

Анаэробные инфекции, вызванные культурами рода *Desulfovibrio* (обзор литературы)

К.Б.н. Н.Г. Куликова¹, профессор А.А. Плоскирева^{1,2}

¹ФБУН ЦНИИ Эпидемиологии Роспотребнадзора, Москва

²РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва

РЕЗЮМЕ

Бактерии рода *Desulfovibrio* относятся к сульфатредуцирующим бактериям (СРБ) и представляют собой изогнутую палочку с полярными жгутиками, не образующую спор. В обзоре обсуждаются вопросы распространенности *Desulfovibrio* spp., влияние на микробиоценоз кишечника, а также инфекции, связанные с *Desulfovibrio* spp. Присутствие бактерий рода *Desulfovibrio* в кишечнике связывают с различными заболеваниями. На сегодняшний день опубликованы данные о 20 случаях бактериальной инфекции, вызванной *Desulfovibrio* spp. Инфицирование человека *Desulfovibrio* spp. носит редкий характер, что может быть связано в том числе с низкой выявляемостью инвазии *Desulfovibrio* spp. Авторами подробно рассмотрены методы детекции и идентификации *Desulfovibrio* spp. Простые тесты, доступные в большинстве микробиологических лабораторий, такие как влажная подвижность, наличие H_2S на SIM-агаре и наблюдение красной флуоресценции при щелочном pH под УФ-излучением, свидетельствуют о *Desulfovibrio* spp. Также в обзоре представлены возможные терапевтические схемы для лечения вызванных данными микроорганизмами инфекций. Изучение свойств *Desulfovibrio* spp. и вызванных ими инфекций, а также разработка новых способов лечения пациентов являются актуальными задачами современной медицины, поскольку воздействие на микробиоценоз кишечника может стать возможным лечением пациентов с различными заболеваниями в будущем.

Ключевые слова: сульфатредуцирующие бактерии, *Desulfovibrio* spp., идентификация микроорганизмов, детекция микроорганизмов, анаэробная культура, микробиоценоз кишечника.

Для цитирования: Куликова Н.Г., Плоскирева А.А. Анаэробные инфекции, вызванные культурами рода *Desulfovibrio* (обзор литературы). РМЖ. 2022;8:30–33.

ABSTRACT

Anaerobic infections caused by cultures of the *Desulfovibrio* genus (literature review)

N.G. Kulikova¹, A.A. Ploskireva^{1,2}

¹Central Research Institute of Epidemiology of the Russian Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Moscow

²Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow

Bacteria of the *Desulfovibrio* spp genus belong to sulfate-reducing bacteria (CRP) and are indicated as a curved rod with polar flagella that does not form spores. The article discusses the prevalence of *Desulfovibrio* spp., its effect on intestinal microbiocenosis, as well as infections associated with *Desulfovibrio* spp. The presence of the *Desulfovibrio* spp. bacteria in the intestine is associated with various diseases. At present, there are published data on 20 cases of bacterial infection caused by *Desulfovibrio* spp. Human infection with *Desulfovibrio* spp is rare, which may be due to the low manifestation of *Desulfovibrio* spp invasion. The authors have considered in detail the methods of detection and identification of *Desulfovibrio* spp. Simple tests available in most microbiological laboratories, such as wet motility, the presence of H_2S on SIM medium and the observation of red shift fluorescence in alkaline pH under UV light indicate *Desulfovibrio* spp. The article also presents possible therapeutic regimens for the treatment of infections caused by these microorganisms. Studying the properties of *Desulfovibrio* spp. and the infections caused by them, as well as the development of new methods for patient management are urgent tasks of modern medicine, since the effect on the intestinal microbiocenosis may become a possible treatment of patients with various diseases in the future.

Keywords: sulfate-reducing bacteria, *Desulfovibrio* spp, microorganism identification, microorganism detection, anaerobic culture, intestinal microbiocenosis.

For citation: Kulikova N.G., Ploskireva A.A. Anaerobic infections caused by cultures of the *Desulfovibrio* genus (literature review). RMJ. 2022;8:30–33.

ВВЕДЕНИЕ

Бактерии рода *Desulfovibrio* относятся к сульфатредуцирующим бактериям (СРБ) и представляют собой изогнутые палочки с полярными жгутиками, не образующие спор [1–3].

