

**УДК 579.63**

## **ХАРАКТЕРИСТИКА БАКТЕРИАЛЬНОГО СООБЩЕСТВА САКСКОЙ ЛЕЧЕБНОЙ ГРЯЗИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В САНАТОРИЯХ ТАТАРСТАНА**

*Гафарова Л. Ф.<sup>1,2</sup>, Колпаков А. И.<sup>1</sup>, Ильинская О. Н.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, Россия*

<sup>2</sup>*ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан», Казань, Россия*

*E-mail: gafarova.lf@rambler.ru*

Эффективность сакских лечебных грязей признана не только в России, но и за ее пределами. Несмотря на наличие значительного количества местных месторождений грязей, в санаториях Республики Татарстан, также широко применяются сакские иловые сульфидные грязи благодаря их оздоравливающему действию на организм человека. Проведен санитарно-бактериологический анализ образцов сакской лечебной грязи, применяемой в санаториях Республики Татарстан, выделены культивируемые формы микроорганизмов. Проведена таксономическая идентификация выделенных штаммов микроорганизмов с применением метода времяпролетной масс-спектрометрии с матрично-активированной лазерной десорбцией/ионизацией. Описанный состав доминирующих групп бактерий и данные литературы по продукции ими полезных для здоровья факторов подтверждает вклад микроорганизмов в лечебные свойства сакских грязей.

**Ключевые слова:** лечебные грязи, пелоиды, сульфитно-иловые грязи, бактериальное сообщество, санитарно-бактериологический анализ.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Комплекс оздоровительных мероприятий, осуществляемых с целью восстановления нормального самочувствия и работоспособности человека, включает грязелечение (пелоидотерапию), которое считается одним из эффективных способов рекреации. Хотя грязелечение относят к альтернативным методам медицины в связи с отсутствием достаточных доказательств клинической эффективности, оздоровительное действие грязей Сакского озера описано еще в начале XIX века, и Сакские пелоиды и отнесены к категории лечебных [1].

В санаториях Республики Татарстан наряду с местными лечебными грязями широко применяются иловые сульфитные грязи приморского типа, поступающие из Республики Крым.

Иловые сульфидные грязи представляют собой донные отложения преимущественно соленых водоемов, бедные органическими веществами и обогащенные FeS и водорастворимыми солями. Для них характерна высокая минерализация грязевого раствора. По своим тепловым свойствам они существенно уступают торфяным и сапропелевым грязям, но по содержанию сульфидов железа и водорастворимых солей значительно их превосходят. Из-за высокого содержания FeS имеют темно-серый цвет. Данный вид грязи имеет характерный сероводородный запах, мягкую консистенцию и хорошо апплицируются на

поверхности тела. Содержание в ней воды варьируется от 30 % до 70 %. Соленость грязи определяется климатическими и почвенными зонами и может колебаться в различные сезоны года. Сульфидно-иловые грязи формируются при обязательном присутствии в водах, питающих месторождения, сульфатов, которые в результате деятельности сульфатредуцирующих бактерий восстанавливаются до сульфидов и при наличии в них железа образуют характерный для этих грязей черный минерал гидротроилит ( $\text{FeS} \times n\text{H}_2\text{O}$ ) [2, 3].

Сакское месторождение лечебных грязей (пелоидов) является главной гидроминеральной лечебно-сырьевой базой курортно-оздоровительных учреждений Крыма [4]. Их формирование происходит в озерной котловине, сформированной около 5.6–5.2 тыс. лет назад за счет отделения песчано-галечной пересыпью небольшого лимана от Каламитского залива Черного моря [5], и в настоящее время представляет собой систему бассейнов с регулируемым водоснабжением.

