
ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского
Биология. Химия. Том 12 (78). 2026. № 2. С. 54–65.

УДК 502.3/.7

DOI 10.5281/ZENODO.20787035

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЛЕЧЕБНОЙ ГРЯЗИ ОЗЕРА УТИНОЕ И ЭССОВСКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ КАМЧАТСКОГО КРАЯ

Виниченко Л. А., Розатых С. В.

*ФГБОУ ВО «КамГУ им. Витуса Беринга», Камчатский край, Петропавловск-Камчатский,
Российская Федерация
E-mail: vinichenkola@kamgu.ru*

В статье показаны результаты сравнительного химического и минералогического анализа донных отложений месторождения «Озеро Утиное» и отложений вблизи выхода Эссовских минеральных источников Камчатского края. Результаты исследований показывают, что в озере Утином происходят неблагоприятные процессы, ведущие к изменению кондиций донных отложений. Пелоид, формирующийся в местах выхода Эссовских минеральных источников, можно отнести к сопочным грязям. Содержащиеся в питающих водах мышьяк и метаборная кислота определяются в нем в высоких концентрациях, однако являются частью биологически активного комплекса. Описанные донные отложения по-прежнему имеют рекреационный потенциал и требуют дальнейшего изучения.
Ключевые слова: донные отложения, гидротермальные месторождения, химический состав, пелоид.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение донных отложений водоёмов как депонирующей среды является важным инструментом для понимания динамики экологических процессов и состояния окружающей среды. Химический состав пелоида можно расценивать как индикатор природных и антропогенных воздействий на водоём. На Камчатке, уникальном своими природными ресурсами регионе, такие исследования особенно актуальны, так как помогают оценить влияние вулканической активности, климатических изменений и хозяйственной деятельности человека на водные экосистемы. Полученные при этом данные будут способствовать формированию мониторинга загрязнений, природоохранных стратегий, рационального пользования ресурсами в условиях повышенной туристической активности в регионе. Ранее гидротермальные ресурсы Камчатки нерегулярно изучались с точки зрения санитарного благополучия, геохимических составляющих, эколого-географического мониторинга [1–6].

Цель данного исследования – анализ и актуализация сведений о текущем

состоянии месторождения пелоидов озера Утиное в сравнении с пелоидом Эссовских минеральных источников и определение дальнейшей стратегии изучения этих объектов в бальнеологических целях.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования послужили донные отложения озера Утиное, расположенного в 62 км южнее г. Петропавловска-Камчатского, в 1,5 км к северу от п. Паратунка. Отбор произведен 18. 05. 2025 в трех точках почвенным буром, точки были выбраны с учетом различной закономерности их распределения и перемещения по водоему.

Дополнительно были взяты три образца пелоида в месте выхода вод минеральных источников в окраине села Эссо Быстринского района Камчатского края, используемого населением и туристами в оздоровительных целях (рис. 1). Материал был исследован по тем же критериям, что и пелоид озера Утиное.



Рис. 1. Расположение точек отбора исследуемых проб пелоида полуострова Камчатка: озеро Утиное Елизовского района, Эссовское месторождение минеральных вод Быстринского района.

Была проведена количественная характеристика макро- и микрокомпонентного состава поровых растворов донных отложений по результатам расчета состава

водных вытяжек с учетом влажности образцов. Для анализа проб были использованы спектрофотометр атомно-абсорбционный «ThermoElectron SOLAAR M», ионметр «Hanna», ионметр «Итан», спектофотометр «UVmini-1240 (Shimadzu)», весы аналитические SHINKO HT-220E (Shimadzu).

Дополнительно был проведен анализ минерального состава кристаллической матрицы пелоида по данным рентгеновской дифрактометрии и инфракрасной спектроскопии. Дифрактограммы были записаны на рентгеновском дифрактометре XRD Max XRD700, в диапазоне $4\text{--}60^\circ 2\theta$, с шагом $0,1^\circ 2\theta$, скорость сканирования 2 град/мин, что эквивалентно выдержке в точке 3 с. Инфракрасные спектры записаны с помощью ИК спектрометра с преобразованием Фурье, в диапазоне $400\text{--}4000\text{ см}^{-1}$, с разрешением 4 см^{-1} , число сканов 100. Пример дифрактограммы показан на рис. 2. Образцы для записи инфракрасных спектров растирали с бромидом калия и прессовали в таблетки.

