

УДК 551.234(571.642)

АМУРСКИЕ ТЕРМАЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ (ОСТРОВ САХАЛИН)**¹Жарков Р.В., ¹Козлов Д.Н., ¹Веселов О.В., ¹Ершов В.В., ²Сырбу Н.С., ¹Никитенко О.А.**¹*ФГБУН «Институт морской геологии и геофизики» ДВО РАН, Южно-Сахалинск, e-mail: rafael_zharkov@mail.ru;*²*ФГБУН «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва» ДВО РАН, Владивосток*

Представлены результаты исследований современных физико-химических свойств термальных вод Амурских источников на острове Сахалин, полученные в ходе полевых исследований в марте 2017 г. и августе 2018 г. По сравнению с единственными имеющимися до настоящего времени данными 1953 г., существенных изменений физико-химических свойств гидротерм не произошло. На 500-метровом участке поймы реки, как и в 1953 г., можно выделить несколько обособленных групп термальных источников с температурой 18–30,2 °С. По химическому составу гидротермы относятся к щелочным, пресным, гидрокарбонатно-хлоридным натриевым. Дебит отдельных источников небольшой, в потоках тёплой воды развиваются сине-зеленые нитчатые водоросли. В термальных источниках и со дна реки наблюдаются интенсивные выходы газов, состоящих преимущественно из метана (85–87%). Результаты физико-химических исследований позволили провести оценку перспективности использования термальных вод в бальнеотерапии. Физико-химические свойства воды и суммарный дебит Амурских термальных источников, оцененный примерно в 80000 литров в сутки, предполагает возможность их практического использования в бальнеотерапии. По аналогии с Майкопскими минеральными водами показания к внутреннему применению Амурских гидротерм могут включать болезни желудочно-кишечного тракта, болезни обмена веществ, болезни мочевыводящих путей. Наружное применение в настоящее время невозможно из-за невысокой температуры и дебита гидротерм. В будущем, при условии бурения скважин, гидротермы при наружном (бальнеологическом) применении можно будет использовать по аналогии с Горячинским типом кремнистых термальных вод при лечении и профилактике широкого спектра заболеваний.

Ключевые слова: термальные воды, геохимические особенности, остров Сахалин**AMURSKY HOT SPRINGS (SAKHALIN ISLAND)****¹Zharkov R.V., ¹Kozlov D.N., ¹Veselov O.V., ¹Ershov V.V., ²Syrbu N.S., ¹Nikitenko O.A.**¹*Institute of Marine Geology and Geophysics Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Yuzhno-Sakhalinsk, e-mail: rafael_zharkov@mail.ru;*²*Pacific Oceanological Institute named V.I. Ilyichev Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok*

The results of studies of the modern physico-chemical properties of the thermal waters of Amursky springs in Sakhalin Island, obtained during the field studies in March 2017 and August 2018, are presented. Comparing the only data, having at present time and available to 1953, there are no significant changes in the physico-chemical properties of the hydrotherms. On the 500-meter section of the floodplain of the river, as in 1953, there are several distinct groups of thermal springs with a temperature of 18–30.2 °C. According to the chemical composition the hydrotherms are divided to alkaline, fresh, hydro-carbonate-sodium chloride waters. The yield of separated springs is small; blue-green filamentous algae develop in springs of warm water. In the thermal springs and from the bottom of the river, the intense outflows of gases are observed, consisting mainly of methane (85–87%). The results of physico-chemical studies allowed to do the assessment of the prospects for the use of thermal waters in balneotherapy. The physico-chemical properties of water and the total yield rate of the Amursky thermal springs, estimated at about 80,000 liters per day, suggest the possibility of their practical use in balneotherapy. By analogy with the Maykop mineral waters, for Amursky hydrotherms can be used for the internal use in the cases of gastrointestinal diseases, metabolic diseases, diseases of the urinary tract. External use is currently not possible due to the low temperature and yield rate of hydrothermal springs. In the future, when wells are drilled, the hydrothermal waters for external (balneological) application can be used by analogy with the Goryachinsky type of siliceous thermal waters in the treatment and prevention of a wide range of diseases.

Keywords: thermal waters, geochemical features, Sakhalin Island

Наиболее известные и крупные термальные источники на острове Сахалин распространены на севере (Дагинские и Лунские термальные источники), небольшие термопроявления расположены в долинах рек Паромай, Агнево, Тавда (Лесогорские термальные источники), Приточная и Амурская (рисунок, а). Рассматриваемые в данной работе Амурские термальные

источники расположены на полуострове Крильон (юго-запад о. Сахалин), в средней части долины р. Амурская, в 7,5 км от побережья Татарского пролива.

