

УДК 553.61(571.65)

ЛЕЧЕБНЫЕ ГРЯЗИ НА ПОБЕРЕЖЬЕ ТАУЙСКОЙ ГУБЫ ОХОТСКОГО МОРЯ

Глотов В. Е.

*ФГБУН Северо-Восточный комплексный научно-исследовательский институт
им. Н. А. Шило ДВО РАН, г. Магадан
E-mail: geocol@neisri.ru*

Описаны результаты изучения условий залегания и состава сульфидных грязей на побережье Тауйской губы Охотского моря. Показано, что в образовании сульфидных алевропелитов ведущую роль играют бактериальные процессы окисления метана, мигрировавшего из недр аквальных осадочных бассейнов (катагенетический метан). Отмечена генетическая связь скоплений лечебных грязей на побережье Тауйской губы с возможно нефтегазоносными и угленосными впадинами Ямско-Тауйского осадочного бассейна. Рекомендован экологически безопасный способ добычи грязей со льда водоемов в холодное время года.

Ключевые слова: Охотское море, сульфидно-иловые грязи, иловые воды, осадочный бассейн, миграция метана, сульфатредукция, нефтегазоносность.

DOI: 10.34078/1814-0998-2022-1-49-60

ВВЕДЕНИЕ

В прибрежно-морской зоне Магаданской области известны три скопления сульфидно-иловых грязей (рис. 1), которые могут стать надежной базой фармацевтической промышленности. Необходимость создания новых для области промышленных отраслей, не связанных с освоением рудных ресурсов, определяется назревшей проблемой реструктуризации экономики Магаданской области (Гальцева, 2009).

Благоприятные предпосылки использования сульфидных грязей в качестве бальнеологического ресурса основаны на заключениях двух научно-исследовательских институтов курортологии и физиотерапии – Московского Центрального (ЦНИИКиФ) – ныне «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» и Томского (ТНИИКиФ). Согласно этим документам, грязи всех месторождений на побережье Тауйской губы могут быть использованы для лечения заболеваний опорно-двигательного аппарата, органов дыхания и пищеварения, сердечно-сосудистой системы. Эти же грязи применимы для восстановления работоспособности и оздоровления сотрудников вахтовиков горнодобывающих предприятий, сезонных артелей по добыче россыпного золота, по вылову и переработке морепродуктов, строительству линейных сооружений, производству сельхозпродукции и т. д. В этих случаях весьма эф-

фективны способы SPA-терапии (Креббин-Бэйли и др., 2006), поэтому SPA-салоны целесообразно создавать не только в крупных населенных пунктах, но и в поселках проживания вахтовиков. Экономичность работы подобных салонов может быть обеспечена не только благодаря использованию естественных лечебных грязей и морской воды. Физико-географические и ботанические особенности Северо-Востока России позволяют производить высококонкурентную продукцию, в том числе для внутрироссийского и международного рынка, путем создания композитов из лечебных грязей и биологически активных растений, пантов и рогов северных оленей и т. д. (Тихменев, Частухина, 2011; Шеина и др., 2011).

Низкие температуры воздуха в течение длительного (до 6–7 мес) холодного периода года позволяют способом вымораживания доводить минерализацию иловой воды сульфидных грязей до рассола, состав которого будет сходен с составом рапы из грязи побережья Мертвого моря (Глотов, 2020).

Вопросы практического использования рассматриваемых скоплений* лечебных грязей поднимались нами ранее (Глотов, Глотова, 2010; Глотов и др., 2012). Интерес возможных инвесторов к нашим предложениям был большим, но прак-

*Здесь и далее скоплениями сульфидных иловых грязей мы называем толщу алевропелитовых донных отложений, лечебные свойства которых установлены по данным анализов одной или нескольких проб, изученных в ЦНИИКиФ (г. Москва) или ТНИИКиФ (г. Томск).

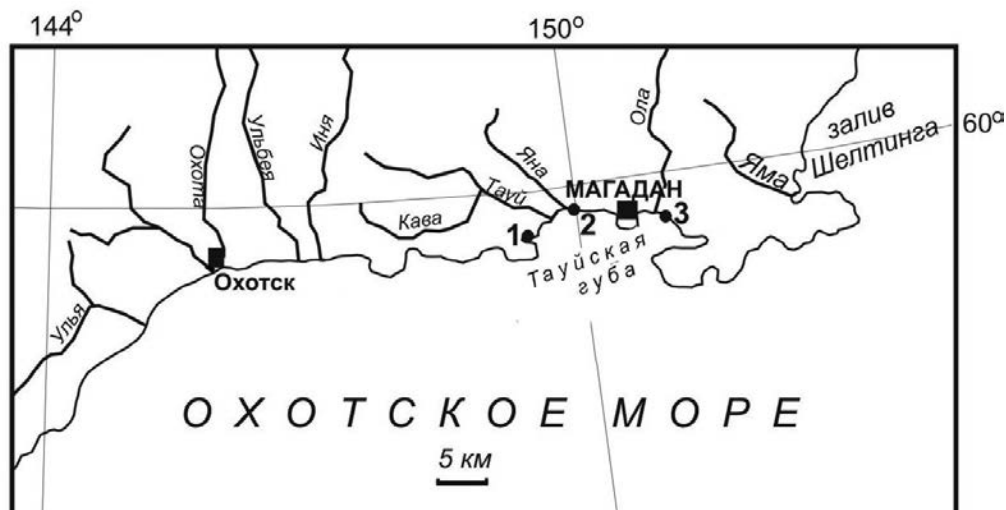


Рис. 1. Обзорная схема расположения месторождений сульфидных грязей: 1 – бух. Оджан; 2 – Янский лиман; 3 – Ольская лагуна

Fig. 1. Scheme of the location of sulfide mud deposits: 1 – Odzhan Bay, 2 – Yana estuary; 3 – Ola lagoon

тической реализации не последовало. Основными причинами явились отсутствие убедительных научных представлений о генезисе этих грязей и рекомендаций по экологически рациональным способам добычи их в акваториях лагун и лиманов, расположенных на путях миграции лососевых рыб к местам нереста.

Поэтому поставленная цель данного исследования – выявление особенностей формирования скоплений сульфидных иловых грязей в береговой зоне Тауйской губы Охотского моря и обоснование экологически безопасного способа их эксплуатации.

Научная и практическая актуальность указанной цели определяется потребностями региона в расширении спектра нерудных природных ресурсов и созданием на этой основе новых видов промышленных производств.

Методы и материалы исследований – анализ и обобщение результатов полевых работ, выполненных на побережье Тауйской губы в 2009 г. сотрудниками СВКНИИ ДВО РАН, в 1968–1969 гг. специалистами ЦНИИКиФ (г. Москва) на побережье Мотыклейского залива, а также материалов геологов и гидрогеологов, изучавших геологические и гидрогеологические условия североохотоморского побережья и примыкающей акватории Охотского моря. Сделан сравнительный анализ состава иловых вод других районов России.

Объект исследований – географические, геологические и мерзлотно-гидрогеологические условия, влияющие на формирование и добычу грязей на побережье Тауйской губы Охотского моря.

Предмет исследований – скопления лечебных сульфидно-иловых грязей.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ

Тауйская губа – залив в северной части Охотского моря (см. рис. 1). В ее составе выделяют водоемы более мелких порядков: заливы Мотыклейский, Амахтонский, Одян, Речной; бухты Оджан, Нагаева, Гертнера и др. Реки, впадающие в Тауйскую губу, многочисленны; наиболее крупные из них – Тауй, Яна, Армань, Ола.