Бактерии этого рода являются строгими анаэробами, которые для дыхания восстанавливают сульфат и серу до сероводорода (H_2S) посредством сульфитредуктазы [3].

Они характеризуются наличием пигмента десульфовиридина, который флуоресцирует в длинноволновом ультрафиолетовом (УФ) излучении красным при щелочном pH и сине-зеленым при кислом pH. Для бактерий рода *Desulfovibrio* характерно также наличие сильного запаха серы при выращивании на жидких питательных средах. Эти микроорганизмы растут медленно: им требуется от 4 до 7 дней, чтобы образовать видимые колонии в питательных средах [2].

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ *DESULFOVIBRIO SPP.*

В окружающей среде СРБ распространены повсеместно [3]. Основными экологическими нишами СРБ считаются почва, морские донные осадки, соленые озера, сточные воды, трубопроводы, в том числе газовые магистрали [4]. СРБ также могут колонизировать желудочно-кишечный тракт (ЖКТ) млекопитающих — крупного рогатого скота и человека [3–6]. Они могут бессимптомно персистировать в кишечнике или вести себя как условно-патогенные микроорганизмы, связанные с первичной бактериемией и интраабдоминальными инфекциями [2].

Desulfovibrio spp. является преобладающим представителем СРБ в микробиоте кишечника человека. Исследования показали, что выделение штаммов *Desulfovibrio spp.* из образцов кала человека очень важно для изучения роли кишечных СРБ в этиологии сульфатредуцирующей инфекции, а также в определении их биологических особенностей [7].

При ферментации в толстой кишке человека терминальные окислительные процессы могут включать деятельность диссимиляционных СРБ. Приблизительно у 50% здоровых людей в образцах кала обнаруживаются значительные популяции СРБ. В исследованиях *in vitro* рост СРБ в смешанной культуре моделировался доступностью сульфата, при этом сульфатированные полисахариды, такие как муцин, хондроитин сульфат и каррагинан, вызывали повышенную скорость роста и продукцию сульфидов по сравнению с крахмалом, пектином и арабиногалактаном [6, 8].

Исследования по выявлению наличия бактерий рода *Desulfovibrio* в образцах биопсии толстой кишки, основанные на ПЦР, в сочетании с методами микробиологического культивирования показали повсеместное присутствие бактерий рода *Desulfovibrio* в слизистой оболочке толстой кишки человека [9]. Согласно данным библиотеки клонов 16S рРНК *Desulfovibrio* является доминирующим родом СРБ, обнаруживаемым в образцах кала человека [10]. Способствовать колонизации кишечника СРБ может сульфат, полученный в результате деградации сульфомуцина, содержащегося в эпителиальных клетках кишечника [10]. На основании результатов популяционных исследований «случай — контроль» канадскими учеными был сделан вывод о том, что инфекция гриппа, особенно с тяжелым течением болезни, способствует чрезмерному росту СРБ в толстой и двенадцатиперстной кишке [11].

Присутствие бактерий рода *Desulfovibrio* в кишечнике связывают с хроническими воспалительными заболеваниями ЖКТ (язвенный колит, болезнь Крона, синдром раздраженного кишечника), а также с различными психическими и когнитивными расстройствами (болезнь Паркинсона, расстройство аутистического спектра (РАС), синдром дефицита внимания / гиперактивность (СДВГ), биполярное расстройство, шизофрения и большое депрессивное расстройство) [6, 7, 12–15]. В немногочисленных исследованиях было показано, что бактерии рода *Desulfovibrio* в образцах кала пациентов с когнитивными и психическими расстройствами представлены в значительно большей концентрации по сравнению со здоровыми пациентами. Интересно, что во всех исследованиях наблюдалась прямая корреляция между концентрацией бактерий *Desulfovibrio spp.* и тяжестью протекания заболеваний. В независимых исследованиях было показано, что психические и когнитивные расстройства могут иметь

общие биомаркеры риска на уровне кишечного микробиоценоза, в роли которых, учитывая распространенность при данных заболеваниях, могут выступать СРБ рода *Desulfovibrio* [10, 16, 17].