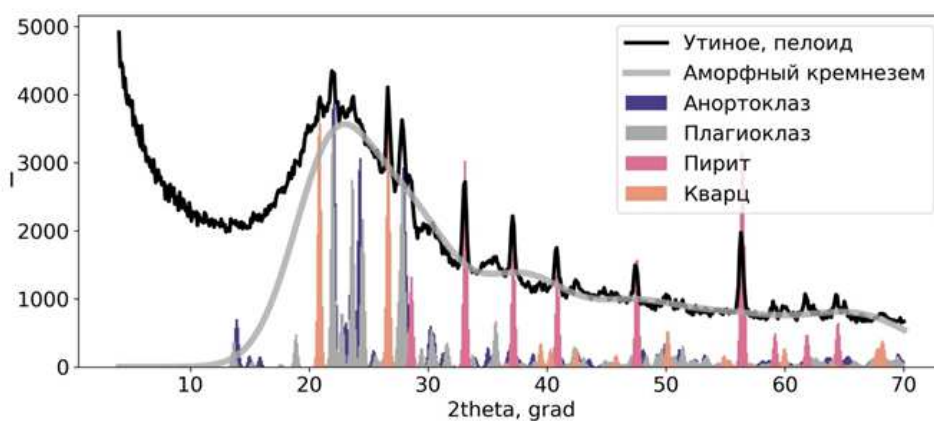


Рис. 2. Дифрактограмма пелоида месторождения озера Утинное. Пелоид практически целиком состоит из аморфного кремнезема, присутствуют полевые шпаты и заметные количества пирита.

Полученные сведения сравнивались между собой и с результатами мониторинга, проводимого авторами в 2012–2015 гг.

Исследование выполнено в рамках Межведомственной программы комплексных научных исследований Камчатского полуострова и сопредельных акваторий, реализуемой ФГБОУ ВО «КамГУ им. Витуса Беринга», с использованием оборудования ЦКП «Камчатский центр элементного, минерального, изотопного анализа» Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Геологоразведочными работами Отдела геологии и лицензирования по Камчатскому краю (Камчатнедра) разведано и учтено Государственным балансом запасов полезных ископаемых 463 месторождений различных полезных

ископаемых, в том числе одно месторождение лечебной грязи – пелоид озера Утиное [7]. До настоящего времени подсчет и актуализация сведений о запасах донных отложений этого месторождения не проводились. По состоянию на 2012 г. территориальным балансом запасов полезных ископаемых Камчатского края балансовые (эксплуатационные) запасы грязи месторождения учитывались в количестве 56 422 м³ [8]. Месторождение числится в нераспределенном фонде недр.

Исследования пелоидного месторождения озера Утиное в 1990–2012 годах показывают постепенное природное задерживание и осушение некоторых участков, приводящее к дальнейшему сокращению запасов (рис. 3). В питающие озеро ручьи также идет неконтролируемый сброс канализационных стоков с прилегающих баз отдыха, что приводит к росту органики в нем.

Пелоид озера Утиное имеет слабокислую реакцию среды, представлен темно-бурой пластичной массой с большим количеством растительных остатков. Влажность пелоида определяется как 88 %, что выше данных 2014 г. (69–79 %). Это может свидетельствовать о заиливании донных отложений ввиду поступления органического вещества и биогенных элементов со стоками. Зольность составляет в среднем 66 % (81 % в 2014 г.), количество органики 34 % против 19 % соответственно. Величина окислительно-восстановительного потенциала грязей ранее имела устойчивое отрицательное значение, колеблясь от –128 до +50 мВ, что свидетельствовало о протекании в грязи восстановительных процессов и высокой биологической активности грязи [9, 10]. Сейчас окислительно-восстановительный потенциал определяется как +32 мВ. Данный пелоид практически целиком состоит из аморфного кремнезёма, присутствуют полевые шпаты и заметные количества пирита. Высокое содержание коллоидного кремнезёма также определяется по данным инфракрасной спектроскопии. Озеро сформировалось, вероятно, под слоем вулканического песка (обсидиана), то есть подстилающие породы – вулканического происхождения.

