

УДК 574.632+574.635

DOI: 10.18384/2310-7189-2015-5-34-40

Хоменко А.И., Мудранова Л.А., Мурадов С.В., Рогатых С.В.*Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения РАН,
г. Петропавловск-Камчатский*

ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕРМАЛЬНОЙ ВОДЫ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ГРЯЗЕЛЕЧЕБНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Аннотация. Рассматривается влияние минеральной воды Паратунского гидрогеотермального источника на микроорганизмы пелоидов грязелечебного месторождения «Озеро Утиное» Камчатского края. Приводятся экспериментальные результаты, указывающие на то, что термальная вода нарушает равновесие между различными физиологическими группами микроорганизмов лечебной грязи. Такое воздействие термальной воды, в случае накопления её компонентов в структуре донных отложений, может привести к нарушениям в процессах регенерации лечебных грязей. В этом случае возможно ухудшение экологической обстановки грязелечебного месторождения, вплоть до санитарного неблагополучия, что увеличит трудоёмкость и стоимость его эксплуатации.

Ключевые слова: лечебная грязь (пелоид), термальная вода, микробное сообщество, метод экологической активации.

A. Khomenko, L. Mudranova, S. Muradov, S. Rogatykh*Geotechnological Scientific Research Center, Far Eastern Branch of the Russian Academy
of Sciences (Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia)*

INFLUENCE OF THERMAL WATER ON THE ECOLOGICAL STATUS OF THE DEPOSIT OF THERAPEUTIC MUDS

Abstract. The influence of mineral water from the Paratunka hydrothermal system on the microorganisms of peloids of Utinoe Lake therapeutic mud deposits in the Kamchatka region is studied. The experimental results show that the thermal water disturbs the balance between various physiological groups of microorganisms of the therapeutic mud. This impact on the thermal water, in the case of accumulation of its components in the structure of sediments, can lead to disturbances in the process of regeneration of therapeutic muds. In this case, possible is the environmental degradation of therapeutic mud deposits, up to sanitary trouble, which will increase the complexity and cost of operation.

Keywords: therapeutic mud (peloid), thermal water, autochthonous microbial community, ecological method of activation.

Лечебные грязи (пелоиды) – это полезные ископаемые различного генезиса, обладающие выраженной лечебной ценностью¹. Они могут образовываться на дне водоемов в качестве донных отложений, характер которых зависит от большого числа различных факторов. Значительная роль в процессе грязеобразования принадлежит низшим организмам и микробам [4; 6]. Представляют интерес лечебные грязи, образовавшиеся в местах выхода гидротермальных источников, обогащающих донные отложения химическими компонентами термальных вод, которые включают микроэлементы, положительно влияющие на терапевтические свойства пелоидов.

Часть микроэлементов является тяжелыми металлами. Последние накапливаются в структуре донных отложений [4] и, достигнув достаточной концентрации, могут оказывать существенное воздействие на содержащиеся в них микроорганизмы [2]. Одним из результатов такого воздействия является пониженная способность лечебных грязей к самоочищению [5], что создает риск ухудшения состояния грязелечебного месторождения. В связи с тем, что в процессах самоочищения лечебных грязей одна из главных ролей принадлежит жизнедеятельности содержащихся в ней микроорганизмов², перед нами была поставлена задача эксперимен-

тально показать влияние термальной воды на разные физиологические группы микроорганизмов лечебной грязи и оценить возможные последствия этого влияния для экологического состояния месторождения.

Материалы и методы. Предметом исследования было выбрано взаимодействие иловых сульфидных донных отложений грязелечебного месторождения «Озеро Утиное» Камчатского края и термальной воды Паратунского гидротермального месторождения, составляющей значительную часть (до 40 %) питающих вод озера [3]. В качестве способа оценки последствий взаимодействия пелоида и термальной воды использовался метод экологической активации лечебной грязи, заключающийся в обеспечении условий для стимулирования автохтонного микробного сообщества лечебной грязи путем её разжижения, обеспечения непрерывного прогрева, перемешивания и, в случае аэробной активации, барботирования [4].

Было реализовано четыре варианта экологической активации пелоида: две аэробных и две анаэробных. В каждой из пар в одном случае лечебная грязь была разбавлена дистиллированной водой, в другом – термальной водой. Разбавление проводилось в соотношении 1:1. Используя различные варианты экологической активации (аэробная или анаэробная), можно выявить влияние термальной воды на разные группы микроорганизмов (аэробов или анаэробов соответственно). В качестве индикаторов жизнедеятельности микробного сообщества оценивались такие параметры, как общее число микроорганизмов, показатель кислотно-щелочного равновесия (рН), окислительно-восстановительный по-

¹ См.: Требования к горно-санитарной охране месторождений минеральных вод и лечебных грязей (Методические рекомендации № 96/196, утверждены Минздравом РФ 24 февр. 1997 г.).