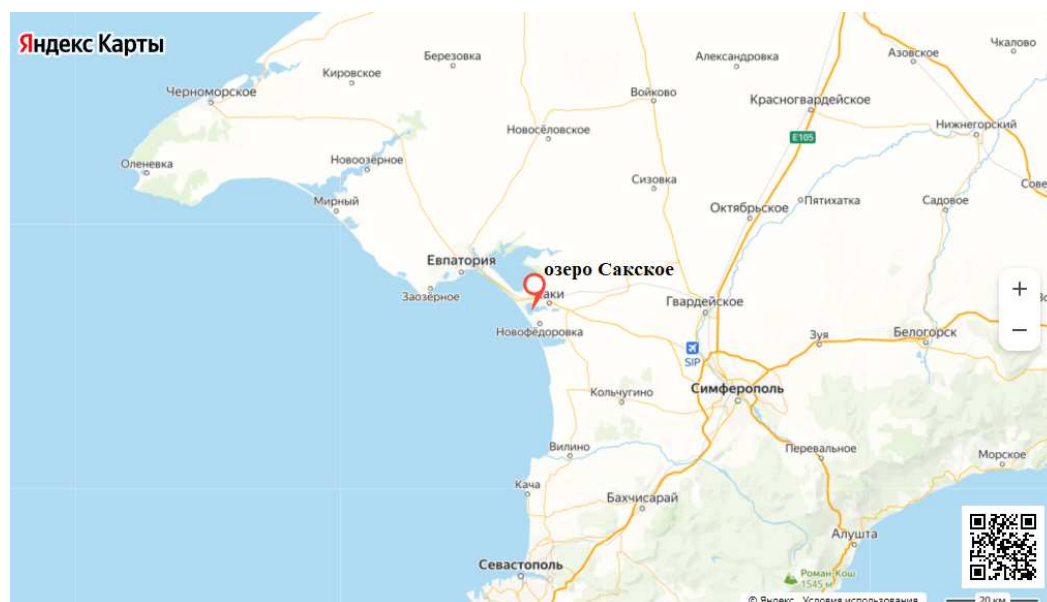


Рис.1. Местоположение озера Сакское [6].

Сакское месторождение лечебных грязей и рапы (солевой раствор высокой степени минерализации, 220 г/л) относится к лагунному, прибрежно-морскому типу, образовавшемуся в результате серии морских трансгрессий с затоплением устьевой части палеоречной долины и «отшнуровыванием» морской лагуны песчано-галечной пересыпью с последующим формированием донных озерных осадков в условиях сезонно изменяющейся солености. Грязевая залежь представлена двумя разновидностями: черными и темно-серыми иловыми отложениями мощностью слоя от 0,35 до 1,1 м. При этом, сакские грязи – это гетерогенная физико-химическая система, состоящая из жидкой и двух твердых фаз (кальциево-магниевый кристаллический скелет и глинистый остов) [7].

Минеральный состав грязи Сакского месторождения характеризуется наличием гипса, галита, кальцита, арагонита и бассанита [8]. Жидкая фаза представлена грязевым (поровым) раствором, содержащим растворимые соли (хлориды, магниевые-натриевые) и органические вещества [7].

Пелоиды Сакского месторождения соответствуют высокоминерализованным, соленасыщенным, сильно- и средне - сильносульфидным, хлоридным, магниевым-натриевым иловым грязям [9]. Балансовые запасы иловой лечебной грязи (категорий В, С1 и С2) составляют 3 749 828 м<sup>3</sup> [7]. Организованное начало лечения грязями Сакского озера датируется 1827 годом. В 1880 году в Сакском районе, стараниями местного земства, был открыт курорт [10].

Иловые сульфидные грязи Сакского месторождения оказывают сложное физиологическое и терапевтическое действие на организм человека. Считают, что содержащиеся в грязи активные химические и биологические компоненты проникают в тело через неповрежденную кожу и, оказывая влияние на функции различных органов, вызывают общую реакцию организма, приводящую к оздоровлению. Вследствие сбалансированного минерального и органического состава сакская грязь обладает противовоспалительным, десенсибилизирующим, противомикробным, рассасывающим, трофическим и регенерирующим действием [8]. Отмечен также антиаллергический эффект, активация энергообменных процессов, в частности, окисления жиров [11]. Грязь бактерицидна по отношению к стрептококкам, стафилококкам, синегнойным палочкам, а также подавляет развитие простейших (трихомонад) и грибов [7].

Целью данного исследования было определение бактериологического разнообразия сакской сульфитной иловой грязи, поступающей в санатории Татарстана.

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

Санитарно-бактериологический анализ лечебных грязей поступающих из Республики Крым, проводился в рамках программы производственного контроля санаториев, применяющих данную грязь. Исследования проводились на базе лаборатории бактериологических исследований ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Татарстан» в соответствии с областью аккредитации по «Методическим указаниям по санитарно-микробиологическому анализу лечебных грязей» (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 11 сентября 1989 г. №143-9/316-17).

Образцы сакских грязей поступали из двух санаториев: ЛПЧУ профсоюзов санаторий «Васильевский» (Зеленодольский район) и ЛПУ профсоюзов санаторий «Ливадия» (г. Казань).

Пробы грязей каждого учреждения отбирали более 20 раз в течение 2019–2022 гг. и высевали на серию питательных сред методом последовательных разведений 1 г пелоидов.