Берег Тауйской губы имеет общую протяженность около 160 км. Примерно на 60 % он гористый, преимущественно сбросового типа (Добровольский, Залогин, 1982) с высотой береговых обрывов до 900 м. Около 40 его процентов представлены аккумулятивным или абразионно-аккумулятивным типом берега, образовавшимся при затоплении неотектонических впадин морем в голоцене и отделенным от моря косами и барами, за которыми сформировались лагуны и лиманы.

Климат побережья субарктический морской. Среднегодовая температура воздуха в г. Магадане (бух. Нагаева) -2.4°C , осадки 586 мм в год; в пос. Ола, в устье одноименной реки, соответственно -3°C и 397 мм. Большая часть осадков (65 %) выпадает в теплый период года. Наиболее теплый месяц на побережье август, среднемесячная температура которого $+13.4^{\circ}\text{C}$, наиболее холодный – февраль (-18.1°C в Магадане и -19.2°C в пос. Ола) (Доклад..., 2019).

Устойчивый ледовый покров в заливах и бухтах формируется при понижении температуры воздуха ниже -10°C . В бух. Нагаева, по многолетним данным, это происходит во II декаде ноября. Таяние и разрушение покрова начинаются при повышении среднесуточной температуры выше -5°C , которое приходится на III декаду апреля,

т. е. сплошной ледовый покров в заливах и бухтах существует около 5 мес (Ушаков, 2001).

Характерная особенность морского климата – ежегодные штормовые ветра. По наблюдениям метеопоста «Бухта Нагаева», вероятность ветров со скоростью более 20 м/с в теплое время года не превышает 0.1 %. В холодное время (с октября по апрель) с вероятностью 0.7 % возможны ветра со скоростью до 40 м/с. При таких штормах происходит взламывание льда по всей акватории Тауйской губы, в ее заливах и бухтах. Высота прибойных волн до 10 м. Такие волны способны перехлестнуть через морскую косу с абсолютными отметками 5–6 м и шириной до 0.3 км.

Геологические особенности определяются тем, что около 40 % акватории Тауйской губы и прилегающей суши принадлежит Ямско-Тауйскому осадочному бассейну (ОБ) (Гревцев и др., 2006). Горно-складчатое обрамление его сложено вулканогенно-терригенными породами мезозойского возраста, мезо-кайнозойскими покровами андезитов, базальтов, реже риолитов и их туфов, меловыми интрузиями гранодиоритов, плагиигранитов и монзонитов (рис. 2).

Осадочный чехол ОБ представлен меловыми вулканогенными, вулкано-терригенными и терригенными преимущественно континентальными

породами и палеоген-четвертичными терригенными толщами мощностью до 5 тыс. м (Ващилов, Глов, 1998). Осадочные меловые и олигоцен-миоценовые отложения угленосные (Попов, 1983).

В гидрогеологическом отношении Ямско-Тауйский ОБ является 3-этажным (зрелым) артезианским бассейном. Верхний этаж его – порово-, трещинно-поровая и трещинно-пластовая водонапорная система артезианского типа, сложенная четвертично-эоценовыми породами. Они катагенетически преобразованы на уровне прото- и начала метагенеза ($ПК_{1-3}$ – $МК_{1-2}$), погружены на глубину до 2500 м. Средний этаж относится к водонапорной постартезианской системе изолированных локальных флюидонапорных резервуаров. В их строении принимают участие палеоцен-верхнемеловые эффузивно-туфовые и туфово-терригенные образования. Катагенетическая измененность их находится на уровне нижних и средних ступеней метагенеза ($МК_4$ – $МК_5$) суммарной мощностью до 1500 м. Нижний этаж представлен метаморфогенной квазипластовой системой, сложенной терригенными и туфогенно-терригенными нижнемеловыми породами, регионально метаморфизованными. Их мощность от 500 до 1000 м.



Рис. 2. Геолого-гидрогеологическая схема побережья Тауйской губы (обобщенная геологическая основа по В. Е. Королькову, А. М. Корольковой, 1992 г.; дополнена по В. Е. Глову, Л. П. Гловой, 2009 г.): 1 – нерасчлененные неогеновые отложения (чехол артезианского бассейна); 2 – гранодиориты, плагииграниты, монзониты мелового возраста; 3 – меловые вулканические породы среднего (а) и основного (б) состава; 4 – листрические разломы; 5 – скопления сульфидных илов, в т. ч. 1 – бух. Оджан, 2 – Янская лагуна, 3 – Ольский лиман; 6 – водогазопроявления; 7 – Мотыклейский термальный источник

Fig. 2. Geological and hydrogeological scheme of the Taui Bay coast (generalized geological foundation, after V. E. Korol'kov, A. M. Korol'kova, 1992; expanded according to Glotov V. E., Glotova L. P., 2009): 1 – undivided Neogene deposits (cover of an artesian basin); 2 – Cretaceous granodiorites, plagiogranites, monzonites; 3 – Cretaceous volcanic rocks of intermediate (a) and basic (b) composition; 4 – listric faults; 5 – accumulations of sulfide silts, including: 1 – Odzhan Bay, 2 – Yana lagoon, 3 – Ola estuary; 6 – water and gas manifestations; 7 – Motykley thermal spring

Формирование в осадочном чехле ОБ зрелого артезианского бассейна является признаком его нефтегазоносности (Глотов, 2009). Это утверждение основано на данных, полученных при картировочном бурении скважин глубиной до 1200 м в Кавинской впадине, органо-геохимических нефтегазопроисловых (Иванов и др., 1988) и газогеохимических работах (Гревцев и др., 2006).

В геоэкологическом отношении изучаемая площадь относится к южной зоне прерывистого и островного развития многолетнемерзлых пород (ММП) (Фотиев, 2013). В горных районах побережья Тауйской губы породы на водоразделах проморожены до глубины 100–150 м, у подножия гор – 10–15 м. Сквозные талики выявлены практически под всеми водотоками. На аккумулятивных берегах мощность ММП определяется составом приповерхностных отложений. Если последние представлены гравийно-галечным или песчаным материалом с высоким значением коэффициента фильтрации (75–100 м/сут и более) и мощностью свыше 10 м, то ММП отсутствуют. Если приповерхностные слои слабофильтрующие (отложения с супесчаным или суглинистым цементом – заполнителем пор), то ММП вблизи морского берега имеют мощность до 100–150 м при температуре в кровле толщи до -3.5°C (Глов, Глотова, 2012).

ХАРАКТЕРИСТИКА СКОПЛЕНИЙ СУЛЬФИДНЫХ ГРЯЗЕЙ

Все скопления лечебных грязей на побережье Тауйской губы находятся в пределах литорали, осушаемой при отливах. Наиболее крупное из них расположено в вершине бух. Оджан Мотыклейского залива. Площадь его достигает $8 \cdot 10^6 \text{ м}^2$. Меньшее по размеру занимает дно Ольского лимана площадью около $3 \cdot 10^6 \text{ м}^2$; в Янской лагуне – $1 \cdot 10^6 \text{ м}^2$.

Скопление в бух. Оджан (Мотыклейское) было выявлено в 1968 г. сотрудниками ЦНИИ-КиФ В. М. Перепановым и С. Б. Малковой. Пробы ила отбирали на участке, прилегающем к берегу, на удалении до 200 м от приливного уровня.