Осадочный комплекс юго-западного Сахалина сложен формациями от позднего мела до плиоцена. Он подразделяется стратиграфически на свиты в порядке уменьшения геологического возраста: синегорскую,

снежинкинскую, краснопольевскую, такарадайскую, аракайскую, холмскую, невелискую, верхнедуйскую, курасийскую. Амурские термальные источники (рисунок, б) приурочены к раннемиоценовой невелиской свите (N_1nv), разрез которой представлен чередованием кремнистых туфоалевролитов и аргиллитов, туффилов, туфосодержащих пород, образующих трансгрессивные ритмы [1–3].

Из-за труднодоступности Амурские термальные источники практически не известны. В научной и фондовой литературе, посвященной термальным и минеральным водам Сахалина, о них есть сведения только в начале 1950-х гг. [4]. О современном состоянии Амурских термальных источников до настоящего времени никаких данных не публиковалось. Обследования Амурских термальных источников авторами проводились в марте 2017 г. и августе 2018 г. Кроме этого, были попытки обнаружить эти источники в 2014–2015 гг. В разные годы в полевых выездах в район исследований принимали участие сотрудники ИМГиГ ДВО РАН Р.В. Жарков, Д.Н. Козлов, И.М. Климанцов, сотрудники ДВГИ ДВО РАН Г.А. Челноков, И.В. Брагин, а также группа туристов «Отряд Бальбоа» под руководством Д.П. Голубкова. Основной целью исследований было выявление современных физико-химических особенностей термальных вод и оценка перспектив их использования в бальнеотерапии. Для выполнения поставленной цели для двух наиболее представительных термальных источников был проведен химический анализ воды. В основном термальном источнике и в русле реки был определен состав свободно выделяющихся со дна газов. Подобный комплекс исследований химического и газового состава был выполнен на других проявлениях термальных и минеральных вод острова Сахалин [5–8].

Материалы и методы исследования

В ходе полевых исследований проводились определения основных физико-химических параметров термальных вод (рН, температура), производился отбор проб газов, термальных вод источников. Анализы газов выполнены на газовом хроматографе «Кристаллюкс-4000М» с детекторами ионизации в пламени и теплопроводности, и портативном газовом хроматографе «Газохром-2000». Методики газогеохимических исследований закреплены в Паспорте лаборатории газогеохимии ПС 1.047-18,

утвержденном свидетельством Росстандарта № 41 от 17.09.2018 (лаборатория газогеохимии ТОИ ДВО РАН, г. Владивосток). Анализ химического состава водных проб проводился в Центре коллективного пользования ИМГиГ ДВО РАН. Содержание Li^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , F^- , Cl^- , Br^- , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} определялось методом ионной хроматографии на высокоэффективном жидкостном хроматографе LC-20 Prominence с кондуктометрической ячейкой (Shimadzu, Япония). Содержание неорганического углерода (IC – inorganic carbon) и общего азота (TN – total nitrogen) определялось на анализаторе углерода TOC-L CSN с приставкой TNM-L для определения общего азота (Shimadzu, Япония). Принцип действия анализатора основан на каталитическом окислении компонентов, содержащих углерод и азот, при нагревании с последующим детектированием образовавшегося диоксида углерода с помощью недисперсионного инфракрасного детектора, а оксида азота – с помощью хемиллюминесцентного детектора. Водные пробы при этом предварительно очищались с помощью мембранных фильтров (0,45 мкм). Концентрация HCO_3^- и CO_3^{2-} определялась титриметрическим методом с визуальной индикацией конечной точки титрования. Для измерения водородного показателя использовался портативный рН-метр WTW 3110 ProfiLine.

Результаты исследования и их обсуждение

Амурские термальные источники расположены в долине одноименной реки. Выходы воды сопровождаются бурным выделением газа, наблюдаются как на правом, так и на левом берегу реки, почти у самого уреза воды. По сохранившимся японским данным, здесь в 1935 г. была пробурена скважина, которая на глубине 700 м вскрыла газоносный горизонт. При обследовании источников В.В. Ивановым в 1953 г. [4] установить точное местоположение японской скважины не удалось. Вероятно, ствол этой скважины служит каналом для подъема гидротерм с глубины порядка 700 м. Сопоставляя повышенную температуру воды источников (26–28 °С) с температурой слоя постоянной годовой температуры района (6–7 °С) и принимая геотермический градиент, равный среднему значению 28,6–30 °С/км, следует предположить, что вода Амурских термальных источников поднимается именно с глубин порядка 700–750 м.