Санитарно-бактериологические исследования проводились методами классического бактериологического анализа, с применением следующих питательных сред производства Федерального бюджетного учреждения науки

государственного научного центра прикладной микробиологии и биотехнологии (ФБУН ГНЦ ПМБ): лактозопептонная среда Эйкмана для первичной идентификации энтеробактерий; мясопептонный агар, неселективная среда для культивирования широкого спектра микроорганизмов; среда Эндо для выделения и дифференциации грамотрицательных микроорганизмов кишечной группы; среда Сабуро для культивирования грибов медицинского значения; желточно-солевой агар для выявления солеустойчивых микроорганизмов, в том числе коагулазоположительных стафилококков; цетримидный агар для выявления синегнойной палочки.

Видовую идентификацию выделенных культур микроорганизмов проводили методом времяпролетной масс-спектрометрии с матрично-активированной лазерной десорбцией/ионизацией MALDI-TOF MS – на приборе VITEK MS, производства БиоМерье (bioMérieux), Франция. При данной технологии осуществляется сравнение белкового спектра исследуемого штамма с базовой коллекцией спектров референсных микроорганизмов известных видов. На основании степени соответствия спектров определяется принадлежность исследуемого микроорганизма к определенному виду (роду) [12].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с «Методическими указаниями по санитарно-микробиологическому анализу лечебных грязей» (утв. Главным государственным санитарным врачом СССР 11 сентября 1989 г. №143-9/316-17): в 1 г образца грязи общее число микроорганизмов не должно превышать  $5 \cdot 10^5$  кл/г; титр ЛКП (лактозоположительные кишечные палочки или колиформные бактерии, которые входят в семейство *Enterobacteriaceae*, к ним относятся грамотрицательные, не образующие спор палочки, ферментирующие лактозу до кислоты и газа при 37 °С в течение 21 часа, с отрицательным оксидазным тестом) не должен превышать 10; титр клостридий – 0,1 (устанавливают по максимальному разведению, в котором обнаружены клостридии); Патогенные стафилококки, энтерококки и штаммы *Pseudomonas aeruginosa* в 1 г должны отсутствовать.

Все исследованные образцы лечебной грязи соответствовали требованиям гигиенических нормативов.

Результаты таксономической идентификации микроорганизмов, выявленных в ходе санитарно-бактериологического анализа, представлены в Таблице.

Как видно из Таблицы и Рис. 2. первое ранговое место по частоте определения принадлежит *Rhodococcus erythropolis* (45 %), второе *Bacillus firmus* (26 %), третье *Pseudomonas stutzeri* (14 %). На других рекомендованных средах, указанных в разделе «Материалы и методы (Среда Эйкмана и среда Сабуро)» рост микроорганизмов зафиксирован не был.

Эффективность сульфидной иловой грязи Сакского озера для лечения органов кровообращения, дыхания, эндокринной и нервной систем, а также ЖКТ, подтверждается рядом научных исследований [13, 14]. Вместе с тем отмечается недостаточная изученность бактериального сообщества не только грязей Сакского месторождения, но и в целом всех грязей, применяемых для пелоидотерапии.

Таблица  
**Бактериологическое разнообразие культивируемых микроорганизмов, выделенных из сакской лечебной грязи, применяемой в санаториях Татарстана**

Σ колоний микроорганизмов, выросших из 20 образцов пелоидов ( $\times 10^4$ /г пелоида)					
МПА		ЭНДО		ЖСА	
<i>Rhodococcus erythropolis</i>	150±1			<i>Bacillus firmus</i>	65±5
<i>Acinetobacter lwoffii</i>	0	<i>Pseudomonas stutzeri</i>	47±4		
<i>Bacillus firmus</i>	14±2	<i>Enterobacter cloacae</i>	3±1		
<i>Micrococcus luteus</i>	10±2	<i>Enterobacter asburiae</i>	3±1		
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	10±2				
<i>Enterobacter hormaechei</i>	5±1				
<i>Staphylococcus hominis</i>	4±1				
<i>Kocuria rosea</i>	3±1				
<i>Exiguobacterium acetylicum</i>	3±1				
<i>Nocardia africana/nova</i>	2±1				
<i>Paracoccus yeei</i>	2±1				
	1±1				