ВЛИЯНИЕ *DESULFOVIBRIO SPP.* НА МИКРОБИОЦЕНОЗ КИШЕЧНИКА

Основным побочным продуктом метаболизма СРБ в кишечнике является H_2S . Бактерии *Desulfovibrio spp.* помимо H_2S продуцируют пропионовую кислоту, липополисахарид, магнетит, которые, вероятно, вызывают олигомеризацию и агрегацию белка α -синуклеина, что связано с патогенезом таких заболеваний, как РАС и болезнь Паркинсона. H_2S обладает выраженной генотоксичностью в отношении эпителиальных клеток слизистой оболочки толстой кишки. При более высоких уровнях он может ингибировать окисление бутирата, фагоцитоз, уничтожение бактерий, вызывать гиперпролиферацию, метаболические нарушения в эпителиальных клетках, а также связывать металлы в сульфиды, снижая тем самым биодоступность железа в организме. Некоторые авторы считают, что сероводород может действовать как сигнальная молекула или источник энергии для митохондрий. Более того, используя водород, СРБ помогают в эффективном получении энергии и полном окислении субстратов, продуцируемых ферментативными бактериями. H_2S также продуцируется эндогенно колоноцитами и физиологически активен в головном мозге, сердце, сосудах, мочеполовой системе и ЖКТ на нетоксичных уровнях. Таким образом, СРБ могут играть двойную роль в кишечном микробиоценозе [6, 10]. Эти результаты показывают, что метаболические возможности СРБ, выделенных из толстой кишки человека, неодинаковы и могут зависеть от типа субстрата, доступного в кишечнике, а также от скорости прохождения через пищеварительный тракт [7, 8]. Исследования распространенности бактерий рода *Desulfovibrio* при помощи ПЦР-амплификации гена 16S рРНК выявили более высокую распространенность СРБ в фекалиях у пожилых людей по сравнению со здоровыми взрослыми, а также положительную корреляцию между численностью *Desulfovibrio* и курением и отсутствие различий или уменьшения в уровнях *Desulfovibrio* у больных колоректальным раком по сравнению с людьми, не страдающими колоректальным раком [10]. В связи с тем, что дефицит железа — одна из известных характеристик пациентов с РАС, предполагается, что одним из возможных механизмов действия СРБ у пациентов с РАС является иммобилизация железа в биологически недоступные формы. Повышенное содержание СРБ, включая *Desulfovibrio spp.*, может привести к биоминерализации железа в ЖКТ в виде сульфидов, а менее разнообразная диета препятствует связыванию железа в ЖКТ [10, 13].

Бактерии *D. diazotrophicus*, также населяющие кишечник млекопитающих, способны к фиксации азота, что способствует их росту в кишечнике [10].

Хотя род *Desulfovibrio* насчитывает более 60 видов, на сегодняшний день из клинических образцов было выделено только 6: *D. desulfuricans*, *D. fairfieldensis*, *D. vulgaris*, *D. piger*, *D. legallii* и *D. enteralis* [2, 6]. Среди них *D. desulfuricans* является наиболее распространенным патогеном, тогда как *D. fairfieldensis* может быть наиболее вирулентным микроорганизмом, вызывающим инвазив-

ные инфекции [2, 6]. У человека *Desulfovibrio spp.* могут вызывать такие инфекции, как пародонтит, абсцесс головного мозга, абсцесс печени и инфекцию кровотока [18]. Пациентами с инфекциями *Desulfovibrio* обычно являются пожилые люди с воспалительными заболеваниями ЖКТ, такими как болезнь Крона, язвенный колит, заболевания гепатобилиарной системы, или с абсцессами другой локализации (абсцесс печени). Ввиду связи СРБ со смешанными инфекциями их трудно идентифицировать, они часто остаются незамеченными, а из-за ограниченного числа зарегистрированных случаев клинические характеристики инфекции еще недостаточно хорошо известны [2, 4].

ИНФЕКЦИИ, СВЯЗАННЫЕ С *DESULFOVIBRIO SPP.*

На сегодняшний день опубликованы данные о 20 случаях бактериальной инфекции, вызванной *Desulfovibrio spp.*: 15 из них вызваны *D. desulfuricans*, 5 — *D. fairfieldensis* [6, 19–25]. В большинстве случаев *Desulfovibrio spp.* вызывают абсцессы внутренних органов: брюшной полости (4 случая), печени (3 случая), аппендикса (2 случая), головного мозга (2 случая) и средостения (1 случай). Известно о 3 случаях бактериемии на фоне аппендицита, 3 случаях сепсиса и по 1 случаю перитонита и менингоэнцефалита [2, 3, 18, 25].

