УДК 550.46 doi: 10.30730/2541-8912.2019.3.2.249-255

Физико-химические свойства термальных вод Лунских источников (остров Сахалин)

© 2019 *Р. В. Жарков*
Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия
E-mail: rafael_zharkov@mail.ru

Приводятся данные геохимических исследований Лунских термальных источников и естественных выходов газов. Сравнение результатов исследований 1960 и 2004 гг. показало стабильность физико-химических параметров термальных вод района за этот период. Температура и химический состав источников зависит от степени разбавления пресными и морскими поверхностными и подземными водами. Диапазон температур Лунских гидротерм находится в пределах 20–55 °С, общая минерализация достигает 3–4 г/л. По соотношению основных катионов и анионов гидротермы относятся преимущественно к гидрокарбонатно-хлоридным натриевым водам. В термальных источниках наблюдаются интенсивные выходы газов, состоящих преимущественно из метана (88–93 %). С 2012 г. режим термальных источников поменялся, наблюдается прекращение выхода гидротерм на поверхность. Причины изменения режима источников достоверно не установлены.

Ключевые слова: остров Сахалин, Лунские термальные источники, геохимия, бальнеология.

Physical and chemical properties of thermal waters of the Lunsky springs (Sakhalin Island)

Rafael V. Zharkov
Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk, Russia
E-mail: rafael_zharkov@mail.ru

The data of geochemical research of Lunsky thermal springs and natural outflows gases have been represented. Comparison of the results of research of 1960 and 2004 showed the stability of physical and chemical parameters of thermal waters of the area for this period. The temperature and chemical composition of sources depends on rate of dilution sweet and ocean surface and underground waters. Temperature range of Lunsky a hydrotherms is in limits of 20–55 °C, the general mineralization reaches 3–4 g/l. The hydrotherms belong mainly to hydrocarbon-chloride sodium waters on the base of the maincations to anions ratio. There are intense outflows of gases in the thermal springs, consisting mainly of methane (88–93 %). Since 2012 the mode of thermal springs exchanged, the termination of an outflows a hydrotherms on a surface occurred. The reasons of change of the mode of springs are not established yet.

Keywords: Sakhalin Island, the Lunsky thermal springs, geochemistry, balneology.

Введение

Термальные источники и глубинные гидротермы на о. Сахалин распространены повсеместно [Иванов, 1954; Цитенко, 1961; Комиссаренко, 1964; Штейн, 1967; Современная изученность... , 1991; Chelnokov et al., 2015; Жарков, Козлов, 2017; Жарков и др., 2018; Жарков, 2018 а, б]. Наиболее крупные месторождения и проявления расположены в пределах Северо-Сахалинского гидрогеологического бассейна напорных вод (Дагинское месторождение гидротерм, Лунские и Паромайские термальные источники). В долинах рек центрального Сахалина и на п-ове Крильон известны небольшие термопроявления (рис. 1).

Автором с 2004 г. совместно с сотрудниками ИМГиГ ДВО РАН (О.А. Мельниковым, Д.Н. Козловым, И.М. Климанцовым) и ДВГИ ДВО РАН (Г.А. Челноковым,

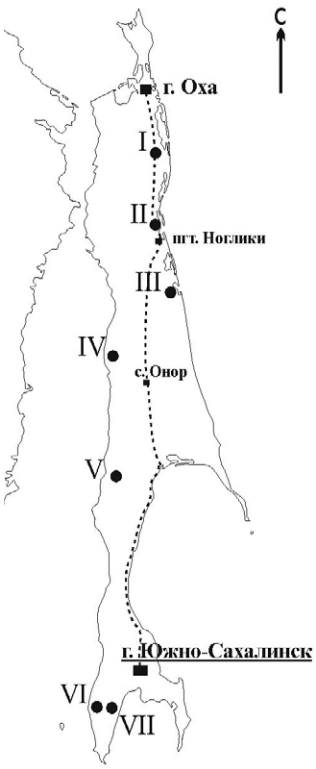

Рис. 1. Схема расположения термальных источников Сахалина. Группы термальных источников: I – Паромайские; II – Дагинские; III – Лунские; IV – Агневские; V – Лесогорские; VI – Амурские; VII – Приточные.

