

УДК 574 + (556.115:579 + 556.555.6)

**МОНИТОРИНГ САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ЛЕЧЕБНОЙ ГРЯЗИ ОЗЕРА УТИНОГО (КАМЧАТСКИЙ КРАЙ)  
ЗА 50 ЛЕТ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

**Мурадов С.В.**

*Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,  
e-mail: biolab@kscnet.ru*

Приводится сравнительная санитарно-микробиологическая оценка покровных вод и донных отложений озера Утиное Камчатского края за 50 лет эксплуатации грязелечебного водоема. В работе использованы данные 1962, 1990, 1996, 2004, 2007, 2010, 2012 гг. Характеризуются физико-химические и биологические факторы, способствующие очищению донных отложений. Определено наличие в лечебной грязи микроорганизмов, выраженного спектра по физиологическим направлениям активности, формирующих пелоид. Развитие физиологической активности микробов, участвующих в формировании лечебной грязи, вытесняет привнесенную микрофлору, очищает пелоид. По итогам проведенных исследований, современное состояние покровных вод и грязе-иловых отложений озера нужно считать загрязненным, а экологическую ситуацию в водоеме – неудовлетворительной, в связи с чем лечебная грязь используется после самоочистки и регенерации, либо восстанавливается в санитарно-микробиологических кондициях методом экологической активации.

**Ключевые слова:** лечебная грязь, пелоид, общее микробное число, титр, загрязнение, минерализация, сульфаты

**MONITORING OF THE SANITARY-MICROBIOLOGICAL CONDITION  
OF THERAPEUTIC MUD WITHIN 50 YEARS PERIOD OF THE DEPOSIT  
DEVELOPMENT IN LAKE UTINOYE (KAMCHATKA KRAY)**

**Muradov S.V.**

*Research geotechnological center FEB RAS, Petropavlovsk-Kamchatskiy, e-mail: biolab@kscnet.ru*

The article provides comparative sanitary-microbiological evaluation of cover waters and bottom deposits of lake Utinoe, Kamchatka Kray within 50 years exploitation period of the therapeutic mud water body. Physicochemical and biological factors contributing to the purification of the bottom deposits are described. According to the physiological activity trends it determines the presence of a significant variety of the microorganisms forming therapeutic mud. Current state of cover waters and mud-sludge deposits is considered to be polluted, and ecological situation in the water body is unsatisfactory and in this connection therapeutic mud is used after self-purification and regeneration or it restores in the sanitary-microbiological conditions through the method of ecological activation.

**Keywords:** therapeutmud, peloid, total microbial number, titer, pollution, mineralization, sulphates

Лечебные грязи должны удовлетворять следующим требованиям по санитарно-бактериологическим показателям [2]: общее количество аэробов (на РПА) – не более 500 000 в 1 г грязи (для сапропелей – не более 1 000 000), коли-титр не менее 10 (для сапропелей – не менее 1); титр-перфрингенс – не менее 0,1; в грязях должны отсутствовать кокковая микрофлора (стафилококки, стрептококки, диплококки), столбнячная и синегнойная палочки и вирулентные формы бацилл.

Требухов Я.А [8] важным условием санитарно-бактериологических кондиций считает обеспечение экологических условий для развития микрофлоры грязи, формирующей специфическую среду, оказывающую благоприятное воздействие на организм пациента, принимающего грязелечебные процедуры. Развитие физиологической активности микробов, участвующих в формировании лечебной грязи, вытесняет привнесенную микрофлору, очищает пелоид [4, 5].

Санитарное состояние грязевого месторождения озера Утиное в 1962, 1990, 1996,

2004, 2007, 2010, 2012 гг. оценивалось по результатам обследования акватории и прилегающих берегов, а также по результатам санитарно-бактериологических анализов озерной воды и донных отложений.

По классификации минеральных вод и лечебных грязей для целей их сертификации [6], пелоид оз. Утиное признан как сильносульфидный низкоминерализованный, обозначен как Паратунский по типу, 1,0–1,5 минерализация, > 0,500 сульфиды, > 90% зольность, 7,0–9,0 рН, –500–0 Eh, 45–75% влажность.