Терапевтическое значение пелоидов обусловлено не только оригинальным составом твердой и жидкой фаз, но и текстурными, физико-химическими и биологическими изменениями, происходящими во время созревания. Созревание – очень сложный процесс, в который вносят вклад не только неорганические изменения в твердо-жидкой смеси, но и органические изменения, вызванные ростом и развитием живых организмов [15]. Считается, что в каждом термальном курорте к природной минеральной воде приурочена специфическая микробиота [16]. Так, грязь из термальных ванн колонизируется цианобактериальными матами, которые производят биологически активные вещества, в значительной степени способствующие оздоровительному действию пелоидов [17]. В научной литературе отмечается не только общность микробного состава ряда пелоидов, но и некоторые особенности каждого месторождения. Хотя протеобактерии, актиномицеты и фирмикуты являются обычными обитателями всех типов пелоидов, серо- и железовосстанавливающие бактерии, такие как *Deferribacterales*, обнаруженные, например, в бассейне реки Чамлиала (Индия), приводят к накоплению минералов в пелоидах, что положительно сказывается на применении этих грязей для восстановления поврежденной кожи [18]. В Сакских пелоидах доминировал штамм *Rhodococcus erythropolis*, который обладает

мощным деструктивным потенциалом, включающим окисление, дегидрирование, эпексидирование, гидролиз, гидроксилирование, дегалогенирование и десульфирование различных соединений [19]. Более того, эта актинобактерия способна разлагать смеси микотоксинов [20], и, в частности, канцерогенный афлатоксин [21]. Это свойство зафиксировано также для *Pseudomonas stutzeri* [22]. В условиях освещенности *R.erythropolis* увеличивает синтез каротиноидов [23]. Высокая активность ферментов биодegradации известна для представителей родов *Bacillus* и *Pseudomonas*, но необходимо особо отметить, что вид *B. firmus*, содержание которого в исследованных пелоидах достигало 26 % (Рис. 2), проявляет еще и системную нематотоксическую активность в отношении *Meloidogyne incognita*, включая летальную активность, ингибирование вылупления и подвижности яиц [24]. Описан эффект метаболитов морского изолята *B. firmus*, которые ингибируют рост и вызывают апоптоз клеток рака головы и шеи, но не проявляют эмбио- и нейротоксичность в модели *in vivo* на рыбках данио [25]. Таким образом, состав доминирующих групп бактерий и данные литературы по продукции ими полезных для здоровья факторов подтверждает вклад микроорганизмов в лечебные свойства сакских грязей.

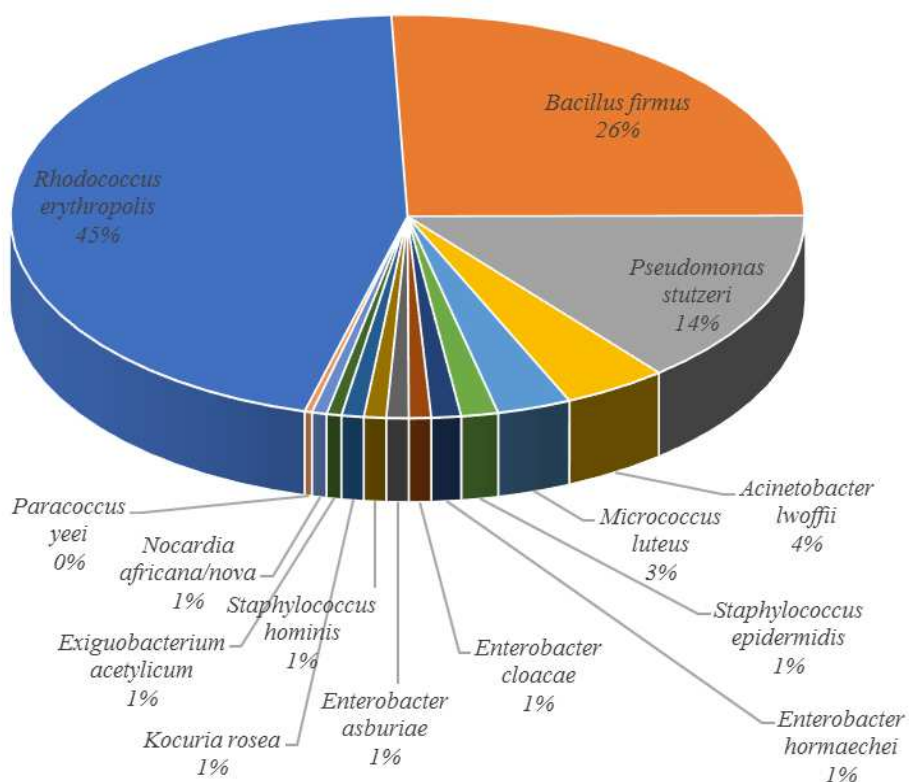


Рис. 2. Частота определения различных таксономических групп бактерий, выделенных из сакской лечебной грязи, применяемой в санаториях Татарстана.