Большое количество аморфного кремнезёма можно объяснить, во-первых, активными процессами биогенного осадкообразования, связанных с ростом диатомовых водорослей, которые используют кремнезём в качестве скелетных структур. В благоприятных условиях при достаточном количестве питательных веществ диатомовые водоросли могут доминировать в биогеохимическом цикле, что приводит к накоплению кремнезёма в осадках. Во-вторых, значительное содержание кремнезёма может указывать на вынос кремнистых минералов из горных пород и повышенную эрозию, что актуально для регионов с вулканической и гидротермальной активностью. Стоит сказать, что озеро Утиное на 10–40 % питается кремниевыми водами Паратунского гидротермального месторождения, что также влияет на химический состав донных отложений [11].

Заметные количества обнаруженного нами пирита могут объясняться активностью сульфатредуцирующих бактерий. При заиливании водоема в донных отложениях создаются анаэробные условия. Образующийся в результате разложения органических остатков сероводород реагирует с осажденным гидроксидом железа, что приводит к образованию пирита и характерному цвету пелоида.

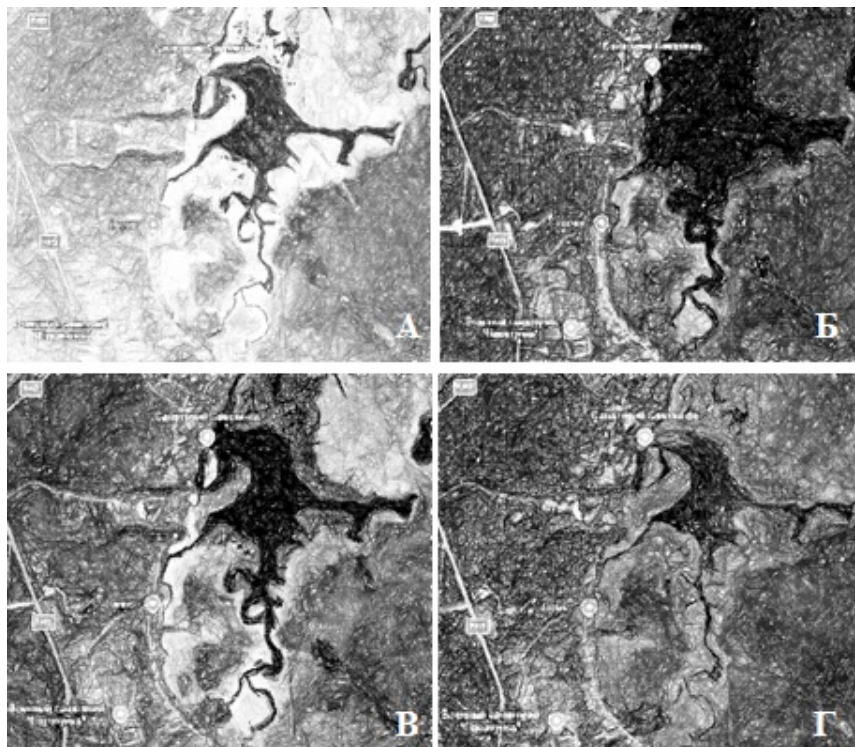


Рис. 3. Спутниковые снимки озера Утиное: А – 2017 г., Б – 2020 г., В – 2022 г., Г – 2024 г. Видно уменьшение площади озера из-за задерновывания и осушения. Данные с ресурса Google Earth.

Отложения месторождения Эссо характеризуется как минерализованные, нейтральные, хлоридно-сульфатные, натриево-кальциевые. Влажность – 57 %. Содержат пирит в небольших количествах, при этом концентрация сульфат-ионов выше. Это свидетельствует о более низкой активности сульфатредукторов и, косвенно, о меньшем содержании органики. Взятый образец в основном состоит из аморфного кремнезема и полевых шпатов. Методом ИК-спектроскопии нами определены следовые количества глинистых минералов, монтмориллонита и каолинита. Известно, что тонкодисперсная глинистая фракция образуется из неглинистых силикатных минералов в ходе гидротермальных процессов (реакции с водой в условиях высоких температур и давления), что характерно для точки отбора в районе Эссо, – отложения там формируются при непосредственном участии термальных вод [12].

