экспертиз с разделением предмета исследований, затруднит процесс расследования преступлений и вызовет сложности в процессе их назначения. В настоящее время экспертные методики микробиомной экспертизы отсутствуют и возможности их разработки не видятся в дальнейшем.

Вместе с тем, перспективы использования микробиома человека достаточно широки в раскрытии и расследовании преступлений. С учетом относительной стабильности микробиома человека имеется возможность формирования криминалистической базы данных для уголовной регистрации (в этом контексте следует рассматривать только микробиомный профиль преступника). По содержанию микробиома человека возможно географическое профилирование по месту исторического проживания проверяемого лица. Если рассматривать особенности изменчивости микробиома человека (по аналогии с изменчивостью мозга человека, описанной проф. С.В. Савельевым) [10], то возможно решать и иные частные задачи криминалистики, такие например, как установление места совершения преступления и его давность, определение механизма следообразования и др. Решение этих задач остается пока в перспективе. Тем не менее, в криминалистике закладываются основы для научных изысканий, формируется понятийный аппарат, определяются дальнейшие направления исследований микробиома в целях раскрытия и расследования преступлений.

Криминалистика как наука прикладная, в вопросах предметного исследования отраслей криминалистической техники, опирается на специальные знания. Применительно к микробиому человека, эти знания формируются в биологии, медицине, а также в генетике. Развитие науки определило новый подход к криминалистическому исследованию следов биологического происхождения, основанный на изучении не только внешних, но и внутренних свойств объектов — состава и строения вещества, из которого они состоят [11, с. 210]. Комплексный подход ученых к исследованию самых разных видов объектов вызывает не только научный интерес, но и определяет практическую значимость.

Источником информации о человеке могут служить уникальные бактерии, находящиеся на поверхности его эпидермиса. Из 150 видов бак-

терий, имеющих на коже рук человека, только 13 % могут одновременно встречаться у разных людей, тогда как оставшиеся 87 % — бактерии, имеющие уникальные ДНК [12, с. 146]. Бактерии с уникальными ДНК, оставленные человеком на поверхности предметов при прикосновении к ним, успешно выживают в течении как минимум двух недель. Кроме того, важно отметить, что на поверхности кожи стоп ног человека могут находиться следы в виде грибковых заболеваний [13, с. 273]. Они также относятся по общей классификации микроорганизмов к микробиому человека и являются объектами исследований.

В статье «The human skin microbiome» (Byrd A., Belkaid Y., Segre J.) представлен обзор современных знаний о микробиоме кожи человека — сообществе микроорганизмов (бактерий, грибов, вирусов, архей), населяющих кожные покровы. Авторы подчёркивают, что микробиом отличается высокой вариабельностью в зависимости от участка тела (влажные, сухие, сальные зоны): среди бактерий доминируют роды *Staphylococcus*, *Corynebacterium* и *Propionibacterium* (*Cutibacterium*), грибы в основном представлены родом *Malassezia*. Выявлено, что на состав микробиома оказывает влияние анатомическая зона, возраст, пол, генетика, гормональный статус человека, а также фактор внешней среды — климат, гигиена, использование косметики и антибиотиков. Для исследования микробиома применялся метагеномный анализ (16S рPHK), секвенирование нового поколения (NGS) и культуральные методы [14]. С учетом этого установлено, что микробиом кожи представляет собой динамичную экосистему, критически важную для здоровья кожи и иммунитета человека.

Современные знания в области биологии и медицины позволяют определить содержание микробиомного профиля индивидуума, то есть — конкретное сообщество микроорганизмов, по которым возможно индивидуализировать человека уникальным симбиозом, и проводить отождествление личности по уникальной совокупности идентификационных признаков бактерий, вирусов, грибов и прочих самостоятельных от человека биологических объектов. Содержание микробиомного профиля человека включает тысячи видов микроорганизмов (по современным оценкам, более 5 000), причём часть не культивируется в лабораторных условиях, а если и культивируется, то утрачивает гены вирулентности, что затрудняет диагностику.