Результаты исследований лечебной грязи озера Утиное подчеркивают высокое качество пелоида по уровню сероводорода (0,159% на сырую грязь), отрицательному окислительно-восстановительному потенциалу (–146 мВ), нарастающему в последние годы, содержанию органического углерода льфидов в исследованиях 1962, 1990, 1996, 2004, 2008, 2010, 2012 гг. нарастает и составляет в% на сыр. грязь – 0,53; 0,38; 0,37; 0,6; 0,56; 7,26; 2,88. В этих же наблюдениях минерализация грязевого

раствора нарастает с 1,2 до 9,6 г/л. Сопротивление сдвигу сохраняется в пределах 2000–8000 дин/см<sup>2</sup>.

Химический состав покровных вод характеризуется как минерализованный, слабокислый-слабощелочной, хлоридно-сульфатный, натриево-кальциевый, по минерализации пресный (800–954 мг/дм<sup>3</sup>), с общей жесткостью 4,6–6,5 мг-экв/дм<sup>3</sup>, по уровню кислотно-щелочного равновесия слабокислые-слабощелочные (рН 6,0–8,71). Значительная доля термальной воды в составе покровной воды озера (10–40%) обуславливает накопление токси-

ческих веществ: Li, F, В, As, Mn, концентрация которых наблюдались в исследованиях донных отложений в 2012 г. и не превышала ПДК.

Обследования показали, что санитарная обстановка на месторождении и в пределах его водосбора неудовлетворительная. Источниками загрязнения водоема являются в основном сброс сточных вод в руч. Паратунский и руч. Коркина (рис. 1), которые являются основным источником гидроминерального питания озера и оказывают отрицательное воздействие на санитарное состояние озера и его донные отложения.