² См.: Критерии оценки качества лечебных грязей при их разведке, использовании и охране (Методические указания № 10-11/40, утверждены Минздравом СССР 11 марта 1987 г.).

тенциал (Eh) и содержание растворенных газов (сероводород и аммиак).

Экологическая активация производилась в биологических реакторах объемом 2л, в которых поддерживались постоянное перемешивание пелоида и температурный режим в 25°C, обеспечивающий лучшие условия для процессов регенерации лечебной грязи [4]. Для аэробной активации проводилось барботирование, а для анаэробной активации пелоид изолировался от атмосферного воздуха слоем вазелинового масла.

Определение общей численности микроорганизмов производилось прямым подсчетом клеток в поле зрения микроскопа [5]. Микроскопирование осуществлялось с помощью микроскопа «МИКОМЕД 3» с фазово-контрастной насадкой. Измерение рН среды производилось с помощью рН-метра «АНИОН 7000», измерение Eh проводили измерителем окислительно-восстановительного потенциала и температуры «НН 98120». Содержание аммиака и сероводорода определялось согласно рекомендованным методикам¹.

Результаты. Для аэробного процесса экологической активации с применением дистиллированной воды ха-

¹ Представлены в руководящем документе Росгидромета [РД 52.24.486-2009] «Массовая концентрация аммиака и ионов аммония в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с реактивом Несслера» и природоохранном нормативном документе Госкомитета РФ по охране окружающей среды [ПНДФ 14.1:2.109-97] «Методика выполнения измерений массовых концентраций сероводорода и сульфидов в пробах природных и очищенных сточных вод фотометрическим методом с N, N-диметил-п-фенилендиаминов».

рактерны выраженные окислительные процессы, при которых рН устанавливается в диапазоне от 4 до 5. В анаэробных условиях в начале эксперимента идет окисление среды, но последние трое суток эксперимента характеризуются восстановительными процессами, вплоть до значений рН выше изначальных.

Показатель Eh, имея отрицательное значение в исходной лечебной грязи, во время аэробной активации в короткие сроки устанавливается в пределах от 150 до 250 mV, показывая в дальнейшем незначительное, но непрерывное повышение показателя. В анаэробных условиях Eh до последней трети хода эксперимента не выходит из отрицательной зоны и в завершении приобретает невысокое положительное значение.

Концентрация сероводорода в ходе аэробной активации постоянно снижается, к окончанию эксперимента достигая очень низких значений, на границе предела определения. В анаэробных условиях концентрация сероводорода еще ниже, значение показателя уже с 3-х суток находится на границе предела определения.

Содержание аммиака в ходе аэробной активации практически сохраняется на одном уровне, имея незначительную тенденцию к уменьшению концентрации. В анаэробных условиях наблюдается резкое проседание кривой концентрации аммиака в начале эксперимента, с последующим восстановлением концентрации до начального уровня.

Если вместо дистиллированной использовать термальную воду, то результат экологической активации выглядит следующим образом.

В аэробных условиях до середины эксперимента окислительные процес-

сы в пелоиде менее выражены, чем в случае дистиллята, но итоговое значение рН в итоге оказывается ниже (рис. 1). В анаэробных условиях с термальной водой до 9-х суток рН суще-

ственно выше, чем при использовании дистиллированной воды, но в последующем эксперимент показал более низкие значения показателя по сравнению с активацией с дистиллятом.

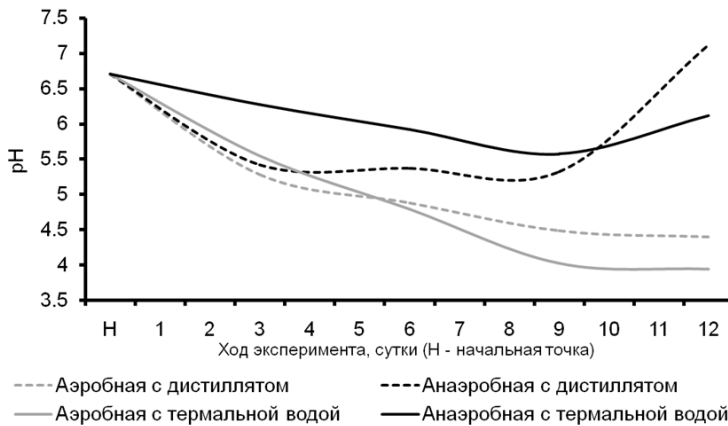


Рис. 1. Изменения значений показателя рН в процессе экологической активации (аэробные и анаэробные варианты).