Пополнение международных баз данных нуклеотидных последовательностей — ключевой ресурс для исследований в генетике и биоинформатике. Три крупнейшие архивные базы — GenBank (National Center for Biotechnology Information, NCBI), ENA (European Nucleotide Archive) и DDBJ (DNA Data Bank of Japan) — объединены в консорциум INSDC (International Nucleotide Sequence Database Collaboration) и регулярно синхронизируют данные. Они хранят аннотированные последовательности ДНК и рибонуклеиновых кислот (РНК) бактерий, вирусов, человека и других организмов, обеспечивая открытый доступ для учёных всего мира.

В эпоху глобальной цифровизации здравоохранения особую актуальность приобретают специализированные платформы для работы с геномными данными. Одной из таких ключевых разработок в России стала база VGARus (Virus Genome Aggregator of Russia) — национальная платформа, предназначенная для централизованного сбора, хранения и систематизации данных о расшифрованных геномах возбудителей инфекционных и паразитарных заболеваний. Ее создание способствует развитию молекулярно-эпидемиологического мониторинга на территории России, позволяя ученым и органам здравоохранения оперативно реагировать на новые угрозы и отслеживать эволюцию патогенов в режиме реального времени.

Для цели идентификации и диагностики человека по микробиомному профилю важным является определение свойства относительной устойчивости микробиома. Именно относительная устойчивость закладывает научные основы для проведения судебных экспертиз идентификационного и диагностического вида. Устойчивость эта является относительной в силу следующих факторов:

1. Динамичность состава. Микробиом подвержен изменениям под влиянием внешних и внутренних факторов: диеты, приёма лекарств, стресса, инфекций, путешествий, изменений климата и других условий;

2. Региональные и географические различия. Состав микробиома зависит от географического положения, климата, почвы, высоты над уровнем моря, а также от метаболизма человека и образа жизни [6, с. 133–134];

3. Влияние образа жизни. Такие факторы, как диета, гигиена, контакт с животными, использование антибиотиков и других лекарств,

могут существенно влиять на состав и стабильность микробиома [15];

4. Возрастные изменения. С возрастом разнообразие микробиоты снижается, что влияет на её устойчивость [16];

5. Индивидуальные различия. Даже у близких родственников микробиом может существенно различаться из-за гендерных, возрастных особенностей, пищевых предпочтений, региона проживания и других факторов [9, с. 141].

Так например, в статье «Integrating the human microbiome in the forensic toolkit: Current bottlenecks and future solutions» (Diez Lopez C., Vidaki A., Kayser M.) рассматривается перспективное направление криминологии: использование микробиома человека как дополнительного инструмента судебной экспертизы. Суть идеи заключается в том, что уникальное сообщество микроорганизмов (бактерий, вирусов, грибов), населяющее кожу, слизистые оболочки и внутренние органы человека, несёт индивидуальную информацию о человеке и может служить своеобразным «микробным отпечатком». Этот подход особенно ценен в ситуациях, когда традиционная молекулярно-генетическая экспертиза затруднена — например, при малом количестве или деградации генетического материала. Авторы детально анализируют потенциальные возможности микробиома в криминологической практике. Так, микробный профиль может помочь в установлении личности, определении времени и места происшествия (на основе посмертных изменений микробиома), реконструкции контактов между людьми и предметами, а также в выявлении возрастных, физиологических и поведенческих характеристик человека (возраст, образ жизни, диета, заболевания).

Вместе с тем в статье чётко обозначены существующие барьеры, препятствующие внедрению метода. Среди ключевых проблем — значительная вариабельность микробиома как между разными людьми, так и у одного человека во времени; влияние внешних факторов (гигиена, приём лекарств, особенности питания, сезонные изменения), усложняющее интерпретацию данных; отсутствие стандартизированных протоколов сбора и анализа образцов; нехватка масштабных референсных баз данных по микробиому для различных популяций; высокая стоимость секвенирования и сложности биоинформатической обработки [17]. Кроме того, поднимаются правовые и этические вопросы, связанные с конфиден-

циальностью и допустимостью использования микробных данных в суде.