Общая площадь обследованного участка около 140 тыс. м^2 , средняя мощность принята в 1 м при глубине отбора проб 0.2 м. На большем удалении от линии прилива толщина иловых накоплений возрастает, по единичным замерам с борта лодки, до 3 м.

Ил черного цвета, с запахом сероводорода. Согласно результатам гранулометрического анализа состав фракций $> 0.25 \text{ мм}$ до 0.43 %, от 0.25 до 0.1 мм – до 0.83 %, от 0.1 до 0.01 мм – до 24.6 % и от 0.01 до 0.001 мм – до 15.2 %. Глинистая составляющая более 59.14 %. Минеральный состав пелитов представлен глинистыми частицами (от 60 до 75 % на сухое вещество); другие минералы: гипс – 1.2 %, карбонат кальция – 1.13 %, карбонат магния – 0.69 %. Результаты лабораторного определения физико-химических показателей ила даны в табл. 1 и 2.

Кроме того, в грязевом растворе зафиксировано содержание (в мг/дм^3): брома – от 24.5 до 53.3; йода – от 4.2 до 4.6; железа общего – менее 2.5; фтора – 0.2–0.3.

Все пробы ила отбирали по линии, примерно параллельной очертанию вершины бухты, в 150–200 м от приливного уровня. Проба воды, отжила ила, взята в створе с устьем р. Оджан.

В табл. 3 представлены результаты анализов иловых вод в пробах, взятых в створе вдоль северного берега бухты от устья р. Оджан к выходу в Мотыклейский залив.

Большие содержания SO_4 в водах грязевого отжима у северо-западного побережья бух. Оджан, превышающие в 2–3 раза концентрации этого иона в воде Мотыклейского залива при близких значениях хлор-иона, связаны, видимо, не только с возможным окислением сульфидов, но и с подтоком сульфатных вод из зоны гидротермального сульфидного оруденения, скрытого под покровом морских гравийно-галечных отложений.

По заключению ЦНИИКиФ, пелоиды бух. Оджан относятся к среднеминерализованному типу двух разновидностей: среднесульфидному (сульфидов 0.1–0.5 %) и сильносульфидному (сульфидов более 0.5 %) (Методические..., 1987). Они могут применяться для лечения хронических бо-

Таблица 1. Физико-химические показатели лечебных грязей бух. Оджан (по данным В. М. Перепанова, С. Б. Малковой, 1969 г.)

Table 1. Physical and chemical indicators of the Odzhan Bay therapeutic muds (according to V. M. Perepanov, S. B. Malkova, 1969)

№ пробы	Характеристика пробы	pH	Влажность, %	Уд. вес, г/см^3	Засоренность ($> 0.25 \text{ мм}$), %	Теплоемкость, $\text{кал/г} \cdot ^{\circ}\text{C}$	FeS, % на сырую грязь	H ₂ S, % на сырую грязь
1	Грязь с запахом H ₂ S	7.4	48.6	1.43	8.74	0.59	0.35	0.12
2	Грязь с запахом H ₂ S	7.2	59.7	1.29	1.02	0.68	1.11	0.39
3	Грязь с запахом H ₂ S	7	52.6	1.33	6.17	0.82	0.51	0.18
4	Грязь с запахом H ₂ S	7.7	47.3	1.46	1.78	0.58	0.12	0.04

Таблица 2. Химический состав грязевого раствора в вершине бух. Оджан (по данным В. М. Перепанова, С. Б. Малковой, 1969 г.)

Table 2. Chemical composition of the mud solution at the top of the Odzhan Bay (according to V. M. Perepanov, S. B. Malkova, 1969)

№ пробы	Катионы, мг/дм ³			Анионы, мг/дм ³				Формула химического состава
	Na + K	Ca	Mg	HCO ₃	SO ₄	Cl	CO ₃	
1	7598	26	89.2	2714	7.8	13144	—	$M24.7 \frac{Cl89HCO_3 11}{(Na + K)79Mg 18}$
2	7797	24.9	92.2	2745	8.3	13538	—	$M25.3 \frac{Cl89HCO_3 11}{(Na + K)79Mg 18}$
3	9373	2.7	11	1525	7	13251		$M24.9 \frac{Cl89}{(Na + K)98}$
4	5633	6.5	14.2	1.5	8639	2829	—	$M17.3 \frac{SO_4 69Cl31}{(Na + K)94}$
5	995	1.1	1.8	1220	19.3	75.2	—	$M3.19 \frac{Cl47HCO_3 44}{(Na + K)96}$
6	5080	14.6	65.6	1830	3.2	8918	—	$M16.7 \frac{Cl89HCO_3 11}{(Na + K)79Mg 19}$

Таблица 3. Химический состав грязевого раствора у северо-западного побережья бух. Оджан (по материалам В. М. Перепанова, С. Б. Малковой, 1969 г.)

Table 3. Chemical composition of the mud solution at the northwestern coast of the Odzhan Bay (according to V. M. Perepanov, S. B. Malkova, 1969)

№ пробы	Катионы, мг/дм ³			Анионы, мг/дм ³			Формула химического состава
	Na + K	Ca	Mg	HCO ₃	SO ₄	Cl	
1	5633	6.5	14.2	1.5	8639	2829	$M17.3 \frac{SO_4 69Cl31}{(Na + K)94}$
2	10142	6.5	12.7	1.5	12338	6984	$M29.6 \frac{SO_4 56Cl43}{(Na + K)97}$
3	7870	58.2	136.7	0.2	6883	11711	$M28.3 \frac{Cl70SO_4 30}{(Na + K)70Mg 24}$
4	12307	8	15.9	2.4	4291	16474	$M33.4 \frac{Cl84SO_4 16}{(Na + K)97}$
Вода Мотыклейского залива							
5	10078	351	943	155	2463	17696	$M31.7 \frac{Cl90}{(Na + K)78Mg 18}$

лезней органов дыхания и пищеварения, суставов и мышц, сердечно-сосудистой системы, урологических патологий и др. Аналогом является месторождение грязи оз. Утиное (санаторий «Паратунка»). Санитарно-бактериологические и радиологические показатели не превышают допустимых норм.

Перспективы открытия новых скоплений лечебных грязей в акватории Мотыклейского залива подкрепляются наличием придонной гидрокарбонатно-хлоридной воды в створе с устьем р. Мотыклейка.

Район расположения Мотыклейского залива техногенно не изменен и не загрязнен, транспортная доступность сложная. Воды залива чистые, потенциальные загрязнители воды и побережья отсутствуют.

Скопление сульфидной грязи в Янской лагуне было выявлено в ходе полевых гидрогеологиче-

ских работ 2009 г. [В. Е. Глотов, Л. П. Глотова, 2009 г.].

Лагуна образована в устье одноименной реки. От акватории Тауйской губы она отделена баром шириной до 1.5 км и высотой до 5 м. Бар прорван протокой, по которой морская вода с минерализацией до 32 г/дм³ в прилив вливается в лагуну, повышая соленость воды в ней до 24 г/дм³. При отливе вода опресняется до 1.6 г/дм³ за счет речной из рр. Яна и Устьева.

Скопления илов обследованы с помощью металлического шупа. В направлении от пляжа к центру лагуны мощность иловых накоплений растет и на удалении 150–200 м составляет 80 см. Полагаем, что в центральной части лагуны, примерно в 500 м от пляжа, толщина накопленных черных илов около 2–3 м. Общая площадь обследованного участка литорали Янской лагуны, без

учета засоренной галькой и гравием полосы шириной 20–30 м, около 50 тыс. м².