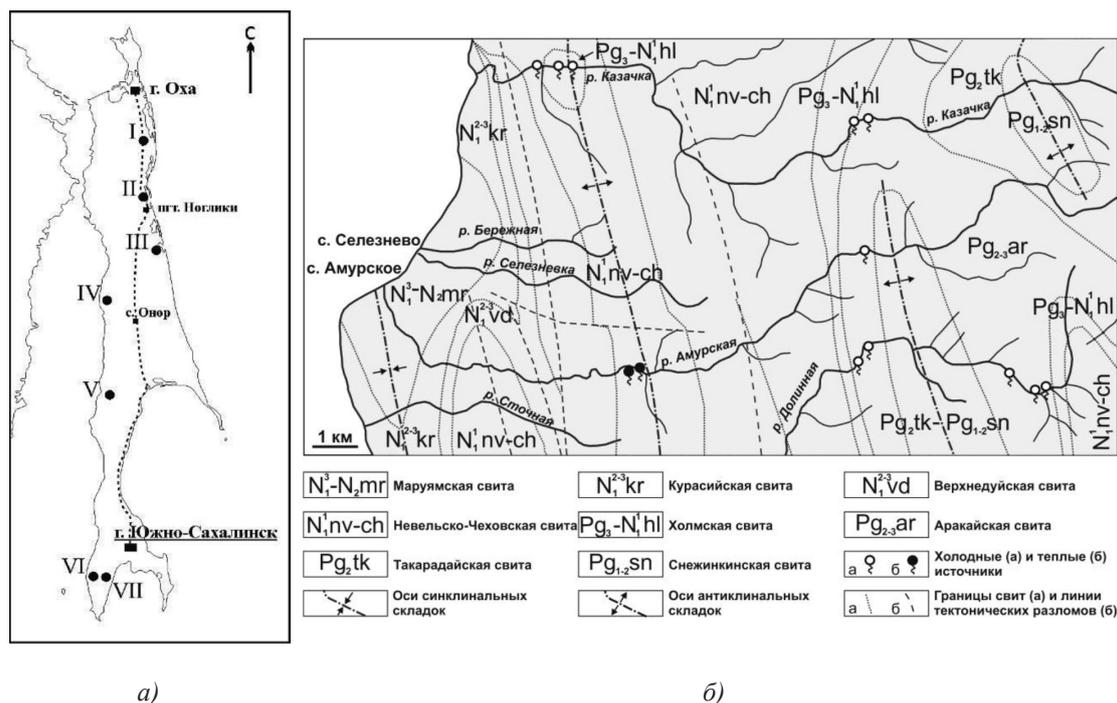


Схема термоявлений и месторождений термоминеральных вод о. Сахалин (а) и геологическая схема (по [1, 2], с дополнениями) западной части п-ва Крильон (б). Цифрами на схеме (а) показаны группы термальных источников: I – Паромайские; II – Дагинские; III – Лунские; IV – Агневские; V – Лесогорские; VI – Амурские; VII – Приточные

В своих описаниях 1953 г. В.В. Иванов отмечает в долине р. Амурская два тёплых источника и многочисленные выходы газа в русле реки. Ниже приводится описание источников по В.В. Иванову [4]. Источник № 1 расположен на правом берегу р. Амурской, в 1 м от уреза воды. Термы выходят в виде двух грифонов из каналобразных отверстий в суглинистых отложениях у первой речной террасы высотой около 1,5 м. Основной грифон каптирован досками в виде деревянного желобка. Вода источника теплая, прозрачная, с легким запахом и привкусом сероводорода. Присутствие его подтверждено также наличием характерных нитевидных студенистых осадков серы желтовато-белого цвета. Температура воды основного грифона в 1953 г. составляла 26,5 °С, дебит источника примерно 0,5 л/с. По химическому составу термы источника относятся к пресным (минерализация около 0,4 г/л), щелочным (рН 8,4) гидрокарбонатно-хлоридным натриевым (табл. 1). В источнике и в русле реки в 2–3 м от него наблюдаются интенсивные выделения пузырьков газа, состоящего преимущественно из метана (табл. 2). Источник № 2 отмечался на левом берегу р. Амурской напротив источника № 1 в пой-