В контексте систематического обзора «Impact of the Human Microbiome in Forensic Sciences» работы Garcia M. и соавторов представляет собой важный вклад в осмысление прикладных возможностей микробиома также для криминологической практики. Авторы последовательно анализируют накопленные данные о таксономическом составе микробиоты различных биотопов человека (кожа, ротовая полость, кишечник, гениталии) и оценивают их потенциальную значимость для решения ключевых криминологических задач: идентификации личности, установления времени и места происшествия, реконструкции события преступления. Особое внимание уделено методическим аспектам — сравнительной эффективности методов отбора проб, экстракции ДНК и биоинформатической обработки данных применительно к криминологическим образцам, зачастую ограниченным по объёму и деградированным. На основе анализа 45 релевантных исследований демонстрируется, что микробные профили обладают достаточной индивидуальностью и временной стабильностью, чтобы служить дополнительным идентификационным маркером, особенно в случаях, когда традиционные методы (например, анализ STR-локусов) неприменимы. Вместе с тем в работе чётко обозначены существующие ограничения: влияние внешних факторов (температура, влажность, контакт с поверхностями), межиндивидуальная вариабельность микробиома и необходимость стандартизации протоколов. Выводы Garcia M. и коллег подчёркивают, что интеграция микробиомных данных в криминологию требует дальнейших междисциплинарных исследований, но уже сегодня открывает новые перспективы для повышения доказательственной базы в судебной медицине [18].

В качестве перспективных решений исследователями научной проблемы предлагается комплекс мер: разработка унифицированных методик отбора проб и анализа; создание международных референсных баз микробиомных профилей; интеграция микробиомных данных с классическими криминологическими методами (анализ ДНК, дактилоскопия) [19]; применение алгоритмов машинного обучения для выявления устойчивых микробных маркеров; изучение динамики микробиома в различных посмертных условиях; формирование правового регулирования использования микробиомной информации [20].

Таким образом, несмотря на то, что микробиом демонстрирует значительный потенциал как новый инструмент криминалистики, его практическое применение требует преодоления существенных технических, методологических и этических барьеров. Усматривается необходимость междисциплинарных исследований и стандартизации процедур, которые позволят перевести перспективную научную концепцию в рабочий криминалистический инструмент.

Относительная устойчивость микробиома является важным признаком, который позволяет проводить его отождествление. Несмотря на то, что микробиом человека может изменяться в течение всей его жизни, процессы биологической трансформации проходят очень медленно по сравнению с ординарными сроками расследования преступлений. В силу этого обстоятельства важными критериями необходимости криминалистической идентификации выступают возможные сравнительные исследования в рамках судебных экспертиз.

Эти исследования могут быть включены уже сейчас в методику проведения судебных экспертиз в области биологии и медицины. Микробиологические методы достаточно широко используются в медицине для диагностики свойств и состояний человека. Микробиологические методы могут быть использованы как для обнаружения и выявления объектов различной природы, так и для решения идентификационных и ряда диагностических задач [21, с. 73]. Следовательно, назначая судебную экспертизу, должен понимать ее предмет и правильно формулировать вопросы для эксперта. Предлагается, при назначении судебной биологической или судебно-медицинской экспертиз следующий типичный перечень вопросов:

1. Имеются ли в представленных образцах (с места происшествия, с предметов-носителей) ДНК/РНК бактерий или вирусов?
2. К какому виду/штамму относятся выявленные микроорганизмы?

3. Совпадают ли генетические профили бактерий/вирусов из разных источников (например, изъятые с места происшествия и у проверяемого лица)?

4. Совпадают ли генетические профили внехромосомных факторов наследственности из разных источников (например, изъятые с места происшествия и у проверяемого лица)?

5. Обнаружены ли общие профили мутаций в геноме бактерий/вирусов из разных источников (например, изъятые с места происшествия и у проверяемого лица)?