Большинство случаев бактериемии *D. desulfuricans* описаны у пациентов мужского пола. Все пациенты были старше 60 лет, за исключением 1 пациентки, молодой женщины 30 лет. Клинические симптомы разнообразны, но часто наблюдаются желудочно-кишечные проявления. Бактериемии, вызванные СРБ, всегда имели абдоминальное происхождение (вторичное по отношению к аппендициту или внутрибрюшному абсцессу), почти в половине случаев инфекции предшествовали эпизоды диареи, что указывает на то, что бактериемия *D. desulfuricans* возникла в результате бактериальной транслокации из кишечника или гепаторенальных абсцессов ЖКТ [2–4]. В 12/20 (60,0%) случаях *D. desulfuricans* был единственным возбудителем, вызывающим бактериемию. Абсцедирование наблюдалось в 5/20 случаях (25,0%). В целом летальность составила 2/20 (10,0% случаев) [2, 4].

МЕТОДЫ ДЕТЕКЦИИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ *DESULFOVIBRIO SPP.*

Были проведены исследования по выделению *Desulfovibrio spp.* из человеческой крови, гноя, микробиоты влагалища, микробиоты полости рта и микробиоценоза кишечника. Для изучения биологических особенностей *Desulfovibrio spp.* требуется выделение культур в чистую культуру [7].

Первичную идентификацию СРБ при бактериемии проводили при помощи культивирования гемокультур в аэробных флаконах Standard, и/или Lytic (BACTEC, Becton Dickinson Diagnostic Instrument Systems, США), и/или BacT/ALERT (bioMérieux, Marcy l'Etoile, Франция) в течение 16–72 ч [2, 4]. Однако стоит помнить, что иногда для обнаружения *Desulfovibrio spp.* в системах крови требуется длительный инкубационный период — до 3–7 дней [4].

Дальнейший фенотипический анализ возбудителей инфекции сводился к исследованию морфологии клеток при окрашивании по Граму, которое выявляло грамотрицательные спиральные или изогнутые палочки, исследова-

нию подвижности микроорганизмов во влажных препаратах, сделанных из центрифугированных концентратов и на среде Sulfide Indole Motility (SIM), а также к исследованию отсутствия сахаролитической активности, тесту на десульфовиридин и на продукцию H_2S [2, 25]. В дополнение к наличию H_2S на среде SIM о наличии *Desulfovibrio spp.* свидетельствовала красная флуоресценция при щелочном pH под УФ-излучением [2, 4]. Дополнительные тесты, такие как отсутствие роста в 20% желчи и положительная активность уреазы, позволяли идентифицировать бактерии до вида *D. desulfuricans*, так как это единственный вид с такими характеристиками [2].

Затем содержимое положительных флаконов пересеивали на агаризованную среду Brucella с добавлением витамина K₁ (1 мкг/мл) и гемина (5 мкг/мл) и инкубировали при 35–37 °C в анаэробных условиях (6% CO₂) в течение 4 дней [2, 25]. На среде Brucella вырастали маленькие, прозрачные колонии с ровными краями и колонии с γ-гемолитическими свойствами [2]. Далее выросшие колонии идентифицировали до вида с помощью масс-спектрометрии MALDI-TOF MS (BrukerDaltonik®, Бремен, Германия) [2].

Как было написано ранее, СРБ представляют собой группу анаэробных микроорганизмов, которые могут восстанавливать сульфаты до сульфидов, окисляя многие органические субстраты в качестве доноров электронов, такие как лактат, сукцинат, пируват, ацетат и сахар, образуя жирные кислоты в качестве побочного продукта метаболизма [7]. В связи с этим СРБ, как правило, выделяют с использованием бескислородной лактатно-сульфатной среды, содержащей восстановитель (тиогликолат или аскорбат), а также железо (Fe²⁺), которое реагирует с микробным продуктом анаэробного дыхания — сероводородом (H₂S) с образованием сульфида железа (FeS) в виде нерастворимого пигмента черного цвета [3].