Илы черного цвета, с запахом сероводорода. По данным гранулометрического анализа в СВКНИИ ДВО РАН, содержание фракции > 0.25 мм по всей опробованной площади от 0.4 до 1.65 %, т. е. ниже нормы (3 %), объемный вес 1.30–1.45 г/см³, влажность 48–68 % при норме 25–75 % (Методические..., 1987). Диатомовый анализ 5 проб ила, выполненный в лаборатории геологии четвертичных отложений СВКНИИ ДВО РАН (исполнитель к. г.-м. н. Т. В. Матросова), показал присутствие современных диатомовых водорослей. Раковины диатомей обильны и составляют 20 % от объема пробы.

При отливе большая часть лагуны обсыхает. На поверхности донных осадков образуется наилот текучей консистенции толщиной до 5–10 см. Примерно через 1.5 ч он становится пластичным. В это время поверхность осушки покрывается конусовидными кучками высотой 3–5 см над норками илоедов. По раскопкам, глубина активной деятельности илоедов около 20 см, хотя некоторые их норки прослеживаются до глубины 40–50 см.

В центре этого участка с глубины 30–40 см нами отобрана проба ила для изучения его лечебных свойств в ТНИИКиФ. По данным физико-химического анализа в испытательной лаборатории природных лечебных ресурсов, объемный вес грязи 1.42 г/см³, влажность 60 %, содержание сернистого железа (FeS) 0.12 % на сырую массу (естественную влажность), состав и минерализация воды грязевого отжима отражается формулой $M_{23.4} \frac{Cl_{16}SO_{4.23}}{(Na + K)_{76}Mg_{20}} pH 6.5$; содержание $H_2SiO_3 - 69.8 \text{ мг/дм}^3$.

По результатам проведенных физико-химических анализов ТНИИКиФ, сделано заключение № 1482 от 21.12.2009 г., что донные иловые отложения Янской лагуны соответствуют классу слабосульфидных (сульфидов < 0.15 %) лечебных грязей Садгородской разновидности. Они показаны для лечения болезней, перечисленных выше для грязей бух. Оджан. Исходя из ориентировочных оценок площади, мощности и плотности илов, их ресурсы на обследованном участке составляют примерно 40 тыс. т, или 28 тыс. м³. На всей площади лагуны в пределах литорали – около $2 \cdot 10^6 \text{ м}^3$, или $3 \cdot 10^6 \text{ т}$.

Санитарно-бактериологические и радиологические показатели в пределах нормы. Экологическое состояние участка хорошее, хотя он в транспортном отношении доступен, но отделен от населенного пункта (пос. Тауйск) протокой и р. Яна. Участок посещается в теплое время года туристами и рыбаками-любителями, но строго контролируется органами природо- и рыбоохраны.

Скопление сульфидных илов в Ольском лимане было выявлено, как и в Янской лагуне, при гидрогеологических работах 2009 г. [В. Е. Глотов, Л. П. Глотова, 2009 г.].

Лиман, площадь которого около 4 км², отделен от акватории Тауйской губы чередой морских кос, разделенных проливами. Самая западная из них соединяет лиман с устьем р. Ола. При отливе большая часть площади глубиной менее 2 м осушается.

Донные отложения представлены черными илами с маслянистым блеском, с запахом сероводорода. Мощность иловых накоплений при удалении от уровня прилива до 50 м достигает 80 см. В зимнее время ил покрывается льдом практически повсеместно, максимальная толщина его в марте 1.2–1.5 м, что позволило пробурить 3 скважины в центральной части акватории лимана. При этом установлено, что мощность пеллоидов достигает 5 м [В. И. Аржановская и др., 1990 г.].

При отливе образуется верхний слой – наилот текучей консистенции толщиной около 5 см. Примерно через 1.5 ч после отлива этот слой уплотняется до верхнего предела пластичности. В это время осушенная поверхность в теплое время года, как и в Янской лагуне, покрывается конусовидными кучками высотой до 3–5 см. Они ограничивают устье отверстий, сделанных червеобразными мелкими, покрытыми слоем слизи, животными – илоедами. Подобное население илистого слоя, возможно, участвует в формировании ферментативной активности пеллоидов.

Глубже наилка залегает черный ил. По результатам гранулометрического анализа, выполненного в СВКНИИ ДВО РАН, содержание фракций (в %): более 0.25 мм – от 0 до 2; 0.25–0.01 мм – от 1.1 до 11.5. В полосе шириной 15–20 м, прилегающей к пляжу, содержание фракций больше 0.25 мм достигает 25.5 %, т. е. илы сильно засорены. Другие физические показатели сходны с показателями илов Янской губы.

Изучение поровых вод в илах показывает, что их состав и минерализация в придонном слое, примерно до 20 см от поверхности дна, меняет свой состав при приливах и отливах и от состояния погоды при отливе. Минимальная зафиксированная соленость 3 г/дм³, наибольшая 27.9 г/дм³. В более глубоких слоях состав иловой воды устойчив, но до глубины около 1 м на нем сказываются сезонные промерзания-оттаивания. Так, в конце марта 2010 г. в пределах литорали нами подо льдом толщиной около 0.65 м, залегающим на 15-сантиметровом слое мерзлого льдонасыщенного ила, обнаружен ил текучей консистенции. Иловая вода хлоридно-кальциевого-натриевого состава имела минерализацию 40.4 г/дм³.

В одной пробе, отобранной в сентябре 2009 г. в интервале 20–40 см, примерно в центральной части обследованной площади, Томским НИИКИФ, по результатам комплексных исследований, показано, что донные отложения (илы) Ольской лагуны Тауйской губы Охотского моря соответствуют классу среднесульфидных (содержание сульфидов 0.45 %) среднеминерализованных лечебных грязей (состав грязевого отжима $M32 \frac{C19HCO_3 9}{(Na + K)77Mg18}$ pH 8.6) Учумской разновидности.

вавшие на морской косе до 1992 г. поселение и рыбообрабатывающее предприятие «Атарган» около 20 лет назад полностью ликвидированы. В акватории лимана нет нерестилищ рыб, и ежегодно в него заходят косяки лососевых, что привлекает рыбаков-любителей. Но, как и Янская лагуна, Ольский лиман находится под строгим контролем природо- и рыбоохранных органов.

В целом изученность сульфидных описанных скоплений сульфидных грязей недостаточна для подсчета их запасов, но позволяет суммарно оценить ресурсную базу в $(17-18) \cdot 10^6$ т.

Таблица 4. Минеральный состав (в %) проб ила Ольского лимана и Янской лагуны

Table 4. Mineral composition (%) of samples from the silt of the Ola estuary and the Yana lagoon

Минерал	Интервал опробования проб в закопках по глубине залегания, м		
	0–0.15	0.15–0.4	0.4–0.6
Тонкая пелитовая фракция (< 0.001 мм)			
Иллит (гидрослюды)	50–60	60–70	>70
Алевритовая фракция (0.01–0.001 мм)			
Амфибол зеленый + роговая обманка	зн. – 15	зн.* – 5	зн. – 3
Кварц	14–17	10–15	15
Полевой шпат	10–15	2–5	зн. – 5
Мусковит	3–2	зн.	зн.
Хлорит	Нет	зн. – 5	2–5

*зн. – знаки, не более 10 знаков (менее 0.5 %).