Хотя оздоравливающие свойства лечебных грязей общепризнаны, механизм биологической активности пелоидов до сих пор является дискуссионным вопросом. Большинство исследователей сходятся во мнении, что безусловно значимыми свойствами пелоидов являются метаболическая и ферментативная активности микроорганизмов [26], обуславливающие, наряду с физико-химическим составом, терапевтические эффекты пелоидов. Иловые сульфидные грязи Сакского озера имеют федеральное значение. Современный уровень развития технологии позволяет транспортировать их из Крыма на значительные расстояния, в том числе в санатории Татарстана, которые, несмотря на обеспеченность местными пелоидами, применяют в своей практике высокоэффективные сакские грязи. Оправданность транспортировки и удаленного использования сакских грязей основывается на их высокой степени изученности, доказанной терапевтической эффективности и высоком качестве, что подтверждается результатами проведенного бактериологического анализа.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сакские лечебные грязи, применяемые в санаториях Республики Татарстан «Васильевский» и «Ливадия», являются одними из самых хорошо изученных в отечественной литературе. Отмечается их доказанная эффективность в отношении широкого круга заболеваний. Проведенный в настоящей работе санитарно-бактериологический анализ подтверждает гигиеническую безопасность пелоидотерапии сакскими грязями. Характеристика бактериального сообщества сакской лечебной грязи, применяемой в санаториях Татарстана, в перспективе может быть использована для подробного изучения механизмов действия пелоидов и объяснения их терапевтических свойств.

### Список литературы

1. Иванова В. В. Каталог грязевых месторождений СССР: приложение к карте лечебных грязей СССР масштаба 1:8.000.000 / В. В. Иванова. – Изд-во Центрального НИИ курортологии и физиотерапии, 1970 – 131 с.
2. Ялтанец И. М. / Научно-практическое использование сапропелевых илов и торфяных грязей в комплексном санаторно-курортном лечении / И. М. Ялтанец, С. М. Шгин, А. С. Поштарь, С. И. Кимарская // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 12. – С. 28–39.
3. Федотченко А. А. Грязелечение (пелоидотерапия) / А. А. Федотченко // Сибирский медицинский журнал. – 2010. – № 6. – С. 273–276.
4. Гордиенко С. Г. Минеральный состав пелоидов Сакского озера (Крым) / С. Г. Гордиенко // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: материалы 26-й научной конференции, Сыктывкар, 28–30 ноября 2017 года / Институт геологии Коми научного центра УрО РАН. – Сыктывкар: Геопринт, 2017. – С. 50–54.
5. Шостакович В. Б. Иловые отложения Сакского озера как летописи климата / В. Б. Шостакович // Саки-Курорт. Вып. 1. – Симферополь, 1935. – С. 255–272.
6. Яндекс карты, озеро Сакское: [Электронный ресурс] // – Режим доступа: [https://yandex.ru/maps/977/republic-of-crimea/geo/ozero\\_sakskoye/1445658134/?ll=33.720710%2C45.101816&z=11.24,10.12.2023](https://yandex.ru/maps/977/republic-of-crimea/geo/ozero_sakskoye/1445658134/?ll=33.720710%2C45.101816&z=11.24,10.12.2023).
7. Хохлов В. А. Природные лечебные ресурсы Сакского озера / В. А. Хохлов // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2017. – Т. 23, № 3. – С. 84–87.