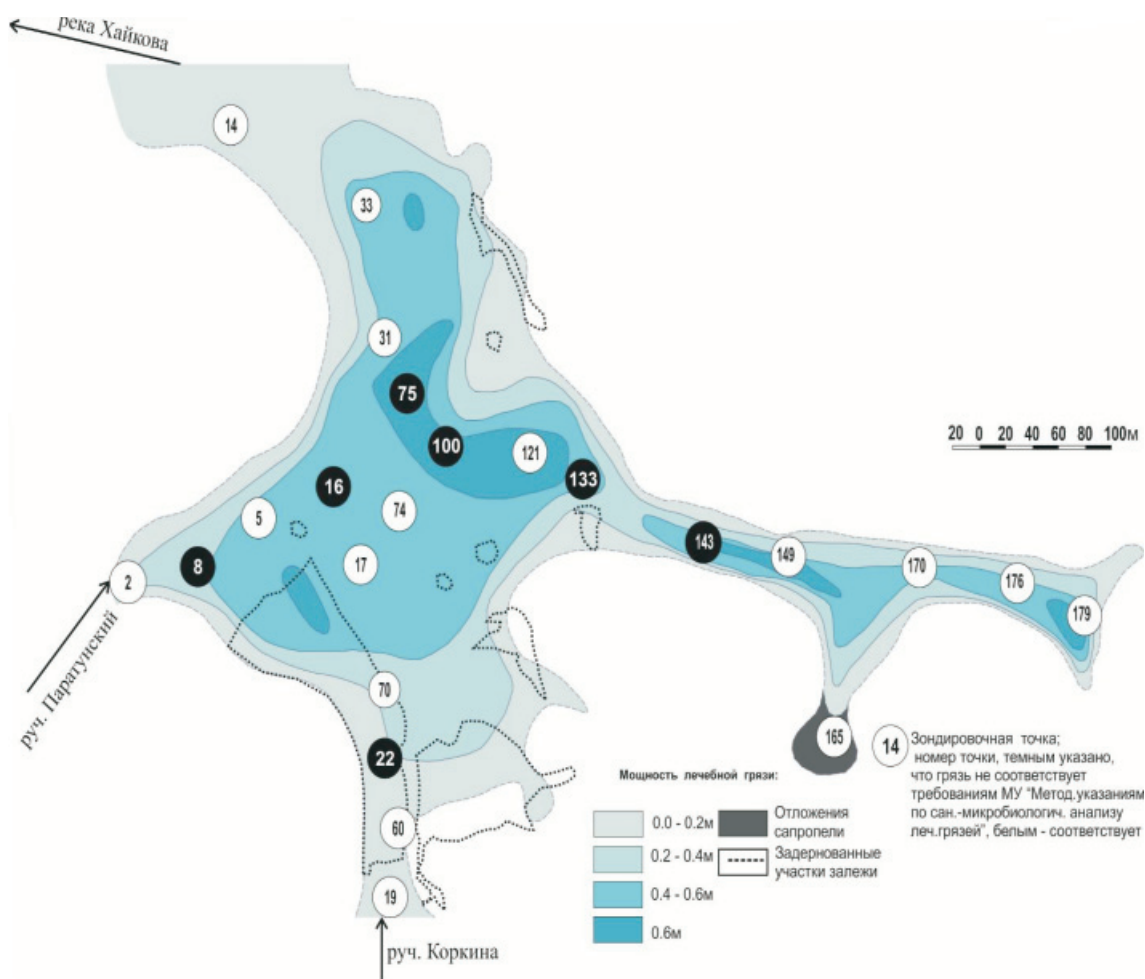


Рис. 1. План грязевой залежи озера Утиное в изопахитах

Неудовлетворительное санитарное состояние месторождения, которое отмечалось предыдущими исследователями [3, 7, 9], подтвердилось и результатами санитарно-бактериологических анализов озерной воды и лечебных грязей в 2004 г. и в последующих исследованиях 2007, 2010, 2012 гг. Хотя можно отметить повышение титра кишечной палочки по результатам исследований в 2010–2012 гг. и отсутствие в этих

пробах лечебной грязи клостридий перфрингенс, при полном отсутствии патогенной микрофлоры.

Для санитарно-бактериологической оценки грязевого месторождения летом 1962, 1990, 1996 гг., осенью 2004, 2008 гг. зимой 2010, 2012 гг. были отобраны и проанализированы пробы поверхностной воды и донных отложений. Результаты этих исследований показывают неоднородность

данных, что может быть связано как с близостью устьев впадающих ручьев, их течений, приносящих сточные воды к пунктам забора проб, а также изменением характеристики донных отложений в различных точках озера (рис. 1). Для санитарно-бактериологической характеристики покровной воды месторождения лечебной грязи озера Утиное по результатам работ 1962–2012 гг. исследовались пункты 2, 8, 22, 33, 70, 100, 179. Коли-титр проб воды (при норме 10 и выше), не превышал 0,04, общее микробное число (при норме 100 и ниже) было выше 500 во всех пробах, и достигало 18000 в отдельных точках (рис. 1). В 50% проб исследованной воды наблюдалась нормализация коли-титра, а в последние годы исследований (2010–2012 гг.) и нормализация титра-перфрингенс при отсутствии патогенной флоры. Таким образом, за период исследований санитарное состояние покровных вод улучшилось, что может быть связано с большей долей в них термальных вод и водоохранными мероприятиями.

Естественный состав микрофлоры донных отложений озера Утиное представлен физиологическими группами микроорганизмов, участвующих в процессе минерализации органических и минеральных соединений озерных осадков и в формировании их лечебных свойств (рис. 2). Доминирующее положение как в летних, так и в зимних образцах грязей принадлежит гнилостным аэробам, образующим при разложении белков аммиак ( $10^7$  в 1 г грязи).

Численность гнилостных аэробов, продуцирующих сероводород, также оказалась значительной (от  $10^3$  до  $10^5$  в 1 г гр.).

Поскольку исследуемые грязи содержат большое количество органических веществ (до 20% на сухое вещество), то деятельность этой группы микроорганизмов играет большую роль в минерализации белков, обогащая грязи сероводородом и аммиаком. Сероводород подвергается изменениям, реагируя с железом и образуя коллоид гидротроиллит, или окисляясь до сульфатов и серы с помощью тионовых бактерий.