И.В. Брагиным) проводились полевые исследования термальных источников о. Сахалин с целью выявления геохимических особенностей термальных вод и оценки перспектив их использования. Лунские (в некоторых источниках литературы и на некоторых картах также обозначаются как Луньские) термальные источники обследовались автором в 2004, 2011 и 2014 гг. Термальные источники расположены в труднодоступном ненаселенном районе северной части Сахалина, на западном берегу Лунского (Луньского) залива, в устьевой части долины р. Кавле. Выход гидротерм приурочен к четвертичным образованиям, слагающим побережье Лунского залива (рис. 2). По своим физико-химическим характеристикам и геологическим условиям формирования Лунские термальные источники схожи с Дагинскими, расположенными в 90 км к северу, на берегу Ныйского залива (рис. 2), но практически не используются в бальнеотерапии, несмотря на их высокий бальнеотерапевтический потенциал [Классификация минеральных... , 2000].

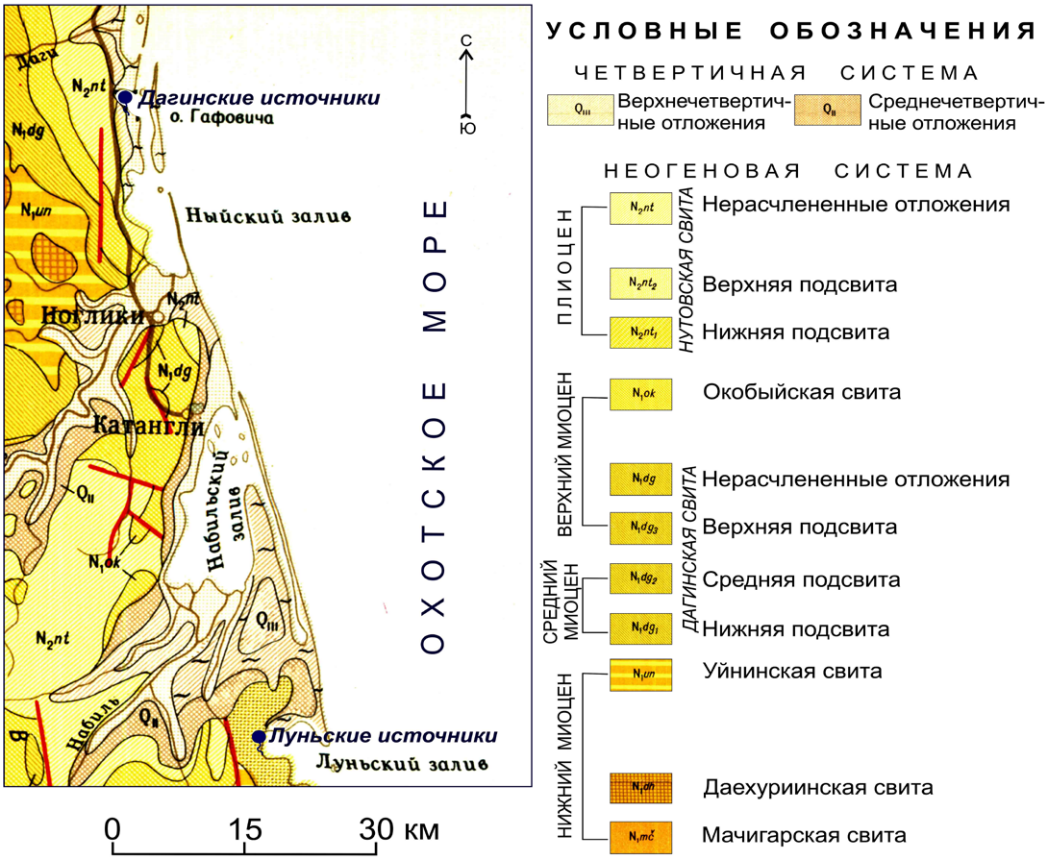

Рис. 2. Фрагмент схемы геологического строения восточной части Северо-Сахалинской низменности [Геологическая карта… , 1969].

Целью исследований Лунских источников было определение с помощью современных методов физико-химических свойств термальных вод, сравнение с данными предшествующих исследователей и выяснение стабильности деятельности гидротермальной системы.