Эти грязи применяют для лечения суставов (ревматоидный артрит), остеохондроза позвоночника, венозной недостаточности, болезни костей, мышц, сухожилий; последствий перелома костей туловища и конечностей; бурситов; дегенерации позвонковых дисков.

Ресурсы лечебных грязей Ольского лимана, исходя из площади распространения илов около $2.5 \cdot 10^6$ м² и принятой средней мощности около 2 м, оцениваем в $5 \cdot 10^6$ м³ при средней плотности грязей (по аналогии с бух. Оджан) в 1.375 г/дм³, или $6.6 \cdot 10^6$ т.

Грязи Ольского лимана и Янской лагуны изучали в целях выявления их минералогического состава (табл. 4) в СВКНИИ ДВО РАН (д. г.-м. н. Н. Е. Савва), санитарно-микробиологического и радиологического состояния – в Томском НИИКИФ.

Санитарно-микробиологические показатели соответствуют требованиям для лечебных грязей. Радиологическое состояние донных отложений, наличие в них нормируемых тяжелых металлов (цинка, ртути, свинца, кобальта, кадмия) не превышает установленных пределов (Методические..., 1987).

Экологическое состояние акватории Ольского лимана хорошее, что связано с отсутствием на площади его водосбора промышленных, жилых и сельскохозяйственных комплексов. Суще-

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

Все проявления сульфидных иловых грязей находятся в прибрежно-морских водоемах, закрытых от морской акватории или субширотной скалистой горной грядой (бух. Оджан), или морским баром (лагуна Янская), или цепью морских кос и кошек (Ольский лиман). Эти укрытия защищают скопления илов от разрушающего воздействия прибойных волн, прибрежных морских течений, штормов. Образование их связано с глобальными изменениями уровня моря в голоцене. В позднем плейстоцене на протяжении около 100 тыс. лет уровень Охотского моря был на 120–150 м ниже современного. В настоящее время глубина Тауйской губы менее 100 м, поэтому дно тауйской акватории многие тысячелетия являло собой всхолмленную затундрованную низину со сплошным развитием криолитозоны мощностью до 200 м, возможно, и более (Глотов, 2009). Около 18 тыс. л. н. началось повышение уровня моря, которое достигло максимальных отметок во второй половине суббореала (6–2.5 тыс. л. н.) (Горбаренко и др., 2007). С началом похолодания коррелируется понижение уровня моря и связанный с этим процесс формирования морских кос и других аккумулятивных форм рельефа морского берега.

Под защитой этих форм происходило накопление сульфидных илов. В настоящее время господствует мнение, что сульфидизация отложившихся терригенных алевроитов и пелитов происходит при разложении захороняемого органического вещества (ОВ), представленного останками морских растений и животных автохтонного, аллохтонного и смешанного происхождения, в том числе торфом затопленных маршевых болот (Муратов, 2014; Кулаков, Сидоренко, 2017). С тем, чтобы оценить реальность данного мнения, надо принять во внимание, что метаболизм анаэробных сульфатредуцирующих и метангенерирующих бактерий осуществляется за счет диффузии через оболочку их клеток веществ очень простого строения или представленных в форме ионов (Лапо, 1987). Самым простым ОВ является метан (CH_4), который образуется при ассимиляции водорода и углекислого газа, являющихся продуктом бактериального брожения и/или неполного окисления ОВ в условиях дефицита кислорода. Следовательно, в придонном слое илов при наличии отмерших растений и животных существует бактериальная цепочка, в которой последующие бактерии питаются продуктами жизнедеятельности предыдущих. Конечная схема сульфатредукции в уточненном виде (Леин, 2018):



При pH природных вод от 6.5 до 8.5 сульфид представлен примерно равными долями в виде молекулы H_2S и иона HS^- . Последний химически активен и, соединяясь с ионом железа, образует гидротроилит ($\text{FeS} \cdot n\text{H}_2\text{O}$), который переходит в пирит (FeS_2). Эти реакции с участием современного ОВ происходят в приповерхностном слое толщиной не более 0.5 м. Показателем активности сульфатредукции является уменьшение в иловых водах содержания SO_4^{2-} и возрастание HCO_3^- или CO_3^{2-} (в зависимости от pH) (Гурский, 2018).

Следовательно, при образовании сульфидных илов за счет разложения современных растительно-животных остатков содержание сернистых соединений будет уменьшаться с глубиной. Ниже слоя раннего диагенеза (0.5 м, иногда до 1 м) активность сульфатредукции будет постоянно сокращаться из-за естественной убыли захороняемого ОВ.

К сожалению, послойное изучение состава иловых донных отложений производилось только в акваториях морей и больших озер. Публикации по данному направлению однозначно показывают, что процессы сульфатредукции в Черном море связаны с притоками метана из отложений, подстилающих современные сульфидные илы (Гурский, 2018). Масштабы миграции данного углеводорода со дна Черного моря очень вели-

ки и обуславливают его сероводородное заражение. Установлено, например, что за счет мигрировавшего метана при бактериальной сульфатредукции образуется более 80 % сероводорода морских вод (Леин, 2018).

Интересные данные были получены при послойном изучении содержания сероводорода и метана донных отложений оз. Байкал (Гарькуша и др., 2019). Было установлено, что активность процесса сульфатредукции прямо связана с содержанием в воде растворенного метана. Вместе с тем данные изотопных анализов этого газа в водах озера указывают на его поступление из недр возможно нефтегазоносных бассейнов в акватории Байкала, поэтому этот газ назван катагенетическим (Конторович и др., 2007).

Таким образом, существующие данные о сернистых соединениях в современных придонных илах свидетельствуют о генетической связи их с поступающим из недр катагенетическим метаном. Следовательно, можно считать, что скопления сульфидных лечебных грязей на морских побережьях возникают на участках в областях разгрузки газосодержащих подземных вод ОБ, в чехле которых имеются пласты водогазоносные, и/или метаноносные угли, и/или разрушающиеся скопления газа*. Заметим, что генетическая связь сульфидов ртути с перспективными на нефть и газ ОБ была замечена нами более 50 лет назад при изучении нефтегазоносности Хатырского бассейна (Глотов и др., 1969).

С этих позиций обращаем внимание на приуроченность проявлений лечебных илов на побережье Тауйской губы к впадинам, составляющим Ямско-Тауйский ОБ (см. рис. 2). Характерно, что эти скопления находятся в зоне листрического разлома, который контролирует положение Мотыклейского термального источника и другие многочисленные водометанопроявления. Они протягиваются вдоль морского берега от р. Тауй до р. Яна и питают озера с глубиной до 2.5 м. Последние протоками связаны с р. Амунка. Котловины озер, возможно, суффозионного происхождения. Состав озерной воды выражается формулой

$$\text{M}0.3 \frac{\text{Cl}82\text{SO}_410}{(\text{Na} + \text{K})75\text{Mg}18} \text{pH}6.4, \text{ что резко отличает ее}$$

от повсеместно распространенных ультрапресных гидрокарбонатных кальциево-натриевых вод. Дно озер и проток покрыто слоем черного ила. В одном случае отмечен выход газа, который, по данным лаборатории гидрогеологии и орга-

*В редакции журнала «География и природные ресурсы» проходит рецензирование рукопись статьи В. Е. Глотова, В. В. Кулакова, в которой обобщены данные о 12 скоплениях сульфидных грязей на побережьях всех дальневосточных морей. В данной работе отражена связь этих грязей с сублитеральными ОБ, перспективными на нефть, газ и метаноносные угли.