Для изучения микробиоценоза кишечника используют как жидкие, так и агаризованные селективные среды. При изучении бактериологических особенностей *Desulfovibrio spp.* у детей с РАС в одной из работ была использована жидкая пресноводная среда Видделя и Бака (WB), которая содержала (на 1 л) 4,0 г Na₂SO₄, 0,2 г KH₂PO₄, 0,25 г NH₄Cl, 1 г NaCl, 0,4 г MgCl₂·6H₂O, 0,5 г KCl, 0,113 г CaCl₂, 2 мл раствора витаминов, 1 мл раствора микроэлементов и по 1 мл Na₂SeO₃ (конечная концентрация 23,6 мкМ) и Na₂WO₄ (конечная концентрация 24,2 мкМ) [10]. В другом исследовании скрининг СРБ в кале человека проводили с использованием специальной жидкой среды (Test-kit Labège®, Compagnie Française de Géothermie, Орлеан, Франция) [26].

L. Sayavedra et al. [27] изолировали *Desulfovibrio spp.* из клинических образцов кала на анаэробный агар Постгейта С, который содержал на 1 л дистиллированной воды: 6 г лактата натрия, 4,5 г Na₂SO₄, 1 г NH₄Cl, 1 г дрожжевого экстракта, 0,5 г KH₂PO₄, 0,3 г цитрата натрия, 0,06 г MgSO₄·7H₂O, 0,004 г FeSO₄·7H₂O, 4 мл резазурина (0,02% мас./об.), 0,04 г CaCl₂·2H₂O, 0,5 г L-цистеина гидрохлорида и 15 г агара, pH доводили до 7,5±0,1 с помощью 5 М HCl. Чашки Петри инкубировали при 37 °C в течение 2 нед. Стоит отметить, что среда Постгейта часто использовалась для культивирования СРБ из образцов окружающей среды, поэтому эта среда может быть не очень подходящей для выявления *Desulfovibrio spp.* из кала человека из-за большого разнообразия и сложного состава микробиоценоза кишечника [7].

Y.R. Chen et al. [7] в однофакторном эксперименте оценили воздействие 18 часто используемых компонентов селективных сред на микроорганизмы кишечника человека. Компоненты были разделены на 4 группы: группу доноров электронов, группу акцепторов электронов, группу факторов роста и группу противомикробных агентов. В группу доноров электронов были отнесены крахмал (4 г/л), сукцинат натрия (2 г/л), мальтоза (6 г/л), маннитол (10 г/л), ацетат натрия (5 г/л); в группу акцепторов электронов — сульфат марганца (0,12 г/л), сульфат железа (0,034 г/л) и тиогликонат натрия (0,15 г/л). Факторами роста считались кровь (5%), хемин (0,01 г/л), Tween 80 (1 мл/л), витамины С (0,5 г/л), В₆ (0,001%) и В₁₂ (0,001%). Также авторами для подавления роста чувствительной быстрорастущей микробиоты было предложено добавление противомикробных компонентов метабисульфата натрия (1 г/л), колистина сульфата (0,01 г/л), ванкомицина (0,001 г/л) и рифампицина (0,1 г/л). К данным противомикробным компонентам культуры *Desulfovibrio spp.* резистентны.

В описанных клинических исследованиях идентификация СРБ на уровне вида была подтверждена с помощью ПЦР-амплификации гена *16S rDNA* с использованием различных праймеров и с помощью секвенирования *16S rDNA* по методу Сенгера [2].

Согласно данным литературы инфицирование человека *Desulfovibrio spp.* носит редкий характер, что может быть связано в том числе с низкой выявляемостью инвазии *Desulfovibrio spp.* Причинами этого могут быть медленная скорость роста культур, сложности в идентификации, особенно когда культура является частью полимикробного сообщества, а также тот факт, что многие лаборатории не проводят рутинное культивирование анаэробных культур. Несмотря на то, что наличие спиральных грамотрицательных палочек при окраске по Граму в культуре крови указывает на *Campylobacter spp.*, оно также должно вызвать подозрение на *Desulfovibrio spp.* Простые тесты, доступные в большинстве микробиологических лабораторий, такие как влажная подвижность, наличие H₂S на SIM-агаре и наблюдение красной флуоресценции при щелочном pH под УФ-излучением, свидетельствуют о *Desulfovibrio spp.*

ЛЕЧЕНИЕ ИНФЕКЦИЙ, ВЫЗВАННЫХ *DESULFOVIBRIO SPP.*

Оптимальное лечение инфекции *Desulfovibrio* еще не установлено, вероятно, из-за редкой заболеваемости и сложности диагностики инфекций, вызванных *D. desulfuricans*.