По своим свойствам термальная вода Эссовского месторождения наиболее близка к угличскому типу (по ГОСТ Р 54316–2011. Воды минеральные питьевые. XVIII. Хлоридно-сульфатная кальциево-натриевая). Этим объясняется и более высокое содержание Na^+ и Ca^{2+} в отложениях из Эссо. Содержание мышьяка и метаборной кислоты (токсикологических компонентов) в термальной воде Эссовского месторождения, питающей месторождение пелоида, превышает ПДК

(0,05 мг/л и 0,5 мл/л соответственно) в несколько раз, что сказывается на составе пелоида [4]. Проведенный нами химический анализ (табл. 1) также свидетельствует о повышенной концентрации борной кислоты в пробах водной вытяжки из пелоида Эссовского месторождения.

Таблица 1
Результаты химического анализа водных вытяжек из двух образцов пелоида

Определяемый компонент, мг/л	Пелоид Эссо	Пелоид озера Утинное
Li^+	< 0,1	< 0,1
NH_4^+	15,0	35,6
Na^+	275	105
K^+	16,8	11,7
Ca^{2+}	101	88
Mg^{2+}	9,3	14,0
Fe^{2+}	< 0,1	< 0,1
Fe^{3+}	< 0,1	< 0,1
Сумма катионов	416,89	254,68
HCO_3^-	925	441
CO_3^{2-}	-	-
Cl^-	134	157
SO_4^{2-}	125	91
F^-	15,3	< 0,15
NO_2^-	0,387	0,650
NO_3^-	4,95	6,14
PO_4^{3-}	12,4	4,61
Сумма анионов	1216,99	700,39
Сумма ионов	1633,89	955,08
pH	7,05	6,88
Кремний (в виде H_4SiO_4)	192	111
Метаборная кислота H_3BO_3	21,2	< 0,5
Алюминий	< 0,04	< 0,04
Ртуть	< 0,00002	< 0,00002
Мышьяк	0,89	0,0475
Стронций	< 0,25	< 0,25
Никель	< 0,005	< 0,005
Кадмий	< 0,00005	< 0,00005

Однако, сравнивая результаты анализа самого пелоида (табл. 2) и водных вытяжек из него, можно заметить, что концентрация мышьяка в пелоиде озера Утинное выше, чем его концентрация в пробах пелоида Эссо. Это свидетельствует о том, что отложения Эссо содержат растворимые соединения мышьяка.

Таблица 2

**Результаты химического анализа двух образцов пелоида – озера Утиное и
Эссовского месторождения в сравнении с ПДК / ОДК**

Определяемый компонент	Пелоид Эссо	Пелоид озера Утиное	Величина ПДК / ОДК (мг/кг) с учетом фона (кларка) химических веществ в почве [15]
Na ₂ O, %	1,53	1,93	–
MgO, %	1,09	1,36	–
Al ₂ O ₃ , %	12,25	13,90	–
SiO ₂ , %	59,72	56,25	–
P ₂ O ₅ , %	0,30	0,17	–
K ₂ O, %	1,26	1,17	–
CaO, %	4,39	4,05	–
TiO ₂ , %	0,79	0,75	–
MnO, %	0,08	0,09	–
Fe ₂ O ₃ , %	5,83	5,84	–
Потери при прокаливании	15	37	–
S, %	0,78	0,71	–
Cl, %	0,00	0,00	–
Sc, мг/кг	16	19	–
V, мг/кг	87	86	–
Cr, мг/кг	55	52	0,05 / –
Co, мг/кг	33	32	–
Ni, мг/кг	20	20	– / 80
Cu, мг/кг	24	22	– / 132
Zn, мг/кг	108	127	– / 220
Ga, мг/кг	27	26	–
As, мг/кг	24	38	– / 10
Rb, мг/кг	27	45	–
Sr, мг/кг	385	957	–
Y, мг/кг	17	19	–
Zr, мг/кг	154	158	–
Nb, мг/кг	5	5	–
Ba, мг/кг	533	532	–
La, мг/кг	19	27	–
Ce, мг/кг	82	73	–
Pb, мг/кг	219	217	– / 130

По имеющимся рекомендациям при оценке содержания элементов в пелоидах используются ПДК для почв соответствующего региона. В целом санитарно-гигиеническое состояние вулканических почв Камчатки признано благополучным

[13]. Содержания подвижных форм всех контролируемых элементов (Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Zn и Cd) в почвах Камчатки значительно ниже ПДК.