8. Максимов Г. С. Минеральный состав грязи Сакского месторождения / Г. С. Максимов, И. А. Наухацкий, Е. М. Максимова [и др.] // *Минералы: строение, свойства, методы исследования*. – 2021. – № 12. – С. 91–92.
9. Попов Ю. В. Новые данные о строении и составе толщи пелоидов Восточного бассейна сакского озера (Крым) / Ю. В. Попов, О. А. Гулов, В. А. Васенко // *Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского*. – 2015. – № 18. – С. 211–217.
10. Сакский район, Республика Крым (историческая справка) [Электронный ресурс] // Правительство республики Крым: Сакский район: официальный сайт. – Режим доступа: [https://sakimo.rk.gov.ru/uploads/txteditor/sakimo/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/php7f1Fbd\\_1.pdf](https://sakimo.rk.gov.ru/uploads/txteditor/sakimo/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/php7f1Fbd_1.pdf), 23.10.2022
11. Волченко В. А. О сохранении бальнеологических ресурсов и перспективах развития города-курорта саки / В. А. Волченко, В. С. Тарасенко, В. И. Васенко // *Человек-Природа-Общество: Теория и практика безопасности жизнедеятельности, экологии и валеологии*. – 2019. – № 5(12). – С. 95–100.
12. Афанасьев М. В. MALDI-ToF масс-спектрометрический анализ для идентификации возбудителей чумы, холеры и туляремии / М. В. Афанасьев, Л. В. Миронова, С. В. Балахонов // *Молекулярная генетика, микробиология и вирусология*. – 2015. – № 2. – С. 3–8.
13. Поберская В. А. Основные направления использования пелоидотерапии в Крыму / В. А. Поберская, Н. А. Лян // *Вестник восстановительной медицины*. – 2016. – № 6(76). – С. 46–49.
14. Грязелечение [Электронный ресурс] // Санаторий Ливадия-Татарстан: официальный сайт. – Режим доступа: <https://www.livadiakazan.ru/uslugi/gryazelechenie/>, 23.10.2022.
15. Gomes C. Peloids and pelotherapy: Historical evolution, classification and glossary / C. Gomes, M. Is. Carretero, M. Pozo, F. Maraver, P. Cantista, F. Armijo, J. L. Legido, F. Teixeira, M. Rautureau, R. Delgado // *Applied Clay Science*. – 2013. – Vol 75–76. – P. 28–38.
16. Mourelle M. L. Microalgal Peloids for Cosmetic and Wellness Uses / M. L. Mourelle, C. P. Gómez, J. L. Legido // *Mar Drugs*. – 2021 – Vol. 26, № 19 (12) – P. 666.
17. Halary S. B. Metagenome-based Exploration of Bacterial Communities Associated with Cyanobacteria Strains Isolated from Thermal Muds / S. Halary, S. Duperron, J. Demay, C. Duval, S. Hamlaoui, B. Piquet, A. Reinhardt, C. Bernard, B. Marie // *Preprints*. – 2022. – 2022090219.
18. Sharma S. Phylogenetic diversity and metabolic potential of microbiome of natural healing clay from Chamliyal (J&K) / S. Sharma, S. Grewal, J. Vakhlu // *Arch Microbiol* – 2018 – 200 – P. 1333–1343.
19. de Carvalho C.C, The remarkable Rhodococcus erythropolis / C.C. de Carvalho, M.M. da Fonseca // *Appl Microbiol Biotechnol*. – 2005 – Vol. 67, №6 – P 715–726.
20. Garai E. Evaluation of the Multimycotoxin-Degrading Efficiency of Rhodococcus erythropolis NI1 Strain with the Three-Step Zebrafish Microinjection Method / E. Garai, A. Risa, E. Varga, M. Cserháti, B. Kriszt, B. Urbányi, Z. Csenki // *Int J Mol Sci*. – 2021 – Vol. 13, №22 – P. 724.
21. Eshelli M. Metabolomics of the bio-degradation process of aflatoxin B1 by actinomycetes at an initial pH of 6.0 / M. Eshelli, L. Harvey, R. Edrada-Ebel, B. McNeil // *Toxins (Basel)*. – 2015. – Vol. 7, №272 – P. 439–456.
22. Gong A. D. The Inhibitory Effect of Pseudomonas stutzeri YM6 on Aspergillus flavus Growth and Aflatoxins Production by the Production of Volatile Dimethyl Trisulfide. / A. D. Gong, Y. Y. Lei, W. J. He, Y. C. Liao, L. Ma, T. T. Zhang, J. B. Zhang // *Toxins (Basel)*. – 2022 – Vol. 14, №11 – P. 788.
23. Engelhart-Straub S. Effects of Light on Growth and Metabolism of Rhodococcus erythropolis / S. Engelhart-Straub, P. Cavalius, F. Hölzl, M. Haack, D. Awad, T. Brueck, N. Mehlmer // *Microorganisms*. – 2022. – Vol. 10, №8. – P. 1680.
24. Xiong J. Systemic nematicidal activity and biocontrol efficacy of Bacillus firmus against the root-knot nematode Meloidogyne incognita / J. Xiong, Q. Zhou, H. Luo, L. Xia, L. Li, M. Sun, Z. Yu // *World J Microbiol Biotechnol*. – 2015 – Vol. 31, №4. – P 661–667.
25. Lim Y. C. Growth Inhibition and Apoptosis with H31 Metabolites from Marine Bacillus SW31 in Head and Neck Cancer Cells / Y. C. Lim, K. W. Cho, H. C. Kwon, S. U. Kang, J. H. Pyun, M. H. Lee, H. S. Hwang, J. H. Kim, H. N. Lee, E. C. Choi, C. H. Kim // *Clin Exp Otorhinolaryngol*. – 2010 – Vol. 3, №4 – P. 217–225.
26. Maraver F. Peloids as Therapeutic Agents / F. Maraver, F. Armijo, M. A. Fernandez-Toran, O. Armijo, J. M. Ejeda, I. Vazquez, I. Corvillo, S. Torres-Piles // *Int J Environ Res Public Health*. – 2021. – Vol. 18, №4 – P. 1965.