ме реки, в 2 м от ее русла. Вода выходила из суглинисто-галечниковых аллювиальных отложений. В источнике наблюдались бурные выделения пузырьков газа. Температура воды в 1953 г. составляла 23 °С, дебит незначительный. В 10 м от источника № 2, ниже по течению реки, в русле её (у левого берега) также были видны многочисленные выходы газа. Вода термального источника гидрокарбонатно-хлоридная, натриевая, щелочная. Газ состоит в основном из метана (80–85 %) и содержит в небольшом количестве примесь азота. Сероводород в воде не обнаружен.

В настоящее время Амурские термальные источники, как и 65 лет назад, расположены в пойме р. Амурская. По результатам обследования 2017–2018 гг. можно выделить термальный источник № 1, соответствующий описанию В.В. Иванова [4]. Источник № 1 на правом берегу реки, в 2–3 м от уреза воды (в летнюю межень) представляет собой сплошной выход терм вдоль реки на протяжении нескольких метров. Два основных выхода гидротерм расположены у подошвы первой речной террасы. Один выход характеризуется более значительным дебитом, температура воды в марте 2017 г. составляла 28,3 °С,

в августе 2018 г. достигала 30 °С. В русле этого выхода обильно развиты сине-зеленые нитчатые водоросли с отложениями желтовато-белой серы. По химическому составу гидротермы этого выхода относятся к щелочным, пресным, гидрокарбонатно-хлоридным натриевым (табл. 1). Ближе к урзу реки находится ещё один выход гидротерм, представленный воронкой диаметром 80 см и глубиной 30 см, со дна воронки идёт интенсивное выделение газов. В газовом составе этого выхода (табл. 2) преобладают метан (87%), гелий (10%) и азот (5%). Температура воды в воронке в августе 2018 г. достигала 30,2 °С, а в марте 2017 г. воронка была полностью залита речной водой. На правом берегу реки, в нескольких метрах восточнее и западнее источника № 1, также отмечаются малодобитные выходы гидротерм с выделением газов, в потоках тёплой воды развиваются сине-зеленые нитчатые водоросли. Со дна реки в районе этой группы термальных выходов, как и 65 лет назад, наблюдаются интенсивные выходы газов.

Источник № 2, описанный В.В. Ивановым [4] на левом берегу реки, нами не обнаружен. Возможно, в связи с небольшим смещением русла реки, о чём свидетельствует сильный подмыв левобережной первой речной террасы, в настоящее время он находится под речной водой.

На левом берегу, в 500 м ниже по течению от источника № 1, обнаружены дисперсные выходы термальных вод, которые условно можно обозначить как источник № 3. Эти гидротермы не были описаны в 1953 г. В.В. Ивановым. Воды с температурой 18–20 °С выходят из-под первой речной террасы и аллювиальных отложений поймы реки на протяжении примерно 10 м вдоль русла реки. Дебит незначительный, в воде развиты сине-зеленые нитчатые водоросли. По химическому составу гидротермы источника № 3 аналогичны водам источника № 1 и относятся к щелочным, пресным, гидрокарбонатно-хлоридным натриевым (табл. 1). В районе источника № 3 в русле реки есть несколько выходов газов, преимущественно состоящих из метана (табл. 2).

Таблица 1

Химический состав Амурских термальных источников (в мг/л)

	Ист. № 1 (Иванов, 1954; 01.10.1953 г.)	Ист. № 1 (25.03.2017 г.)	Ист. № 3 (25.03.2017 г.)
T, °C	26,5	28,3	18,0
pH	8,4	9,3	9,2
Na ⁺	148,3	166	205
K ⁺	–	0,3	0,4
Ca ²⁺	9,4	0,4	0,3
Mg ²⁺	3,6	< 0,2	< 0,2
Cl ⁻	135,8	122	152
SO ₄ ²⁻	2,0	0,4	0,7
NO ₃ ⁻	–	< 0,05	< 0,05
HCO ₃ ⁻	12,2	92,0	136,0
CO ₃ ²⁻	96,0	66,0	80,0
Br ⁻	5,0	0,4	0,5
F ⁻	–	6,2	6,1
Li ⁺	–	< 0,005	< 0,005
IC	–	25,0	43,0
TN	–	0,4	0,5