В число элементов, встречающихся в надкларковых концентрациях в разных районах почвенных провинций Камчатки, входят Sc, V, Cr, Mn, Co, Cu, Zn, Ag и P; наиболее низкие содержания в почвах характерны для B, Y, Zr, Nb, Mo, Sn, Ba, Pb. В 2022–2024 годах тяжелые металлы в почвах не обнаруживались [7]. Однако в проанализированных донных отложениях валовое содержание Co, As, Pb превышает установленные для почв нормативы.

На формирование донных отложений и почв, распределение в них компонентов влияют разные факторы. В донных отложениях, как депонирующей среде, концентрация элементов часто выше. В связи с этим авторы поддерживают необходимость разработки нормативов для донных отложений. Например, в ходе исследования озёр северной Фенноскандии по регрессионным зависимостям между концентрациями металлов в воде и поверхностных слоях донных отложений и значениям ПДК_{РБХЗ} Даувальтером В. А. были установлены величины концентраций металлов в донных отложениях, которые могут быть предложены в качестве ПДК для пресноводных донных отложений (в мкг/г сух. веса): Ni – 200, Cu – 30, Zn – 200, Mn – 400, Pb – 500, Cd – 1,5, Al – 25 000 (2,5 %) [14].

Далее нами отмечено высокое содержание гидрокарбонатов в донных отложениях озера Утиное при отсутствии CO_3^{2-} , в отложениях Эссо концентрация HCO_3^- выше более, чем в 2 раза. Наибольшая часть карбонатов поступает в водоём с термальной водой и в процессе эрозии. В слабокислой и нейтральной среде малорастворимые карбонаты превращаются в растворимые гидрокарбонаты. Также их высокое содержание может свидетельствовать о поступлении загрязняющих веществ, длительное время аккумулирующихся в донных отложениях.

Соединения азота в пелоиде озера Утиное достигают 4 %, что свидетельствует о высоком содержании органического вещества. Отложения Эссо также богаты органикой, но в меньшей степени (в виде соединений азота – 2 %).

Высокие значения потери при прокаливании могут также объясняться поступлением органического материала в результате антропогенной деятельности и высокой продуктивностью органического материала в самом водоёме.

В состав гидрофильного коллоидного комплекса обоих образцов входят мельчайшие глинистые и силикатные (песчаные) частицы с диаметром меньше 0,1 мк, сернистое железо, продукты разрушения мельчайших силикатных частиц (SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MnO , TiO_2), адсорбированные ионы (Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} , Br^- , SO_4^{2-}).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализируя изменения физико-химических показателей за прошедшие годы, можно предположить, что озеро Утиное по-прежнему подвержено воздействию сточных вод, привносящих органическое вещество антропогенного происхождения, задерживаясь ведёт к обилию растительной органики. Гранулометрические особенности кристаллической матрицы пелоида озера Утиное (развитая поровая структура аморфного кремнезёма и высокая площадь удельной поверхности) вместе

с высоким содержанием органического материала приводят к аккумуляции металлов. Данный факт совместно с большим наличием сульфатов способствует деятельности автохтонных микроорганизмов и формированию пиритов, сероводорода, но при этом меняются условия формирования и свойства донных отложений, вмешиваясь в естественные биогеохимические процессы. Месторождение пелоида озера Утиное имеет высокий бальнеологический потенциал при условии повышения санитарно-экологического благополучия с помощью ее активации и отвода канализационных стоков, сейчас существует риск потери кондиций лечебной грязи ввиду нерационального природопользования и отсутствия систематического мониторинга состояния водоема.

Пелоид, формирующийся в местах выхода Эссовских минеральных источников, относится к сопочным грязям, согласно имеющимся критериям. Он характеризуется влажностью в пределах 57 %, вязкой структурой, серым оттенком, насыщен сульфатами, содержит относительно небольшое количество органического вещества [16]. Большее содержание растворимых форм мышьяка говорит о том, что в пелоиде он – природный биологически активный и доступный, а не привнесен извне. Этот химический элемент участвует во многих важных процессах в организме, его связь с другими элементами способна как активизировать биохимические процессы, так и угнетать, в зависимости от дозы. Растворимая форма определяет сниженную токсичность элемента и потенциальную биологическую активность при строго контролируемых концентрациях [17]. Пелоид Эссо не может быть отнесен к условно-безопасным природным образованиям. Он является компонентом региональной геохимической аномалии, и любые планы его хозяйственного, рекреационного или бальнеологического использования должны в обязательном порядке опираться на предварительную всестороннюю оценку рисков. По международной классификации пелоидов [18] можно предположить, что пелоид Эссо – это неорганическая грязь термальных источников, формирующаяся в местах активной вулканической деятельности в результате оседания минеральных веществ на дне термального источника.