Касательно E_h , в аэробных условиях можно видеть, что, в отличие от резкого повышения показателя при использовании дистиллята, в данном случае он нарастает медленно и только к концу эксперимента попадает в интервал от 150 до 250 mV, при этом

значение остается более низким, чем с дистиллятом (рис. 2). В анаэробных условиях с термальной водой E_h остается в отрицательной зоне, быстро попадая в интервал от -350 до -400 и к концу эксперимента восстанавливается до -300 mV.

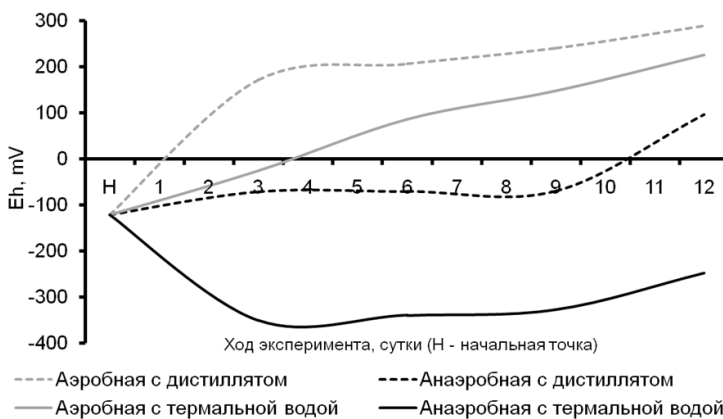


Рис. 2. Изменения значений показателя E_h в процессе экологической активации (аэробные и анаэробные варианты).

При использовании термальной воды аэробная активация на протяжении всего эксперимента показывает более низкую концентрацию сероводорода, чем при активации с использо-

ванием дистиллированной воды (рис. 3). В анаэробных условиях до 7-х суток идет снижение концентрации сероводорода, в последующем – его нарастание.

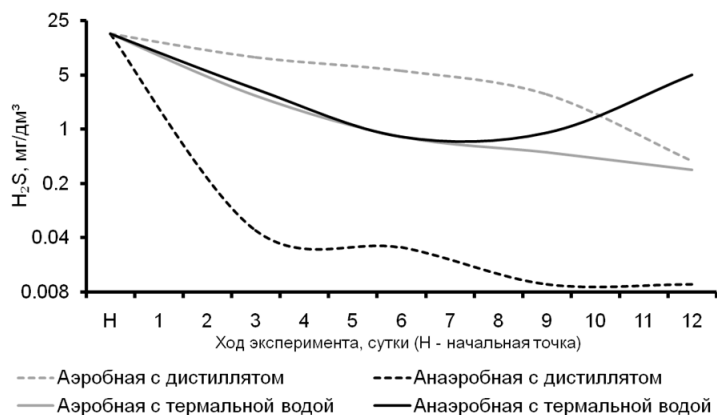


Рис. 3. Изменения концентрации растворенного сероводорода в процессе экологической активации (аэробные и анаэробные варианты).

В случае аммиака, аэробная активация с термальной водой показывает существенный рост его концентрации, по сравнению с экспериментом с дистиллированной водой (рис. 4). При

анаэробной активации до середины эксперимента содержание аммиака больше, чем с термальной водой, но затем интенсивность роста концентрации аммиака существенно ниже.

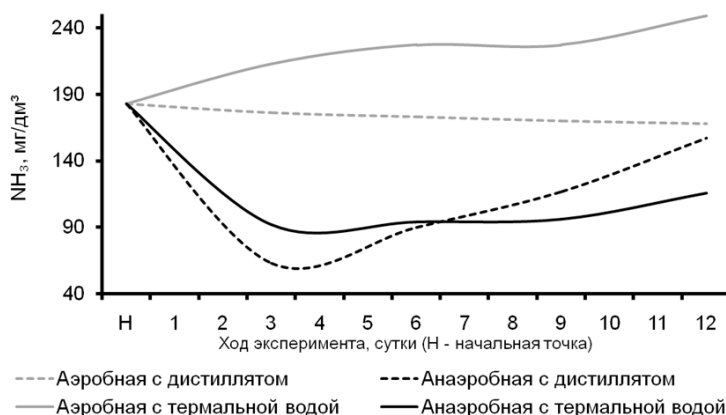


Рис. 4. Изменения концентрации растворенного аммиака в процессе экологической активации (аэробные и анаэробные варианты).