Перечень предложенных вопросов не является исчерпывающим в силу их типичности, и всегда может быть дополнен с учетом особенностей расследования преступления в соответствующей следственной ситуации по уголовному делу. Однако, необходимо учитывать при назначении судебной экспертизы особенность используемых специальных знаний при ее проведении, и согласовывать, обсуждать содержание вопросов со специалистами в области биологии и (или) медицины.

Комплексное научное исследование микробиомного профиля позволяет прийти к выводу о том, что новые знания о микробиологической субстанции человека имеют широкие перспективы для решения криминалистических и правовых задач [22]. С учетом ряда особенностей микробиома возможна не только идентификация, но и диагностика человека. Методы ПЦР позволяют использовать биологический материал в виде микроорганизмов как невидимые следы преступления в микроколичествах. Методы секвенирования дают возможности расшифровки геномной информации, а также возможности получения сведений о динамике генетических изменений.

Ставшие доступными для современного следователя технологии идентификации человека по его ДНК, могут использоваться в перспективе для работы с ДНК микроорганизмов, населяющих человека, что позволит использовать микробиомный профиль в целях раскрытия и расследования преступлений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Enterotypes of the Human Gut Microbiome / M. Arumugam, J. Raes, E. Pelletier [et al.] // *Nature*. — 2011. — Vol. 7346, no. 473. — P. 174–180.
2. Wick R.R. Polypolish: Short-Read Polishing of Long-Read Bacterial Genome Assemblies / R.R. Wick, K.E. Holt // *PLoS Computational Biology*. — 2022. — Vol. 18, no. 1. — P. 1009802.
3. Binning Metagenomic Contigs by Coverage and Composition / J. Alneberg, B.S. Bjarnason, I. Bruijn [et al.]. — DOI 10.1038/nmeth.3103 // *Nature Methods*. — 2014. — Vol. 11, no. 11. — P. 1144–1146.
4. Swaminathan U. Unveiling the Potential: A Comprehensive Review of Artificial Intelligence Applications in Ophthalmology and Future Prospects / U. Swaminathan, S. Daigavane. — DOI 10.7759/cureus.61826 // *Cureus*. — 2024. — Vol. 16, no. 6. — P. 61826.
5. Chiu C.Y. Clinical Metagenomics / C.Y. Chiu, S.A. Miller // *Nature Reviews Genetics*. — 2019. — Vol. 20, no. 6. — P. 341–355.

6. Андреев А.С. Обзор зарубежного опыта использования криминалистических средств, приемов и методов собирания, исследования микробиома в раскрытии и расследовании преступлений / А.С. Андреев. — EDN YRIQXJ // Вестник Алтайской академии экономики и права. — 2018. — № 4. — С. 130–134.

7. Кряжев В.С. Перспективы использования некоторых специальных знаний при расследовании преступлений / В.С. Кряжев. — DOI 10.17150/2500-4255.2024.18(5).533-539. — EDN ITHFFZ // Всероссийский криминологический журнал. — 2024. — Т. 18, № 5. — С. 533–539.

8. Лозинский О.И. Перспективные криминалистические методики в сфере биологической идентификации человека: микробиом человека — живой след / О.И. Лозинский. — DOI 10.24412/2220-2404-2025-4-14. — EDN IQIVCN // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. — 2025. — № 4. — С. 141–146.

9. Лозинский О.И. Использование свойств микробиома человека в борьбе с преступностью: судебная микробиомная экспертиза; государственная микробиомная регистрация / О.И. Лозинский. — DOI 10.24412/2220-2404-2025-10-15. — EDN WCIOHD // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. — 2025. — № 10. — С. 139–144.

10. Савельев С.В. Изменчивость и гениальность / С.В. Савельев. — 6-е изд. — Москва : Веди, 2024. — 144 с.

11. Моисеева Т.Ф. Современные методы диагностики свойств и состояний человека по его биологическим следам / Т.Ф. Моисеева. — DOI 10.24411/2414-3995-2019-10088. — EDN NWMGRS // Вестник экономической безопасности. — 2019. — № 2. — С. 210–213.