Таблица 2

Состав свободно выделяющихся газов в термальных источниках и русле реки Амурская (%)

	CO ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈
Ист. № 1 (Иванов, 1954; 01.10.1953 г.)	0,52	0,83	13,00	85,00	–	–
Ист. № 1 (25.03.2017 г.)	0,006	0,41	5,00	87,05	0,018	0,00012
Русло реки у ист. № 3 (25.03.2017 г.)	0,487	0,45	6,92	84,61	0,014	0,00003

Физико-химические свойства воды и суммарный дебит Амурских источников, оцененный примерно в 80000 литров в сутки, предполагает возможность их практического использования в бальнеотерапии. Специальных бальнеологических оценок данных гидротерм предшествующими исследователями не проводилось [9], поэтому одной из задач исследований было выяснение этих особенностей. Амурские термальные источники схожи по физико-химическим характеристикам с Агневскими термальными источниками [4], обследованными также нами в 2014 г. [7], поэтому бальнеологические особенности у них будут аналогичными. Согласно ГОСТ Р 54316-2011 [10] Амурские гидротермы, как и Агневские термальные воды, можно отнести к Горячключевскому № 1 гидрохимическому типу питьевых лечебно-столовых вод I гидрокарбонатной натриевой группы. По аналогии с Майкопскими минеральными водами этого типа [10] показания к внутреннему применению Амурских вод могут быть весьма широкими. Термальные воды можно использовать по назначению врача при болезнях пищевода, хроническом гастрите с нормальной и повышенной секреторной функцией желудка, язвенной болезни желудка и 12-перстной кишки, при болезнях кишечника, печени, желчного пузыря и желчевыводящих путей, поджелудочной железы, при нарушениях органов пищеварения после оперативных вмешательств, болезнях обмена веществ, болезнях мочевыводящих путей. При наружном (бальнеологическом) применении Амурских термальных вод аналогом может являться Горячинский тип кремнистых термальных вод. Эти воды рекомендуется использовать в виде ванн при болезнях системы кровообращения, болезнях нервной системы, болезнях эндокринной системы, расстройстве питания и нарушения обмена веществ (ожирение алиментарное), при болезнях мочеполовой системы, болезнях кожи.

В современных условиях наружное применение Амурских термальных вод практически невозможно, так как у них небольшой дебит, относительно низкая температура (18–30 °С) и близкое расположение к урзу реки (в период половодья и паводков они затапливаются речной водой). При бурении в этом районе скважин глубиной 700–1000 м с выводом на поверхность тёплых вод здесь возможно создать условия для комфортного наружного бальнеологического применения. Для внутреннего лечебного применения в настоящее время есть все необходимые ус-

ловия. Стоит отметить, что для правильного внутреннего и наружного использования Амурских гидротерм в дальнейшем необходимы комплексные экспериментально-клинические испытания под руководством специалистов аккредитованных организаций, на Дальнем Востоке такой организацией является [9] Владивостокский филиал ФГБУ ДНЦ ФПД СО РАМН – НИИ МКВЛ.

Заключение

На сегодняшний день Амурские термальные источники на острове Сахалин практически не известны и не используются из-за их труднодоступности. За последние 65 лет физико-химические особенности термальных вод не претерпели существенных изменений: источники относятся к тёплым (18–30 °С), щелочным, пресным, гидрокарбонатно-хлоридным натриевым водам. Возросшая в последние годы экономическая деятельность в нижней части долины р. Амурская, связанная с разработкой и добычей открытым способом угля, нанесла реке значительный урон. Из-за многочисленных оползней и механического изменения русла реки происходит подпруживание и затопление большой территории поймы, загрязнение воды взвешенными частицами стало преградой для нереста лососевых в этой нерестовой реке. С другой стороны, активная экономическая деятельность будет способствовать развитию инфраструктуры и общей транспортной доступности района, что впоследствии может привести к появлению в этом живописнейшем месте бальнеотерапевтического комплекса для внутреннего и наружного применения гидротерм. Данные термальные воды имеют широкий спектр показаний к наружному и внутреннему бальнеотерапевтическому применению. Отличительной особенностью Амурских термальных источников являются, по сравнению, например, с известными и посещаемыми Дагинскими термальными источниками на севере Сахалина, благоприятные климатические условия и окружающие низкогорные ландшафты с елово-пихтовой тайгой.