Катионы		HCO ₃ ⁻		SO ₄ ²⁻		Cl ⁻	
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
Ca ²⁺	Mg ²⁺	—	—	—	—	—	—
	Na ⁺	—	—	—	—	▲	—
Na ⁺	Ca ²⁺	⊗ ⊗	—	—	—	○○○	□
	Mg ²⁺	—	—	—	□◇◇	◇	□◇◇
Mg ²⁺	Ca ²⁺	—	—	—	—	—	—
	Na ⁺	—	—	—	—	—	—

⊗ 1 ○ 2 ▲ 3 □ 4 ◇ 5 ▲ 6

Рис. 3. График-квадрат А. А. Бродского (Справочник..., 1962). Данные (табл. 2, 3) о химическом составе иловых вод в %-экв. Минерализация воды в г/дм³, в т. ч.: 1 – ультрапресные (< 0.1), 2 – пресные (0.1–1), 3 – слабо солоноватые (1–5.9), 4 – солоноватые (5.9–25.9), 5 – соленые (> 25), 6 – Мотыклейский источник термальных вод

Fig. 3. A. A. Brodsky chart-square (Handbook..., 1962). Data (Table 2, 3) on the chemical composition of silt waters in %-eq. Water mineralization in g/dm³, including: 1 – ultra-fresh (< 0.1), 2 – fresh (0.1–1), 3 – brackish (1–5.9), 4 – saline (5.9–25.9), 5 – salty (> 25), 6 – Motykley thermal water spring

нической геохимии СВКНИИ ДВО РАН, содержит (в % объемных): N₂– 55.2, CH₄– 38, CO₂– 1.4, Ar – 1.2, O₂– 4.2. Другие проявления метана в зоне рассматриваемого ластрического разлома описаны ранее (Гревцев и др., 2006).

Интересно, что сульфатредуцирующие бактерии являются активными преобразователями минерального состава грунтов (Ehrlich, 1996; Наймарк и др., 2007). Поэтому результаты изучения минерального состава пелитов и алевроитов, проведенного д. г.-м. н. Н. Е. Саввой, можно интерпретировать как результат новообразования глинистых частиц за счет силикатов и плагиоклазов. Так как разгрузка газосодержащих подземных вод в зонах разломов имеет обычно концентрированный вид, то можно предполагать, что в каждом скоплении есть отдельные очаги генерации сульфидов и глинистых частиц, которые разносятся придонными течениями по всей площади нынешних скоплений лечебных илов. При этом переносятся и сульфатредуцирующие бактерии, поэтому процесс преобразования минерального состава илов идет постоянно. В придонном слое раннего диагенеза продолжается генерация сероводорода и новообразованного метана за счет автотонного и аллохтонного растительного и животного материала. Текущие процессы формирования лечебных грязей отражаются в составе иловых вод. В очаге генерации сульфидов и глини формируются гидрокарбонат-хлоридные иловые

воды. В переотложенных сульфидных илах происходит окисление гидротроилита, иловые воды обогащаются сульфатами до преобразования состава в хлоридно-сульфатный (см. рис. 3).

Не исключено, что особенности формирования лечебных грязей отражаются на их составе. На эти свойства влияют и сезонные процессы замерзания и оттаивания придонного слоя грязей. Возможны изменения окислительно-восстановительного потенциала при образовании сплошного ледового покрова на прибрежных водоемах. Об этом свидетельствует единичный факт обнаружения отрицательно-температурного раствора в придонном слое в скоплении на Ольском лимане. Считаем, что, искусственно инициируя этот процесс, на побережье Охотского моря можно получать грязи с иловыми рассолами – аналогами грязи Мертвого моря (Гловтов, 2020).

Выполненное исследование позволяет отнести скопления сульфидных илов к своеобразному показателю нефтегазоносности аквальных и субаэральных фрагментов ОБ. Установленный факт замерзания придонного слоя илов на литорали побережья Ольского лимана позволяет считать экологически наиболее благоприятным временем добычи лечебных илов январь – апрель, когда в бухтах, лагунах и лиманах формируется ледовый покров толщиной более 1 м. Ко времени вскрытия льда на водоемах (начало мая) вода в них очистится от примесей, так как процесс извлечения сульфидных илов на химическом составе воды и грязей практически не изменится.

ВЫВОДЫ

Подводя итог имеющимся данным о составе и условиях залегания скоплений сульфидных иловых грязей на побережье Тауйской губы Охотского моря, обоснованию генетической связи этих скоплений с возможно нефтегазоносными структурами Ямско-Тауйского ОБ и сведений о наиболее экологически безопасных условиях их эксплуатации, можно сделать несколько выводов:

1) основной вклад в формирование скоплений сульфидных иловых грязей на морском побережье вносят сульфатредуцирующие бактерии, метаболизм которых основан на окислении метана, мигрирующего из недр Ямско-Тауйского ОБ. Сульфатредукция, происходящая за счет преобразования ОБ современных отмерших растений и животных, играет вспомогательную роль;

2) установлены признаки современного преобразования породообразующих минералов в глинистые при участии сульфатредуцирующих бактерий (возможно и других) в толще алевропелитовых донных скоплений;

3) формирование скоплений лечебных грязей на литорали и днище водоемов Тауйской губы в местах взаимодействия моря с возможно нефтегазоносными и угленосными впадинами Ямско-Тауйского ОБ позволяет отнести к перспективным на обнаружение сульфидных грязей морские побережья в пределах структур Гижигинского и Западно-Камчатского ОБ. Перспективными на лечебные грязи могут быть также участки побережья Берингова моря в зоне взаимодействия с Хатырским, Беринговским, Анадырским ОБ, а также побережье арктических морей в зоне взаимодействия с Чаунским и Лонго-Чукотским ОБ. Вместе с тем существование скоплений сульфидных илов у морских побережий или в составе донных отложений является одним из надежных признаков нефтегазоносности этих бассейнов;

4) добыча лечебных грязей в бухтах, лагунах и лиманах экологически безопасна во второй половине холодного периода года – с января по апрель, с тем чтобы к началу нерестового подхода лососевых рыб водоемы были свободны от технических средств, вода очищена от механических примесей.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарит Л. П. Глотову за помощь в подборе фактического материала и оформлении рукописи статьи, д. г.-м. н. Н. Е. Савву – за минералогическое изучение алевроитов и пелитов, к. г.-м. н. Т. В. Матросову и к. г.-м. н. А. В. Ложкина – за анализ гранулометрического состава и диатомовых водорослей сульфидных грязей Янской лагуны и Ольского лимана.

ЛИТЕРАТУРА

Ващилов Ю. Я., Глотов В. Е. Геолого-геофизические и геохимические предпосылки нефтегазоносности мезо-кайнозойских осадочных бассейнов в Примагаданье // Проблемы экономики и народонаселения : материалы регион. науч. конф. Магадан : Северовостокзолото, 1998. Т. 1. С. 34–35.

Гальцева Н. В. Предпосылки реструктуризации экономики Магаданской области / отв. ред. Н. А. Горячев. Москва : КомКнига, 2009. 322 с.

Гарькуша Д. Н., Федоров Ю. А., Андреев Ю. А., Табиева Н. С., Михайленко О. А. Метан и сульфидная сера в донных отложениях озера Байкал // Геохимия. 2019. Т. 64, № 4. С. 427–439.