12. Соколова О.А. Диагностика человека в криминалистике и судебной экспертизе / О.А. Соколова. — EDN PIZVMX // Вестник Московского университета МВД России. — 2012. — № 8. — С. 145–149.

13. Соколова О.А. Возможности получения диагностической информации по следам человека биологического происхождения при расследовании и раскрытии преступлений / О.А. Соколова // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки. — 2011. — № 1-2. — С. 270–277.

14. Byrd A.L. The Human Skin Microbiome / A.L. Byrd, Y. Belkaid, J.A. Segre // Nature Reviews Microbiology. — 2018. — Vol. 16, no. 3. — P. 143–155.

15. Калмыкова А.И. Нас много. Микробиота современного человека / А.И. Калмыкова. — EDN FBURXH // Наука из первых рук. — 2024. — № 1(99). — С. 18–35.

16. Андреев А.И. Мёртвый город Хара-Хото был открыт дважды / А.И. Андреев. — EDN ULVINU // Наука из первых рук. — 2020. — № 2 (87). — С. 72–95.

17. Diez Lopez C. Integrating the Human Microbiome in the Forensic Toolkit: Current Bottlenecks and Future Solutions / C. Diez Lopez, A. Vidaki, M. Kayser // Forensic Science International: Genetics. — 2022. — No. 56. — P. 102627.

18. Impact of the Human Microbiome in Forensic Sciences: A Systematic Review / M.G. Garcia, M.D. Perez-Carceles, E. Osuna [et al.]. — DOI 10.1128/AEM.01451-20 // Appl Environ Microbiol. — 2020. — Vol. 86, no. 22. — P. 01451–20.

19. Integrating the Microbiome as a Resource in the Forensics Toolkit / T.H. Clarke, A. Gomez, H. Singh [et al.]. — DOI 10.1016/j.fsigen.2017.06.008 // Forensic Sci Int Genet. — 2017. — No. 30. — P. 141–147.

20. Microbiome Tools for Forensic Science / J.L. Metcalf, Z.Z. Xu, A. Bouslimani [et al.]. — DOI 10.1016/j.tibtech.2017.03.006 // Trends Biotechnol. — 2017. — Vol. 35, no. 9. — P. 814–823.

21. Моисеева Т.Ф. Новые методы и средства в формировании новых видов судебно-экспертных исследований / Т.Ф. Моисеева. — EDN UOUPXR // Вестник Университета имени О.Е. Кутафина. — 2014. — № 3. — С. 69–75.

22. Степаненко Д.А. Историко-правовое регулирование геномной инженерии: международный и национальный опыт / Д.А. Степаненко, Е.В. Барашева. — DOI 10.56777/LAWINN.2023.86.73.035. — EDN DEJCHL // Теория и практика фундаментальных и прикладных исследований в сфере судебно-экспертной деятельности и ДНК-регистрации населения Российской Федерации : материалы Междунар. науч.-пркт. конф., Новосибирск, 20 окт. 2023 г. — Новосибирск, 2023. — С. 161–164.

REFERENCES

1. Arumugam M., Raes J., Pelletier E. [et al.]. Enterotypes of the Human Gut Microbiome. *Nature*, 2011, vol. 7346, no. 473, pp. 174–180.

2. Wick R.R., Holt K.E. Polypolish: Short-Read Polishing of Long-Read Bacterial Genome Assemblies. *PLoS Computational Biology*, 2022, vol. 18, no. 1, pp. 1009802.

3. Alneberg J., Bjarnason B.S., Bruijn I. [et al.]. Binning Metagenomic Contigs by Coverage and Composition. *Nature Methods*, 2014, vol. 11, no. 11, pp. 1144–1146. DOI: 10.1038/nmeth.3103.

4. Swaminathan U., Daigavane S. Unveiling the Potential: A Comprehensive Review of Artificial Intelligence Applications in Ophthalmology and Future Prospects. *Cureus*, 2024, vol. 16, no. 6, pp. 61826. DOI: 10.7759/cureus.61826.