По результатам минералогического анализа пелоидов можно сделать вывод, что коллоидный комплекс сапропеля озера Утиное и глины в Эссо схож, что говорит о подобной пластичности. Это одно из главных свойств лечебной грязи, определяющего ее бальнеологическое значение: пластичность обеспечивает прилегание пелоида к коже (создавая удобные аппликации для глубокого прогревания тканей), равномерное распределение и удержание массы на теле человека, что важно для эффективного теплового воздействия и проникновения минеральных компонентов через поры кожи.

Учитывая бальнеологическую ценность отложений озера Утиное и Эссовского месторождения, экологический мониторинг этих объектов необходим, терапевтические эффекты пелоидов требуют дальнейшего углублённого изучения. Также необходима разработка актуальных нормативов и критериев оценки донных отложений и их рекреационного потенциала.

Список литературы

1. Завадская А. В. Природные комплексы гидротермальных систем Камчатки как объекты рекреации и туризма / А. В. Завадская, Е. И. Голубева // География и природные ресурсы. – 2013. – № 4. – С. 46–51.
2. Жарков Р. В. Физические и химические особенности сапропелевых грязей некоторых пресноводных озер Елизовского района Камчатского края (Россия) / Р. В. Жарков, Д. Н. Козлов, Б. И. Челнокова // Геосистемы переходных зон. – 2019. – Т. 3, № 4. – С. 438–447.
3. Кудряшов В. А. Перспектива создания курортно-санаторного кластера на Эссовском гидротермальном месторождении Быстринского района Камчатского края / В. А. Кудряшов, Т. А. Кудряшова // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2025. – Т. 102, № 5. – С. 39–47.
4. Кудряшов В. А. Перспективы комплексного рационального использования ресурсов гидротермальных месторождений Камчатского края / В. А. Кудряшов // Маркшейдерия и недропользование. – 2025. – Т. 25, № 1. – С. 16–24.
5. Погорелов А. Р. Перспективы развития Паратунской курортной зоны (Камчатский край) / А. Р. Погорелов // Вестник физиотерапии и курортологии. – 2019. – Т. 25, № 4. – С. 122–125.
6. Леонова Н. Б. Современное состояние и перспективы использования целебных ресурсов Камчатки / Н. Б. Леонова, И. М. Микляева, Н. В. Рябова, С. М. Малхазова // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2018. – № 6. – С. 10–17.
7. Доклад о состоянии окружающей среды в Камчатском крае в 2024 году. – Петропавловск-Камчатский : Министерство природных ресурсов и экологии Камчатского края, 2025. – 397 с.
8. Мурадов С. В. Экологические и микробиологические особенности формирования и состояния месторождений лечебных грязей: дисс... д-ра биол. наук. / С. В. Мурадов. – Томск, 2014. – 237 с.
9. Гафарова Л. Ф. Микробиологический анализ торфяной лечебной грязи месторождения Таборли-3 / Л. Ф. Гафарова, У. Курди, Г. Ю. Яковлева, А. И. Колпаков, О. Н. Ильинская // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. – 2025. – Вып. 1. – С. 21–31.
10. Мурадов С. В. Физико-химические и микробиологические основы тестирования токсических факторов термоминеральных вод / С. В. Мурадов, Т. П. Белова, С. В. Рогатых // Водные ресурсы. – 2020. – Т. 47, № 4. – С. 380–390.
11. Мурадов С. В. Влияние эксплуатации геотермального месторождения на экологическое состояние лечебной грязи / С. В. Мурадов, Л. А. Мудранова, А. И. Хоменко, С. В. Рогатых // Проблемы региональной экологии. – 2014. – № 3. – С. 99–103.
12. Frolova Yu. V. The formation of clay minerals in volcanogenic rocks during hydrothermal litho-genesis. / Frolova Yu. V., Chernov M. S. // Clays-2015: Materials and Abstracts of Third All-Russian Meeting. – Moscow, 2015. – P. 70–72.
13. Литвиненко Ю. С. Химическая трансформация почв Камчатки после поступления в них продуктов вулканических извержений / Ю. С. Литвиненко, Л. В. Захарихина // Сибирский экологический журнал. – 2017. – Т. 24, № 6. – С. 772–788.
14. Даувальтер В. А. Геоэкология донных отложений озер / В. А. Даувальтер. – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2012. – 242 с.
15. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21» [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 12.02.2026).
16. Бахман В. И. Методика анализа лечебных грязей (пелоидов) / В. И. Бахман, К. А. Овсянникова, А. Д. Вадковская. – М.: ЦНИИКиФ, 1965. – 140 с.
17. Парнякова Л. Л. Минеральные природные мышьяковистые воды в курортной медицине / Л. Л. Парнякова, Е. А. Гурьевская, И. В. Семенова [и др.] // Микроэлементы в медицине. – 2025. – Т. 26, № 2. – С. 20–30.
18. Герасименко М. Ю. Пелоидотерапия в лечебно-реабилитационных и профилактических программах. Клинические рекомендации / М. Ю. Герасименко, П. В. Астахов, Н. Г. Бадалов [и др.] // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2018. – Т. 17, № 1. – С. 40–48.