Результатом влияния изменений в процессе активации лечебной грязи в случае аэробной экологической активации, является значительное сни-

жение, а в случае анаэробной активации – увеличение общей численности микроорганизмов (рис. 5).

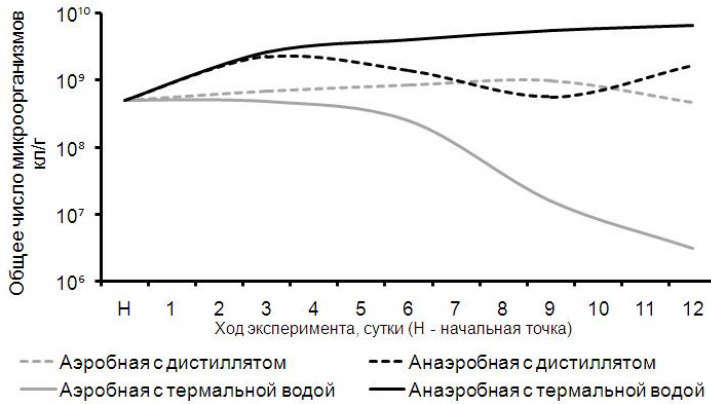


Рис. 5. Изменения общего числа микроорганизмов в процессе экологической активации (аэробные и анаэробные варианты).

Приведенные результаты указывают на ингибирующее действие термальной воды на биологическую активность аэробных физиологических групп микроорганизмов лечебной грязи: денитрифицирующих, тионовых, гнилостных и целлюлозоразлагающих аэробов. В то же время активация пелоида с термальной водой, изолированного от атмосферного воздуха, показала возросшую активность анаэробной части микробного сообщества: сульфатредуцирующих, маслянокислых, гнилостных и целлюлозоразлагающих анаэробов.

Принимая во внимание, что жизнедеятельность аэробных микроорганизмов вносит существенный вклад в регенерационные процессы и антимикробное действие пелоида [6], а анаэробные – в грязеобразование [3], различная направленность действия термальной воды на разные группы

микроорганизмов нарушает равновесие между физиологическими группами автохтонной микрофлоры лечебной грязи. Таким образом, накопление химических компонентов термальной воды в структуре донных отложений месторождения ведёт к нарушениям в процессах грязеобразования и регенерации пелоидов.

Известно, что избыточные концентрации тяжелых металлов, в том числе содержащихся в термальной воде, способны усиливать у микроорганизмов факторы патогенности [1]. В связи с этим, если под воздействием химических факторов термальной воды, накапливающихся в структуре донных отложений, лечебные грязи окажутся неспособными к самоочищению от санитарно-показательных микроорганизмов, месторождение может получить статус санитарно неблагоприятного. Данное развитие событий

потребует дополнительных мер, что приведет к значительному удорожанию стоимости эксплуатации такого водоёма.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бузолева Л.С., Богатыренко Е.А., Ким А.В. Влияние тяжелых металлов на факторы патогенности у возбудителей сапрозоонозов // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 10 (ч. 14). – С. 3076-79.
2. Дабахов М.В., Дабахова Е.В., Титова В.И. Экотоксикология и проблемы нормирования. – Н.Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. – 165 с.
3. Мурадов С.В. Мониторинг санитарно-микробиологического состояния лечебной грязи озеро Утиное (Камчатский край) за 50 лет эксплуатации месторождения // *Фундаментальные исследования*. – 2013. – № 6 (ч. 4). – С. 913-917.
4. Мурадов С.В., Кириченко В.Е., Рогатых С.В. Термоминеральные источники и лечебные грязи Камчатского края. – Петропавловск-Камчатский: РИОиП ККТ, 2013. – 238 с.
5. Оценка влияния ионов токсичных металлов на микроорганизмы лечебной грязи / С.В. Мурадов, А.И. Хоменко, Л.А. Мудранова и др. // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 3 (ч. 1). – С. 109-114.
6. Холопов А.П. Грязелечение / А.П. Холопов, В.А. Шашель, Ю.М. Геров и др. – Краснодар: Периодика Кубани, 2002. – 284 с.