Аммиак подщелачивает грязевой субстрат, создавая благоприятные условия для жизнедеятельности большинства микроорганизмов, но может в определенных условиях преобразовываться нитрифицирующими бактериями в нитриты – нитраты и денитрифицирующими – в восстановленные соединения азота вплоть до свободного азота. Соотношение нитрифицирующих и денитрифицирующих бактерий во многом зависит от характера водоема. Как правило, в донных отложениях денитрификация идет значительно интенсивнее, чем в водной массе и по численности бактерий во много раз превышает количество нитрифицирующих. В исследованных грязях нитрифицирующие бактерии были обнаружены лишь в одной пробе зимнего отбора, тогда как денитрифицирующие высевались повсеместно в количествах  $10^4$ – $10^5$  микробных тел в 1 г лечебной грязи.

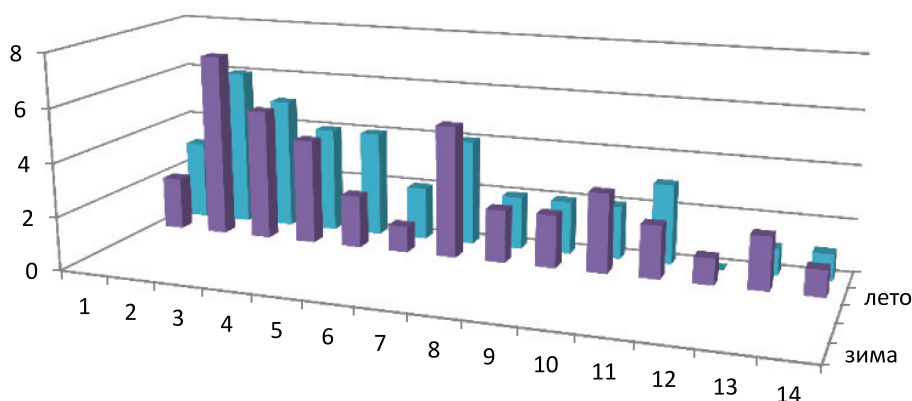


Рис. 2. Микробиологические показатели лечебных грязей оз. Утиное в летних и зимних исследованиях (усредненные значения). По оси x – физиологические группы микроорганизмов: 1 – общее количество аэробов; 2 – гнилостные образующие  $\text{NH}_3$ ; 3 – гнилостные образующие  $\text{H}_2\text{S}$ ; 4 – гнилостные анаэробы, 5 – денитрифицирующие ( $\text{NO}_2$ ); 6 – денитрифицирующие ( $\text{N}_2$ ); 7 – маслянокислые; 8 – целлюлозоразлагающие-аэробы, 9 – целлюлозоразлагающие анаэробы; 10 – сульфатредуцирующие; 11 – тионовые; 12 – железooksисляющие; 13 – актиномицеты, 14 – плесневые грибы. По оси y –  $\lg N$  ( $N$  – количество микробов в 1 г грязи)

Среди микроорганизмов, осуществляющих минерализацию органических веществ, в исследованных донных отложениях летнего и зимнего отбора были обнаружены маслянокислые (от  $10^3$  до  $10^4$  в 1 г гр.) и целлюлозоразлагающие аэробы ( $10^2$ – $10^3$  в 1 г гр.) и анаэробы ( $10^2$ – $10^3$  в 1 г гр.).

Сульфатредукция является одним из наиболее важных процессов, происходящих в пелоидах, поскольку образующиеся сульфиды, как уже говорилось, взаимодействуя с железом, образуют гидрат сернистого железа – гидротроиллит, ценный продукт в бальнеологическом отношении. Развитие сульфатредуцирующей группы бактерий возможно лишь в анаэробных условиях, при наличии достаточного количества сульфатов и органического вещества.

Поскольку донные отложения оз. Утинное содержат от 1,3 до 2,1 г/л сульфатов, до 20% органических веществ, величина их окислительно-восстановительного потенциала лежит в отрицательном интервале (до  $-150$  мВ), то очевидно, что для процесса сульфатредукции имеются хорошие условия, что подтверждается данными микробиологических анализов: количество сульфатредуцирующих бактерий в грязях озера достигает  $10^2$ – $10^3$  клеток в 1 г грязевого субстрата. Наличие реакционноспособного железа обеспечивает накопление в осадках гидротроиллита в значительных количествах – до 1,9% на сухую грязь.