5. Chiu C.Y., Miller S.A. Clinical Metagenomics. *Nature Reviews Genetics*, 2019, vol. 20, no. 6, pp. 341–355.

6. Andreev A.S. The Foreign Experience of Using Forensic Means, Ways and Methods of Collecting, Studying Microbiome in Solving and Investigating Crimes. *Vestnik Altaiskoi akademii ekonomiki i prava = Journal of Altai Academy of Economics and Law*, 2018, no. 4, pp. 130–134. (In Russian). EDN: YRIQXJ.

7. Kryazhev V.S. The Prospects of Using Certain Expert Knowledge in Crime Investigation. *Vserossiiskii kriminologicheskii zhurnal = Russian Journal of Criminology*, 2024, vol. 18, no. 5, pp. 533–539. (In Russian). EDN: ITHFFZ. DOI: 10.17150/2500-4255.2024.18(5).533-539.


8. Lozinsky O.I. Promising Forensic Techniques in the Field of Human Biological Identification: The Human Microbiome is a Living Trace. *Gumanitarnye, sotsial'no-ekonomicheskie i obshchestvennyye nauki = Humanities, Social-Economic and Social Sciences*, 2025, no. 4, pp. 141–146. (In Russian). EDN: IQIVCN. DOI: 10.24412/2220-2404-2025-4-14.


9. Lozinsky O.I. Using the Properties of the Human Microbiome in the Fight Against Crime: Forensic Microbiome Examination; State Microbiome Registration. *Gumanitarnye, sotsial'no-ekonomicheskie i obshchestvennyye nauki = Humanities, Social-Economic and Social Sciences*, 2025, no. 10, pp. 139–144. (In Russian). EDN: WCIOHD. DOI: 10.24412/2220-2404-2025-10-15.

10. Saveliev S.V. *Variability and Genius*. 6th ed. Moscow, Vedi Publ., 2024. 144 p.

11. Moiseeva T.F. Modern Methods of Diagnostics of Properties and States of Human by Its Biological Traces. *Vestnik ekonomicheskoi bezopasnosti = Bulletin of Economic Security*, 2019, no. 2, pp. 210–213. (In Russian). EDN: NWMGRS. DOI: 10.24411/2414-3995-2019-10088.
12. Sokolova O.A. Finding Human Forensic Science and Criminalistics. *Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii = Bulletin of Moscow University of the Ministry of Internal Affairs of Russia*, 2012, no. 8, pp. 145–149. (In Russian). EDN: PIZVMX.
13. Sokolova O.A. The Opportunities of Getting Diagnostic Information from Biological Origin Human Traces During Crime Investigation and Detection. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomicheskie i yuridicheskie nauki = Izvestiya of the Tula State University. Economic and Legal Sciences*, 2011, no. 1-2, pp. 270–277. (In Russian). EDN: OWCCDV.
14. Byrd A.L., Belkaid Y., Segre J.A. The Human Skin Microbiome. *Nature Reviews Microbiology*, 2018, vol. 16, no. 3, pp. 143–155.
15. Kalmykova A.I. We Are Many. The Microbiota of a Modern Human. *Nauka iz pervykh ruk = Science First Hand*, 2024, no. 1, pp. 18–35. (In Russian). EDN: FBURXH.
16. Andreev A.I. The Dead City of Khara-Khoto Was Discovered Twice. *Nauka iz pervykh ruk = Science First Hand*, 2020, no. 2, pp. 72–95. (In Russian). EDN: ULVINU.
17. Diez Lopez C., Vidaki A., Kayser M. Integrating the Human Microbiome in the Forensic Toolkit: Current Bottlenecks and Future Solutions. *Forensic Science International: Genetics*, 2022, no. 56, pp. 102627.
18. Garcia M.G., Perez-Carceles M.D., Osuna E. [et al.]. Impact of the Human Microbiome in Forensic Sciences: A Systematic Review. *Appl Environ Microbiol*, 2020, vol. 86, no. 22, pp. 01451–20. DOI: 10.1128/AEM.01451-20.
19. Clarke T.H., Gomez A., Singh H. [et al.]. Integrating the Microbiome as a Resource in the Forensics Toolkit. *Forensic Sci Int Genet*, 2017, no. 30, pp. 141–147. DOI: 10.1016/j.fsigen.2017.06.008.
20. Metcalf J.L., Xu Z.Z., Bouslimani A. [et al.]. Microbiome Tools for Forensic Science. *Trends Biotechnol*, 2017, vol. 35, no. 9, pp. 814–823. DOI: 10.1016/j.tibtech.2017.03.006.
21. Moiseeva T.F. New Methods and Means in Developing New Types of Forensic Research. *Vestnik Universiteta imeni O.E. Kutafina = Courier of the Kutafin Moscow State Law University (MSAL)*, 2014, no. 3, pp. 69–75. (In Russian). EDN: UOUPXR.
22. Stepanenko D.A., Barasheva E.V. Historical Legal Regulation of Genome Engineering: International and Domestic Experience. In *The Theory and Practice of Fundamental and Applied Research in the Sphere of Forensic Examinations and DNA-Registration of the Russian Federation Population. Materials of International Scientific Conference, Novosibirsk, October 20, 2023*. Novosibirsk, 2023, pp. 161–164. (In Russian). EDN: DEJCHL. DOI: 10.56777/LAWINN.2023.86.73.035.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кряжев Владимир Сергеевич — кандидат юридических наук, доцент, доцент кафедры криминалистики, судебных экспертиз и юридической психологии Института юстиции Байкальского государственного университета, 664003, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Ленина, 11, kryagevvs@mail.ru,  <https://orcid.org/0009-0000-6616-7864>, SPIN-код: 4913-1608, Scopus Author ID: 57192710513.