ANALYSIS OF THE INDICATORS OF THERAPEUTIC MUD DEPOSITS OF LAKE UTINOE AND ESSO IN KAMCHATKA

Vinichenko L. A., Rogatykh S. V.

*Vitus Bering Kamchatka State University, Petropavlovsk-Kamchatskiy, Kamchatka, Russian Federation
E-mail: vinichenkola@kamgu.ru*

The chemical composition of the peloid can be regarded as an indicator of natural and anthropogenic impacts on the reservoir. The authors present the results of a comparative chemical and mineralogical analysis of the bottom sediments of the Lake Utinoye deposit, which provides therapeutic mud to the Paratunka resort area of the Kamchatka, and sediments near the outlet of Esso mineral springs. A quantitative characteristic of the macro- and micro-component composition of the pore solutions of bottom sediments is given based on the results of calculating the composition of water extracts, taking into account the moisture content of the samples. Additionally, the mineral composition of the peloid crystal matrix was analyzed according to X-ray diffractometry and infrared spectroscopy. The information obtained was compared with each other and with the results of monitoring conducted by the authors in 2012–2015. The investigated deposit "Lake Utinoye" is located in the undistributed subsoil fund. The last comprehensive monitoring of the lake's bottom sediments was conducted in 2012–2015. Since then, the situation has changed under the influence of natural factors and anthropogenic pressure. The authors suggest, given the negative trend of 1990–2012, that the blackening and draining of lake sites leads to a further reduction in reserves.

Comprehensive studies of Esso springs deposits have not been conducted. At the same time, both peloids continue to be used by the population for recreational purposes, which underscores the need to update data and conduct new research. The research results show that unfavorable processes occur in Utinoye lake, leading to changes in the conditions of bottom sediments. Peloid, which is formed in the places of the Esso mineral springs, is a type of hill mud. According to the international classification of peloids, it is an inorganic mud of thermal springs that forms in areas of active volcanic activity as a result of the settling of minerals at the bottom of a thermal spring. The arsenic and metaboric acid contained in the waters feeding it are determined in high concentrations in the sample. But they are not considered toxic, as they are in a soluble, biologically accessible form. In addition, the concentration of arsenic in the peloid of Utinoye lake is higher. Here it acts as an important balneological component. Mineralogical analysis has shown that the colloidal complex of sapropel from Utinoye lake and clay in the village of Esso is similar, which indicates similar plasticity. It is shown that Utinoye lake was probably formed under a layer of volcanic sand (obsidian), that is, the underlying rocks are of volcanic origin.

Despite the existing recommendations and standards, the total content of Co, As, and Pb in the analyzed bottom sediments exceeds the maximum permissible concentrations established for soils. The formation of bottom sediments and soils, as well as the distribution of components in them, is influenced by various factors. In bottom sediments,

as a depositing medium, the concentration of elements is often higher. Therefore, the authors support the need to develop standards for bottom sediments.

The analyzed sediments still have recreational potential and require further study. The data obtained contribute to the formation of pollution monitoring, environmental protection strategies, and rational use of resources in conditions of increased tourist activity in the region.