Глотов В. Е. Гидрогеология осадочных бассейнов Северо-Востока России. Магадан : Кордис, 2009. 232 с.

Глотов В. Е. Природные воды Северо-Востока России как перспективный товар для международ-

ного рынка // Экология и развитие общества. 2020. № 2–3 (33). С. 65–73.

Глотов В. Е., Глотова Л. П. Возможности местной базы бальнеологических ресурсов для становления фармацевтической промышленности // Проблемы формирования инновационной экономики региона : материалы науч.-практ. конф. Магадан : Фабрика печати, 2010. С. 145–149.

Глотов В. Е., Глотова Л. П. Роль подземных вод в формировании стока рек Примагаданского шельфа // Криосфера Земли. 2012. Т. 16, № 4. С. 57–66.

Глотов В. Е., Глотова Л. П., Прусс Ю. В., Митрофанов И. Д. Минеральные воды и лечебные грязи Примагаданья как основа для производства бальнеологической продукции // Проблемы формирования инновационной экономики региона : материалы II науч.-практ. конф. (Магадан, декабрь 2011 г.). Москва : Перо, 2012. С. 49–54.

Глотов В. Е., Москвин Я. Г., Костылев Е. Н. О связи сульфидного телетермального оруденения с битуминозностью на примере Корякско-Камчатской складчатой области Северо-Востока СССР // Литология и полезные ископаемые. 1969. № 6. С. 121–123.

Горбаренко С. А., Цой И. Б., Астахов А. С., Артемова А. В., Гвоздева И. Г. Изменение палеосреды северного шельфа Охотского моря в голоцене // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2007. Т. 15, № 6. С. 110–125.

Гревцев А. В., Глотов В. Е., Глотова Л. П., Соинская С. М. Прогнозные ресурсы углеводородного сырья шельфа // Ландшафты, климат и природные ресурсы Тауйской губы Охотского моря / науч. ред. И. В. Черешнев. Владивосток : ДВО РАН, 2006. С. 477–494.

Гурский А. Ю. Химический состав и процессы метаморфизации иловых вод Черного моря // Система Черного моря. Москва : Научный мир, 2018. С. 473–542.

Добровольский А. Д., Залогин Б. С. Моря СССР. Москва : МГУ, 1982. 192 с.

Доклад об экологической ситуации в Магаданской области в 2019 году. Министерство природных ресурсов Магаданской области. Магадан, 2020. GOS-DOKLAD 2019-1pdf.

Иванов В. В., Гревцев А. В., Щербань О. В. Седиментиты осадочных бассейнов Северо-Восточной Азии. Москва : Наука, 1988. 168 с.

Конторович А. Э., Каширцев В. А., Москвин В. И., Буриштейн Л. М., Земская Т. И., Костырева Е. А., Калмычков Г. В., Хлыстов О. М. Нефтегазоносность отложений озера Байкал // Геология и геофизика. 2007. № 12. С. 1346–1356.

Креббин-Бэйли Дж., Харрингтон Д., Харкан Д. SPA-терапия в индустрии красоты. Методика процедур, эксплуатация оборудования, программы обучения SPA-менеджменту. Москва : РИПОЛ классик, 2006. 303 с.

Кулаков В. В., Сидоренко С. В. Минеральные воды и лечебные грязи Приамурья. Хабаровск : ДВГМУ, 2017. 474 с.

Лапо А. В. Следы былых биосфер, или Рассказ о том, как устроена биосфера и что осталось от биосфер геологического прошлого. Москва : Знание, 1987. 208 с.

Леин А. Ю. Метан сипов, грязевых вулканов и газогидратов в Черном море // Система Черного моря / науч. ред. акад. А. П. Лисицын. Москва : Научный мир, 2018. С. 671–676.

Методические указания. Критерии оценки качества лечебных грязей при разведке, использовании и их охране / сост. Л. С. Михеева, Я. А. Требухов. Москва : Минздрав РСФСР, 1987. 24 с.

Мурадов С. В. Экологические и микробиологические особенности формирования и состояния лечебных грязей : автореф. дис. ... д. б. н. Томск, 2014. 43 с.

Наймарк Е. М., Ерощев-Шак В. А., Чижикова Н. П., Компанцева Е. И. Взаимодействие глинистых минералов с микроорганизмами: обзор экспериментальных данных // Журнал общей биологии. 2007. Т. 70, № 2. С. 155–167.

Попов Г. Г. Уголь // Геология СССР. Т. 30. Северо-Восток СССР. Москва : Недра, 1983. С. 113–149.

Справочник гидрогеолога / под общ. ред. М. Е. Альтовского. Москва : Госгеолтехиздат, 1962. 616 с.

Тихменев Е. А., Частухина С. А. Пищевые и лекарственные растения флоры Магаданской области. Магадан : СВГУ, 2011. 105 с.

Ушаков М. В. Некоторые сигналы современного глобального потепления в Магаданской области и в Охотском море // Колымские ВЕСТИ. 2001. № 12. С. 34–40.

Фотиев С. М. Подземные воды криогенной области России (классификация) // Криосфера Земли. 2013. Т. 17, № 2. С. 41–59.

Шеина Н. Е., Шейн А. А., Кузьмина В. Ф., Ведекин Д. А., Кершенгольц Б. М. Возобновляемое биосырье

Якутии: состав, свойства, биотехнологические аспекты переработки (обзор). Ч. 1. Разработки на основе животного сырья // Наука и образование. 2011. № 4. С. 59–64.

Ehrlich H. L. Geomicrobiology. New York : Marcel Dekker, Inc., 1996. 719 p.

АРХИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Аржановская В. И., Слаква Н. Г., Тюрин В. В., Ведерникова Т. А., Суцких П. И. Отчет по комплексному гидрогеологическому и инженерно-геологическому картированию масштаба 1:200 000 территории листа О-56-П, 1990 г. ФГУ, Магаданский территориальный фонд геологической информации.

Глотов В. Е., Глотова Л. П. Отчет «Гидрогеологическое изучение побережья Амахтонского залива и залива Шельтинга Охотского моря для оценки потенциала бальнеологических ресурсов» (Государственный контракт № 02/оцп-89 от 08.09.2009 г.). 2009 г. ФГУ, Магаданский территориальный центр геологической информации.

Корольков В. Е., Королькова А. М. Отчет о результатах геологической съемки масштаба 1: 200 000 и поисков месторождений полезных ископаемых в бассейне р. Кава, листы О-56-IV, -X. 1992 г. Магаданский территориальный центр геологической информации.

Перепанов В. М., Малкова С. Б. Отчет о детальной разведке лечебных грязей в районе Мотыклейских минеральных источников Магаданской области в 1968 г. 1969 г. Т. 3. Магаданский территориальный центр геологической информации.

Поступила в редакцию 17.01.2022 г.

Поступила после доработки 24.01.2022 г.

THERAPEUTIC MUD ON THE TAUYSK BAY COAST, SEA OF OKHOTSK

V. E. Glotov

North-East Interdisciplinary Scientific Research Institute n. a. N. A. Shilo, FEB RAS, Magadan

The article describes the results of studying the conditions of occurrence and composition of sulphide muds on the coast of the Tauysk Bay in the Sea of Okhotsk. Bacterial oxidation of methane, that migrated from the depths of aquatic sedimentary basins (catagenetic methane), plays a leading role in the formation of sulfide silty pelites. A genetic relationship was noted between the accumulations of therapeutic mud on the Tauysk Bay coast and possibly oil-and-gas- and coal-bearing depressions in the Yama-Tauy sedimentary basin. An environmentally safe method of extracting muds from the ice of reservoirs in the cold season is recommended.