## CHARACTERISTICS OF THE BACTERIAL COMMUNITY OF SAKY HEALING MUD USED IN SANATORIUMS OF TATARSTAN

Gafarova L. F.<sup>1,2</sup>, Kolpakov A. I.<sup>1</sup>, Ilinskaya O. N.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

<sup>2</sup>Center of Hygiene and Epidemiology in the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia

E-mail: gafarova.lf@rambler.ru

The effectiveness of Saki medicinal mud is recognized not only in Russia, but also abroad. In the sanatoriums of the Republic of Tatarstan, despite the presence of a significant amount of local mud deposits, Saki silt sulfide mud is also widely used, due to its healing effect on the human body.

A sanitary-bacteriological analysis of samples of Saki medicinal mud coming from two sanatoriums of the Republic of Tatarstan was carried out. The study was carried out in accordance with the “Methodological guidelines for sanitary and microbiological analysis of medicinal mud” (approved by the Chief State Sanitary Doctor of the USSR on September 11, 1989, No. 143-9/316-17). A total of 20 peloid samples were analyzed between 2019 and 2022. About 15 species of culturable forms of bacteria have been isolated on various nutrient media. Taxonomic identification of the isolated strains of microorganisms was carried out using the method of time-of-flight mass spectrometry with matrix-assisted laser desorption/ionization. The dominant species were *Rhodococcus erythropolis* (with a community share of 45 %), *Bacillus firmus* (23 %), *Pseudomonas stutzeri* (14 %); the remaining species in the community of cultivated microorganisms accounted for less than 3 %. Taking into account the powerful destructive potential of representatives of the genera *Rhodococcus*, *Bacillus* and *Pseudomonas*, as well as the inhibitory effects of *B. firmus* metabolites against the proliferation of nematodes and the proliferation of head and neck cancer cells, we can conclude that the composition of the dominant groups of bacteria and literature data on their production of health-promoting factors confirm the contribution of microorganisms to the healing properties of Saki mud.

**Keywords:** therapeutic mud, peloids, sulfite-silt mud, bacterial community, sanitary-bacteriological analysis.

### References

1. Ivanov V. V. Catalog of mud deposits of USSR: application to the map of therapeutic mud of the USSR, scale 1:8,000,000, *Publishing house of the Central Research Institute of Balneology and Physiotherapy*, 131 (1970).
2. Yaltanets I. M., Shtin S. M., Poshtar A. S., Kimarskaya S. I. Scientific and practical use of sapropel silts and peat mud in complex sanatorium and resort treatment, *Mining information and analytical bulletin*, **12**, 28 (2004).
3. Fedotchenko A. A. Mud therapy (peloidotherapy), *Siberian Medical Journal*, **6**, 273 (2010).
4. Gordienko S. G. Mineral composition of peloids of Lake Saki (Crimea). Structure, substance, history of the lithosphere of the Timan-Northern Urals segment: materials of the 26th scientific conference, Syktyvkar, November 28–30, 2017, *Institute of Geology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. – Syktyvkar: Geoprint*, 50 (2017).
5. Shostakovich V. B. Silt deposits of Lake Saki as a chronicle of climate, *Saki-Resort*, **1**, 255 (1935).