Анализ показал, что в донных отложениях оз. Утинное идет противоположный восстановлению сульфатов процесс окисления сульфидов тионовыми бактериями, численность которых достигала  $10^3$  летом и  $10^2$  (в 1 г гр.) в зимних пробах 1991 г. Снижение количества тионовых бактерий в зимнем сезоне, по-видимому, связано с ухудшением кислородного режима в это время года. Кроме перечисленных микроорганизмов в грязях оз. Утинное выявлены железooksисляющие бактерии (только в зимних образцах), актиномицеты (до  $10^2$  в 1 г грязи) и плесневые грибы (до  $6 \cdot 10^1$  в 1 г грязи). Актиномицеты и плесневые грибы, не обладающие специализированным обменом, могут участвовать в круговороте азота, серы и углерода. Эти группы способны разлагать почти все органические соединения, образуемые растительными и животными организмами. Актиномицеты не только участвуют в разложении органических веществ, но и продукты их метаболизма во многом определяют антимикробные свойства пелоидов.

Плесневые грибы в последовательных природных процессах минерализации органического вещества, благодаря универсаль-

ной способности к распаду органических веществ, обеспечивают начальные этапы этих преобразований, сменяясь затем бактериями грязе-илового сообщества.

По итогам исследований санитарно-микробиологического состояния грязи озера Утинное в 1962–2004 гг., установлен одинаковый уровень несоответствия нормативам показателей коли-титра и титра-перфрингенс при повышенном общем числе микроорганизмов. В последующие годы наблюдений 2004–2012 гг. уровень санитарной загрязненности водоема снизился с нормализацией титра-перфрингенс и наблюдением нормального уровня коли-титра в 50% проб (рис. 2). На этой основе делается заключение о санитарно-микробиологической некондиционности грязевых отложений на более низком уровне загрязнения.

Естественный состав микроорганизмов донных грязе-иловых отложений озера Утинное представлен различными физиологическими группами, характерными для такого сообщества. Источником загрязнения грязе-иловых отложений является покровная вода озера, содержащая загрязняющие микроорганизмы.

По критериям оценки экологического состояния лечебной грязи, предложенным В.Б. Адиловым и др. [1], мониторинг санитарно-микробиологического состояния оз. Утинное позволяет обобщить характер этих изменений. Такая сравнительная оценка уровня санитарных кондиций месторождения лечебной грязи за длительное время эксплуатации представляется наиболее точной, с учетом изменяющегося по годам гидрологического режима водоема, большего притока термальных вод, влияния сезонного фактора.

Современное состояние покровных вод грязе-иловых отложений озера нужно считать загрязненным, а экологическую ситуацию в водоеме – неудовлетворительной, в связи с чем лечебная грязь используется после самоочищения и регенерации, либо восстанавливается в санитарно-микробиологических кондициях методом экологической активации. Данные 1962, 1990, 2004, 2012 гг. предоставлены Министерством природных ресурсов и экологии и Министерством здравоохранения Правительства Камчатского края [10].

#### Список литературы

1. Адилов В.Б., Дубовский А.В., Зотова В.И., Петрова Н.Г., Требухов Я.А. Требования к экологическому состоянию месторождений минеральных вод и лечебных грязей // *Вопр. курортол., физиотер. и ЛФК.* – 1996. – № 6. – С. 38–44.

2. Адилов В.Б., Михеева Л.С. К вопросу о систематизации лечебных грязей // *Вопросы изучения лечебных*



минеральных вод, грязей и климата: Труды ЦНИИКиФ. Т. 43. – М.: 1980. – С. 90–105.

3. Мурадов С.В. Формирование и биологическая активность грязе-иловых отложений. – Владивосток: Дальнаука, 2000. – 91 с.