Для лечения инфекции *Desulfovibrio* использовали различные терапевтические схемы с применением нескольких классов антибиотиков, включая пенициллины, цефалоспорины, карбапенемы, макролиды и тетрациклины. В нескольких исследованиях при помощи метода эпсилотомии (ETEST®, bioMérieux) и метода разбавления агара, согласно протоколу Национального комитета по клиническим лабораторным стандартам (National Committee for Clinical Laboratory Standards, NCCLS), изучалась чувствительность к различным антибиотикам *in vitro* [2, 3, 25]. Для культивирования и оценки результатов фенотипической чувствительности культур СРБ использовали агар Brucella в качестве основной среды, считывая результаты через 48 ч, и агар Уилкинса — Чалгрена, считывая результаты через 96 ч [25].

Было показано, что *D. desulfuricans* наиболее чувствителен к метронидазолу, клиндамицину и хлорамфениколу, а также к имипенему, меропенему и ампициллин-сульбактаму [2, 3]. Положительную динамику наблюдали при использовании тазобактама/пиперациллина с последующим внутривенным введением клиндамицина в течение 1 нед. с последующим пероральным приемом метронидазола [4].

Ввиду положительного теста на нитроцефин считается, что *D. desulfuricans* может продуцировать β-лактамазу расширенного спектра класса А, что делает его устойчивым ко многим цефалоспорином [2, 3, 25].

По данным литературы, имипенем или метронидазол были предложены в качестве препаратов выбора для эмпирической противомикробной терапии бактериемии, вызванной *Desulfovibrio spp.*, в связи с тем, что эти виды часто выделяют при смешанных аэробно-анаэробных инфекциях [25].

С учетом совпадающей этиологии и механизма различных психических расстройств и когнитивных нарушений, а также выявленной тесной взаимосвязи микробиоценоза кишечника с этими заболеваниями терапия в таких случаях возможна посредством коррективной микробиоценоза кишечника при помощи диеты, антибиотиков, пребиотиков, пробиотиков и трансплантации кишечной микрофлоры [28]. В рандомизированном двойном слепом исследовании с перекрестным дизайном, направленном на оценку эффективности применения пробиотиков для лечения РАС у детей, выявили существенные различия по консистенции стула по сравнению с показателем на фоне приема плацебо и улучшение показателей поведения по сравнению с исходным [29]. Таким образом, воздействие на микробиоценоз кишечника может стать в будущем возможным лечением пациентов с психическими и когнитивными расстройствами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря достижениям в разработке и применении методов клинической микробиологии *D. desulfuricans* недавно был признан возбудителем инфекции. Согласно проведенному анализу данной литературы в настоящее время инфекция *D. desulfuricans* имеет благоприятный прогноз при проведении антимикробной терапии. Однако изучение биологических свойств и разработка новых тест-систем для детекции труднокультивируемых культур *Desulfovibrio spp.*, а также изучение свойств возбудителей инфекции и новых способов лечения пациентов остаются актуальными задачами современной медицины, требующими решения.

Литература

1. Postgate J.R., Campbell L.L. Classification of *Desulfovibrio* species, the nonsporulating sulfate-reducing bacteria. *Bacteriol Rev.* 1966;30(4):732–738. DOI: 10.1128/br.30.4.732-738.1966.
2. Machaca M., Bodean M.L., Montaña S. et al. Descripción de un caso de sepsis abdominal por *Desulfovibrio desulfuricans* [Description of a case of abdominal sepsis due to *Desulfovibrio desulfuricans*]. *Rev Argent Microbiol.* 2022;S0325–7541(22)00028–1 (in Spanish). DOI: 10.1016/j.ram.2022.05.002.
3. Marquis T.J., Williams V.J., Banach D.B. Septic arthritis caused by *Desulfovibrio desulfuricans*: A case report and review of the literature. *Anaerobe.* 2021;70:102407. DOI: 10.1016/j.anaerobe.2021.102407.
4. Hagiya H., Kimura K., Nishi I. et al. *Desulfovibrio desulfuricans* bacteremia: A case report and literature review. *Anaerobe.* 2018;49:112–115. DOI: 10.1016/j.anaerobe.2017.12.013.
5. Carli T., Diker K.S., Eyigor A. Sulphate-reducing bacteria in bovine faeces. *Lett Appl Microbiol.* 1995;21(4):228–229. DOI: 10.1111/j.1472-765x.1995.tb01047.x.

Полный список литературы Вы можете найти на сайте <http://www.rmj.ru>