Keywords: Sea of Okhotsk, sulphide-silt mud, silt water, sedimentary basin, methane migration, sulfate reduction, oil and gas potential.

REFERENCES

- Crebbin-Bailey, J., Harrington, J., Harcup, J., 2006. SPA-Therapy in the Beauty Industry. Moscow, Ripol Classic [In Russian].
- Dobrovolsky, A. D., Zalogin, B. S., 1982. Seas of the USSR. Moscow, Lomonosov Moscow State University [In Russian].
- Ehrlich, H. L., 1996. Geomicrobiology. New York, Marcel Dekker, Inc.
- Fotiyev, S. M., 2013. Underground Waters of Russia's Cryogenic Area (Classification), *Earth's Cryosphere*. 17, 2, 41–59 [In Russian].
- Galtseva, N. V., 2009. Preconditions for Restructuring the Economy of Magadan Oblast. Moscow, KomKniga [In Russian].
- Gar'kusha, D. N., Fyodorov, Yu. A., Andreev, Yu. A., Taibiyeva, N. S., Mikhaylenko, O. A., 2019. Methane and Sulfide Sulfur in Lake Baikal Bottom Sediments, *Geochemistry International*. 64, 4, 427–439 [In Russian].
- Glotov, V. E., 2009. Hydrogeology of Sedimentary Basins in the North-East of Russia. Magadan, Kordis [In Russian].
- Glotov, V. E., 2020. Natural Waters of the North-East of Russia as a Promising Product for the International Market, *Ecology and Development of Society*. 2–3 (33), 65–73 [In Russian].
- Glotov, V. E., Glotova, L. P., 2010. Possibilities of the Local Base of Balneological Resources for the Formation of the Pharmaceutical Industry, *Problems of the Innovative Economy Formation in the Region, Materials of Scientific and Practical Conference*. Magadan. 145–149 [In Russian].
- Glotov, V. E., Glotova, L. P., 2012. Role of Groundwaters in the Formation of the Magadan Shelf Rivers Run-off, *Earth's Cryosphere*. 16, 4, 57–66 [In Russian].
- Glotov, V. E., Glotova, L. P., Pruss, Yu. V., Mitrofanov, I. D., 2012. Mineral Waters and Therapeutic Muds in Primagadanye as a Basis for Balneological Production, *Problems of Formation of the Innovative Economy of the Region: Materials of 2nd Scientific and Practical Conference (Magadan, December 2011)*. Moscow, Pero. 49–54 [In Russian].
- Glotov, V. E., Moskvina, Ya. G., Kostylev, E. N., 1969. On the Relationship of Sulfide Telethermal Mineralization with Bituminosity Exemplified by the Koryak-Kamchatka Folded Area in the North-East of the USSR, *Lithology and Mineral Resources*. 6, 121–123 [In Russian].
- Gorbarenko, S. A., Tsoy, I. B., Astakhov, A. S., Artemova, A. V., Gvozdeva, I. G., 2007. Changes in the Paleoenvironment of the Sea of Okhotsk Northern Shelf in the Holocene, *Stratigraphy and Geological Correlation*. 15, 6, 110–125 [In Russian].
- Grevtsev, A. V., Glotov, V. E., Glotova, L. P., Soinskaya, S. M., 2006. Forecast Hydrocarbon Resources of the Shelf, Ed. I. V. Chereshev, *Landscapes, Climate and Natural Resources of the Tavy Bay of the Sea of Okhotsk*. Vladivostok, FEB RAS, 477–494 [In Russian].
- Gursky, A. Yu., 2018. Chemical Composition and Metamorphization Processes in the Black Sea Silt Waters, *System of the Black Sea*. Moscow, Scientific World. 473–542 [In Russian].
- Handbook of a hydrogeologist, 1962, Ed. M. E. Altovskiy. Moscow, Gosgeoltekhizdat [In Russian].
- Ivanov, V. V., Grevtsev, A. V., Shcherban, O. V., 1988. Sedimentation of Sedimentary Basins in Northeast Asia. Moscow, Nauka [In Russian].
- Kontorovich, A. E., Kashirtsev, V. A., Moskvina, V. I., Burshtein, L. M., Zemskaya, T. I., Kostyreva, E. A., Kalmychikov, G. V., Khlystov, O. M., 2007. Oil and Gas Potential of Lake Baikal Deposits, *Russian Geology and Geophysics*. 12, 1346–1356 [In Russian].
- Kulakov, V. V., Sidorenko, S. V., 2017. Mineral Waters and Therapeutic Muds in Priamurye. Khabarovsk, Far-Eastern State Medical University [In Russian].
- Lapo, A. V., 1987. Traces of Former Biospheres or the Story about How the Biosphere Works and What Remains of the Biospheres of the Geological Past. Moscow, Znaniye [In Russian].
- Lein, A. Yu., 2018. Methane from Seeps, Mud Volcanoes, and Gas Hydrates in the Black Sea, *Black Sea System*, Ed. Academician A. P. Lisitsyn. Moscow, Scientific World. 671–676 [In Russian].
- Methodological Instructions: Criteria for Assessing the Quality of Therapeutic Mud during Exploration, Use and Protection, 1987. Compiled by L. S. Mikheyeva, Ya. A. Trebukhov. Moscow, Minzdrav RSFSR [In Russian].
- Muradov, S. V., 2014. Ecological and Microbiological Features of the Formation and State of Therapeutic Muds: Avtoref. Dis. Doktora Biol. Nauk. Tomsk [In Russian].
- Naymark, E. M., Yeroshchev-Shak, V. A., Chizhikova, N. P., Kompantseva, E. I., 2007. Interaction of Clay Minerals with Microorganisms: Experimental Data Review, *Zhurnal Obshchei Biologii*. 70, 2, 155–167 [In Russian].
- Popov, G. G. Coal, *Geology of the USSR*, 30. North-East of the USSR. Moscow, Nedra. 113–149 [In Russian].
- Report on the Environmental Situation in Magadan Oblast in 2019. Ministry of Natural Resources of Magadan Oblast. Magadan, 2020. URL: https://minprirod.49gov.ru/common/upload/23/editor/file/GOSDOKLAD_2019_1.pdf
- Sheina, N. E., Shein, A. L., Kuzmina, V. F., Vedekind, V. A., Kershengolts, B. M., 2011. Renewable Biological Materials in Yakutia: Composition, Properties, Biotechnological Aspects of Processing (Review). Part 1. Developments Based on Animal Stock, *Science and Education*. 4, 59–64 [In Russian].
- Tikhmenev, E. A., Chastukhina, S. A., 2011. Food Plants and Medical Herbs in the Flora of Magadan Oblast. Magadan, North-Eastern State University [In Russian].
- Ushakov, M. V., 2001. Some Signals of the Current Global Warming in Magadan Oblast and the Sea of Okhotsk, *Kolymskiye VESTI*. 12, 34–40 [In Russian].
- Vashchilov, Yu. Ya., Glotov, V. E., 1998. Geological, Geophysical, and Geochemical Preconditions for the Oil and Gas Potential of the Meso-Cenozoic Sedimentary Basins in Primagadanye, *Problems of Economics and Population, Materials of the Regional Scientific Conference*. Magadan, Severovostokzoloto. 1, 34–35 [In Russian].