6. Yandex maps, Lake Saki, accessed 10 December 2023, < [https://yandex.ru/maps/977/republic-of-crimea/geo/ozero\\_sakskoye/1445658134/?ll=33.720710%2C45.101816&z=11.24](https://yandex.ru/maps/977/republic-of-crimea/geo/ozero_sakskoye/1445658134/?ll=33.720710%2C45.101816&z=11.24)>.
7. Khokhlov V. A. Natural healing resources of Lake Saki, *Bulletin of physiotherapy and balneology*, **23** (3), 84 (2017).
8. Maksimov G. S., Naukhatsky I. A., Maksimova E. M. [etс.] Mineral composition of mud from the Saki deposit, *Minerals: structure, properties, research methods*, **12**, 91 (2021).
9. Popov Yu. V., Gulov O. A., Vasenko V. A. New data on the structure and composition of the peloids of the Eastern basin of Lake Saki (Crimea), *Problems of mineralogy, petrography and metallogeny. Scientific readings in memory of P.N. Chirvinsky*, **18**, 211 (2015).
10. Saki district, Republic of Crimea (historical information), accessed 23 October 2022, <[https://sakimo.rk.gov.ru/uploads/txteditor/sakimo/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/php7f1Fbd\\_1.pdf](https://sakimo.rk.gov.ru/uploads/txteditor/sakimo/attachments/d4/1d/8c/d98f00b204e9800998ecf8427e/php7f1Fbd_1.pdf)>.
11. Volchenko V. A., Tarasenko V. S., Vasenko V. I. On the conservation of balneological resources and prospects for the development of the resort city of Saki, *Man-Nature-Society: Theory and practice of life safety, ecology and valeology*, **5** (12), 95 (2019).
12. Afanasyev M. V., Mironova L. V., Balakhonov S. V. MALDI-ToF mass spectrometric analysis for identifying pathogens of plague, cholera and tularemia, *Molecular genetics, microbiology and virology*, **2**, 3 (2015).
13. Poberskaya V. A., Lyan N. A., Main directions of use of peloid therapy in Crimea, *Bulletin of Restorative Medicine*, **6** (76), 46 (2016).
14. Mud therapy Sanatorium Livadia-Tatarstan: official website, accessed 23 October 2022, < <https://www.livadiakazan.ru/uslugi/gryazelechenie>>
15. Gomes C., Carretero M. Is., Pozo M., Maraver F., Cantista P., Armijo F., Legido J. L., Teixeira F., Rautureau M., Delgado R. Peloids and pelotherapy: Historical evolution, classification and glossary, *Applied Clay Science*, **75–76**, 28 (2013).
16. Mourelle M. L., Gómez C. P., Legido J. L. Microalgal Peloids for Cosmetic and Wellness Uses, *Mar Drugs*, **19** (12), 666 (2021).
17. Halary S. B., Duperron S., Demay J., Duval C., Hamlaoui S., Piquet B., Reinhardt A., Bernard C., Marie B. Metagenome-based Exploration of Bacterial Communities Associated with Cyanobacteria Strains Isolated from Thermal Muds, *Preprints*, 2022090219 (2022).
18. Sharma, S., Grewal S., Vakhlu J. Phylogenetic diversity and metabolic potential of microbiome of natural healing clay from Chamliyal (J&K), *Arch Microbiol*, **200**, 1333 (2018).
19. de Carvalho C. C, da Fonseca M. M. The remarkable *Rhodococcus erythropolis*, *Appl Microbiol Biotechnol*, **67** (6), 715 (2005).
20. Garai E., Risa A., Varga E., Cserháti M., Kriszt B., Urbányi B., Csenki Z. Evaluation of the Multimycotoxin-Degrading Efficiency of *Rhodococcus erythropolis* NI1 Strain with the Three-Step Zebrafish Microinjection Method, *Int J Mol Sci*, **13** (22), 724 (2021).
21. Eshell M., Harvey L., Edrada-Ebel R., McNeil B. Metabolomics of the bio-degradation process of aflatoxin B1 by actinomycetes at an initial pH of 6.0, *Toxins (Basel)*, **7** (272), 439 (2015).
22. Gong A. D., Lei Y. Y., He W. J., Liao Y. C., Ma L., Zhang T. T., Zhang J. B. The Inhibitory Effect of *Pseudomonas stutzeri* YM6 on *Aspergillus flavus* Growth and Aflatoxins Production by the Production of Volatile Dimethyl Trisulfide, *Toxins (Basel)*, **14** (11), 788 (2022).
23. Engelhart-Straub S., Cavalius P., Hölzl F., Haack M., Awad D., Brueck T., Mehlmer N. Effects of Light on Growth and Metabolism of *Rhodococcus erythropolis*, *Microorganisms*, **10** (8), 1680 (2022).
24. Xiong J., Zhou, Q., Luo H., Xia L., Li L., Sun M., Yu Z. Systemic nematicidal activity and biocontrol efficacy of *Bacillus firmus* against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*, *World J Microbiol Biotechnol*, **31** (4), 661 (2015).
25. Lim Y. C., Cho K. W., Kwon H. C., Kang S. U., Pyun J. H., Lee M. H., Hwang H. S., Kim J. H., Lee H. N., Choi E. C., Kim C. H. Growth Inhibition and Apoptosis with H31 Metabolites from Marine *Bacillus* SW31 in Head and Neck Cancer Cells, *Clin Exp Otorhinolaryngol*, **3** (4), 217 (2010).
26. Maraver F., Armijo F., Fernandez-Toran M.A., Armijo O., Ejeda J. M., Vazquez I., Corvillo I., Torres-Piles S. Peloids as Thermo-therapeutic Agents, *Int J Environ Res Public Health*, **18** (4), 1965 (2021).