Список литературы / References

1. Мельников О.А. История формирования структуры Южного Сахалина в палеогене и неогене. М.: Наука, 1970. 170 с.
- Melnikov O.A. The history of the formation of the structure of South Sakhalin in the Paleogene and Neogene. M.: Nauka, 1970. 170 p. (in Russian).
2. Гладенков Ю.Б., Баженова О.К., Гречин В.И., Маргулис Л.С., Сальников Б.А. Кайнозой Сахалина и его нефтегазоносность. М.: ГЕОС, 2002. 225 с.
- Gladenkov Yu.B., Bazhenova O.K., Grechin V.I., Margulis L.S., Salnikov B.A. Cenozoic Sakhalin and its petroleum potential. M.: GEOS, 2002. 225 p. (in Russian).

3. Голозубов В.В., Касаткин С.А., Гранник В.М., Нечайук А.Е. Деформации позднекрейдовы и кайнозойских комплексов Западно-Сахалинского террейна // Геотектоника. 2012. № 5. С. 22–44.
- Golozubov V.V., Kasatkin S.A., Grannik V.M., Nechayuk A.E. Deformation of the Upper Cretaceous and Cenozoic complexes of the West Sakhalin terrane // *Geotectonics*. 2012. Vol. 46. № 5. P. 333–351 DOI: 10.1134/S0016852112050020.
4. Иванов В.В. Курортные ресурсы Сахалина и перспективы их лечебного использования: отчёт комплексного отряда Сахалинской экспедиции. М.: ЦИК, 1954. 265 с.
- Ivanov V.V. Sakhalin resort resources and the prospects for their therapeutic use: report of the integrated squad of the Sakhalin expedition. M.: ЦИК, 1954. 265 p. (in Russian).
5. Челноков Г.А., Жарков Р.В., Брагин И.В., Веселов О.В., Харитонов Н.А., Шакиров Р.Б. Геохимические характеристики подземных флюидов южной части Центрально-Сахалинского разлома // Тихоокеанская геология. 2015. Т. 34. № 5. С. 81–95.
- Chelnokov G.A., Zharkov R.V., Bragin I.V., Veselov O.V., Kharitonova N.A., Shakirov R.B. Geochemical characteristics of subterranean fluids of the southern Central Sakhalin Fault // *Pacific Geology*. 2015. Vol. 34. № 5. P. 81–95 (in Russian).
6. Ершов В.В. К вопросу об изменчивости химического состава сопочных вод (на примере Южно-Сахалинского грязевого вулкана) // Тихоокеанская геология. 2017. Т. 36. № 1. С. 80–88.
- Ershov V.V. On the problem of variability in the chemical composition of mud-volcanic waters: Evidence from the Yuzhno-Sakhalinsk mud volcano // *Pacific Geology*. 2017. Vol. 11. № 1. P. 73–80. DOI: 10.1134/S1819714017010031.
7. Жарков Р.В., Козлов Д.Н. Современные сведения о состоянии Агневских термальных источников (остров Сахалин) // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2017. № 1 (191). С. 5–11.
- Zharkov R.V., Kozlov D.N. Modern data about Agnevsky hot springs (Sakhalin Island) // *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossiyskoy akademii nauk*. 2017. № 1 (191). P. 5–11 (in Russian).
8. Полоник Н.С., Шакиров Р.Б., Сорочинская А.В., Обжиров А.И. Изучение состава углеводородных компонентов Южно-Сахалинского и Пугачевского вулканов // Доклады академии наук. 2015. Т. 462. № 1. С. 79–83. DOI: 10.7868/S0869565215130216.
- Polonik N.S., Shakirov R.B., Sorochinskaya A.V., Obzhirrov A.I. Studies of the composition of hydrocarbon components of the Yuzhno-Sakhalinsk and Pugachevo mud volcanoes // *Doklady Earth Sciences*. 2015. Vol. 462. № 1. P. 463–467. DOI: 10.1134/S1028334X15050074.
9. Челнокова Б.И., Иванов Е.М., Гвозденко Т.А. Минеральные воды и лечебные грязи Дальнего Востока. Владивосток: Издательство ДВФУ, 2010. 128 с.
- Chelnokova B.I., Ivanov E.M., Gvozdenko T.A. Mineral waters and therapeutic mud of the Far East. Vladivostok: Izdatel'stvo DVFU, 2010. 128 p. (in Russian).
10. ГОСТ Р 54316-2011. Воды минеральные природные питьевые. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2011. 48 с.