Малов Сергей Игоревич — доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры инфекционных болезней, проректор по научной работе Иркутского государственного медицинского университета Министерства здравоохранения Российской Федерации, 664003, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1, science@irkgmu.ru,  <https://orcid.org/0000-0002-3135-4616>, SPIN-код: 5050-3112, Scopus Author ID: 57190751905, ResearcherID: O-3239-2017.


Борисенко Андрей Юрьевич — кандидат биологических наук, доцент, заведующий кафедрой микробиологии, вирусологии и иммунологии Иркутского государственного медицинского университета, 664003, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Красного Восстания, 1, 89041381286@mail.ru, SPIN-код: 4679-1545, Scopus Author ID: 57222128208, ResearcherID: Q-1923-2017.

ВКЛАД АВТОРОВ

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kryazhev, Vladimir S. — Ph.D. in Law, Ass. Professor, Department of Criminalistics, Forensic Examinations and Legal Psychology, Institute of Justice, Baikal State University, 11 Lenin Str., Irkutsk, 664003, the Russian Federation, kryagevvs@mail.ru,  <https://orcid.org/0009-0000-6616-7864>, SPIN-Code: 4913-1608, Scopus Author ID: 57192710513.

Malov, Sergey I. — Doctor of Medical Sciences, Professor, Department of Infectious Diseases, Vice-Rector for Scientific Work, Irkutsk State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 1 Krasnogo Vosstaniya Str., Irkutsk, 664003, the Russian Federation, science@irkgmu.ru,  <https://orcid.org/0000-0002-3135-4616>, SPIN-код: 5050-3112, Scopus Author ID: 57190751905, ResearcherID: O-3239-2017.

Borisenko, Andrey Yu. — Ph.D. in Biology, Ass. Professor, Head, Department of Microbiology, Virology and Immunology, Irkutsk State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, 1 Krasnogo Vosstaniya Str., Irkutsk, 664003, the Russian Federation, 89041381286@mail.ru, SPIN-Code: 4679-1545, Scopus Author ID: 57222128208, ResearcherID: Q-1923-2017.

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.