Keywords: bottom sediments, hydrothermal deposits, chemical composition, peloid.

References

1. Zavadskaya A. V., Golubeva E. I., Natural complexes of hydrothermal systems of Kamchatka as objects of recreation and tourism, *Geography and natural resources*, **(4)**, 46 (2013). (in Russ.)
2. Zharkov R. V., Kozlov D. N., Chelnokova B. I., Physical and chemical characteristics of sapropelic muds of some freshwater lakes of the Elizovsky district of Kamchatka Krai (Russia), *Geosystems of transition zones*, **3** (4), 438 (2019). (in Russ.)
3. Kudryashov V. A., Kudryashova T. A., Prospects for the creation of a resort and sanatorium cluster at the Essovskoye hydrothermal field in the Bystrinsky district of Kamchatka Krai, *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture*, **102** (5), 39 (2025). (in Russ.)
4. Kudryashov V. A. Prospects for the integrated rational use of resources of hydrothermal deposits in Kamchatka Krai, *Mine surveying and subsoil use*, **25** (1), 16 (2025). (in Russ.)
5. Pogorelov A. R. Prospects for the development of the Paratunka resort area (Kamchatka Krai), *Bulletin of Physiotherapy and Balneology*, **25** (4), 122 (2019). (in Russ.)
6. Leonova N. B., Miklyaeva I. M., Ryabova N. V., Malkhazova S. M., Current state and prospects for the use of healing resources of Kamchatka, *Bulletin of Moscow University. Series 5. Geography*, **(6)**, 10 (2018). (in Russ.)
7. *Report on the state of the environment in Kamchatka Krai in 2024*, 397 p. (Petropavlovsk-Kamchatsky, 2025). (in Russ.)
8. Muradov S. V. *Ecological and microbiological features of the formation and state of therapeutic mud deposits*, Dissertation for academic degree of doctor of biological science, 237 p. (Tomsk, 2014). (in Russ.)
9. Gafarova L. F., Kurdi U., Yakovleva G. Yu., Kolpakov A. I., Ilyinskaya O. N. Microbiological analysis of therapeutic peat mud from the Taborli-3 deposit, *Bulletin of Perm University. Series: Biology*, **(1)**, 21 (2025). (in Russ.)
10. Muradov S. V., Belova T. P., Rogatykh S. V. Physicochemical and microbiological principles of testing toxic factors of thermal mineral waters, *Water resources*, **47** (4), 380 (2020). (in Russ.)
11. Muradov S. V., Mudranova L. A., Khomenko A. I., Rogatykh S. V. The impact of exploitation of a geothermal field on the ecological state of therapeutic mud, *Regional environmental issues*, **(3)**, 99 (2014). (in Russ.)
12. Frolova Yu. V., Chernov M. S., The formation of clay minerals in volcanogenic rocks during hydrothermal litho-genesis, *Clays-2015: Materials and Abstracts of Third All-Russian Meeting* (Moscow, 2015), p. 70–72.
13. Litvinenko Yu. S., Zakharikhina L. V. Chemical transformation of Kamchatka soils after the entry of volcanic eruption products into them, *Siberian Ecological Journal*, **24** (6), 772 (2017). (in Russ.)
14. Dauvalter V. A. *Geoecology of bottom sediments of lakes*, 242 p. (MSTU, Murmansk, 2012). (in Russ.)
15. *Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of January 28, 2021 No. 2 "On approval of sanitary rules and regulations SanPiN 1.2.3685-21"*, <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (Accessed February 12, 2026). (in Russ.)
16. Bakhman V. I., Ovsyannikova K. A., Vadkovskaya A. D. *Methodology for the analysis of therapeutic muds (peloids)*. 140 p. (Moscow, TsNIIKiF, 1965). (in Russ.)
17. Parnyakova L. L., Guryevskaya E. A., Semenova I. V. [et al.] Mineral natural arsenic waters in spa medicine, *Microelements in medicine*, **26** (2), 20 (2025). (in Russ.)
18. Gerasimenko M. Yu., Astakhov P. V., Badalov N. G. [et al.] Peloidotherapy in treatment, rehabilitation and preventive programs. Clinical recommendations, *Physiotherapy, balneology and rehabilitation*, **17** (1), 40 (2018). (in Russ.)