4. Мурадов С.В., Ступникова Н.А. Физико-химические и микробиологические исследования лечебной грязи месторождения озера Утиное Камчатской области // Вестн. ДВО РАН. – 2005. – № 3. – С. 76–82.

5. Мурадов С.В., Борисенко В.В., Асабина В.Д., Балыков А.А. Экологическое состояние лечебной грязи оз. Утиное Паратунского курорта Камчатского края // Проблемы региональной экологии. – 2009. – № 4. – С. 54–61.

6. Разумов А.Н., Адиллов В.Б., Давыдова О.Б. и др. Классификация минеральных вод и лечебных грязей для целей их сертификации. Методические указания № 2000/34. – М.: РНЦ ВМиК, 2000. – 150 с.

7. Сафронова Т.М. Отчет о грязеразведочных работах на курорте Паратунка Камчатской области, проведенных в 1962 г. – М.: ЦНИИКиФ МЗ СССР, 1963. – 112 с.

8. Требухов Я.А. Требования к изучению месторождений лечебных грязей // Вопр. курортол., физиотер. и ЛФК. – 2000. – № 5. – С. 39–42.

9. Цветков Г.А. Отчет о доразведке эксплуатируемого грязевого месторождения оз. Утиное с переоценкой запасов иловых лечебных грязей для обеспечения ими здравниц Камчатской области. – М.: ГО «Лечминресурсы» МЗ СССР, 1992. – 94 с.

10. Чебыкин И.Н. Геологическое доизучение месторождения лечебной грязи «Озеро Утиное». Отчет о НИР. – Петропавловск-Камчатский: ОАО «Камчатгеология», 2012. – 121 с.

### References

1. Adilov V.B., Dubovskij A.V., Zotova V.I., Petrova N.G., Trebuhov Ja.A. Voпр. kurortol., fizioter. i LFK, 1996, no. 6, pp. 38–44.

2. Adilov V.B., Miheeva L.S. K voprosu o sistematizacii lechebnyh grjazej. Voprosy izuchenija lechebnyh mineral'nyh vod, grjazej i klimata: M., 1980, pp. 90–105.

3. Muradov S.V. Formirovanie i biologicheskaja aktivnost' grjaze-ilovyh otlozhenij. Vladivostok, Dal'nauka, 2000, 91 p.

4. Muradov S.V., Stupnikova N.A. Vestn. DVO RAN, 2005, № 3, pp. 76–82.

5. Muradov S.V., Borisenko V.V., Asabina V.D., Balykov A.A. Problemy regional'noj jekologii, 2009, no. 4, pp. 54–61.

6. Razumov A.N., Adilov V.B., Davydova O.B. i dr. Klassifikacija mineral'nyh vod i lechebnyh grjazej dlja celej ih sertifikacii. Metodicheskie ukazaniya no. 2000/34. M., RNC VMiK, 2000, 150 p.

7. Safronova T.M. Otchet o grjazerazvedochnyh rabotah na kurorte Paratunka Kamchatskoj oblasti, provedennyh v 1962 g. M., CNPKiF MZ SSSR, 1963, 112 p.

8. Trebuhov Ja.A. Voпр. kurortol., fizioter. i LFK, 2000, no. 5, pp. 39–42.

9. Cvetkov G.A. Otchet o dorazvedke jekspluatiruemogo grjazevogo mestorozhdenija oz. Utinoe s pereocenkoi zapasov ilovyh lechebnyh grjazej dlja obespechenija imi zdravnic Kamchatskoj oblasti. M., GO «Lechminresursy» MZ SSSR, 1992, 94 p.

10. Chebykin I.N. Geologicheskoe doizuchenie mestorozhdenija lechebnoj grjazi «Ozero Utinoe». Otchet o NIR. Petropavlovsk-Kamchatskij, ОАО «Камчатгеология», 2012, 121 p.

### Рецензенты:

Кузякина Т.И., д.б.н., профессор, главный научный сотрудник Научно-исследовательского геотехнологического центра ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;

Захарихина Л.В., д.б.н., ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского геотехнологического центра ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский.

Работа поступила в редакцию 07.05.2013.