Методы исследования

В ходе полевых исследований с помощью портативного GPS определены координаты основных термальных источников и ручьев. Для определения значений pH и Eh термальных вод использовали портативный pH-метр «HANNA-Hi9025». Полевые замеры температуры вод проводили электронным термометром с термопреобразователем КТХА 01.02Р-Т310, точность измерения термопары составляет 0.1 °С. Для определения основных физико-химических характеристик термальных вод в 2004 г. отбирали пробы для лабораторных исследований. Пробы воды для удаления взвеси отфильтровывали на месте отбора в пластиковые емкости через бумажный фильтр. В лабораторных условиях макрокомпоненты определяли с помощью классического химического анализа по стандартным методикам в испытательной лаборатории Дальневосточного филиала ФГУ НПП «Росгеолфонд» (г. Южно-Сахалинск, аналитик В.Д. Чугунова).

Результаты и обсуждение

По данным В.В. Иванова [1954], первое краткое описание Лунских источников проведено А.И. Ершовым, который в 1931 г. обследовал выходы газов на восточном побережье северной части Сахалина. Максимальная температура воды источников, по данным Ершова, в 1931 г. составляла 53 °С. Анализ спонтанного газа, им отобранного, показал преобладание метана (67 %), значительное содержание азота и кислорода. Более подробное описание термальных источников составлено Ф.Г. Лаутеншлегером, проводившим в 1936 г. рекогносцировочные геологические исследования в районе Набильского и Лунского заливов. Согласно его описаниям, выходы гидротерм расположены на площадке длиной около 80 м и шириной 30–40 м, в южной и северной частях этого поля расположены площади обильного выделения газа, не имеющего запаха и горящего длинным бледно-красным пламенем.

Детальные исследования были выполнены в августе 1960 г. под руководством Н.Д. Цитенко и В.И. Евстафьевой [1962]. Ими выделены 15 наиболее представительных источников (рис. 3), дана геохимическая характеристика термальных вод (см. таблицу) и газов. Среди катионов термальных вод преобладает натрий, в анионном составе – хлор и гидрокарбонат-ион. Минерализация вод источников, в зависимости от степени разбавления морскими и пресными водами, колеблется от 0.3 до 2–4 г/л. По составу свободно выделяющиеся в источниках газы, по определениям 1960 г., схожи с газами других месторождений и проявлений гидротерм севера Сахалина. В газовом составе источника № 2

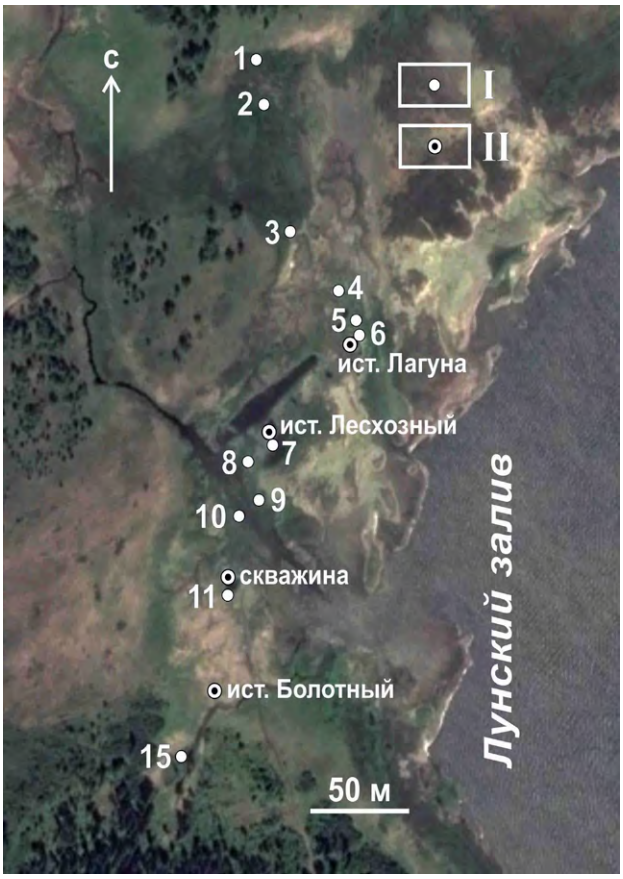

Рис. 3. Схема расположения Лунских термальных источников (космический снимок Google Earth от 22.06.2012 г.). I – примерное расположение термальных источников и их номера из работы [Цитенко, Евстафьева, 1962]; II – расположение обследованных в 2004 г. термальных источников и скважины.

преобладает метан (92.9 %), содержание азота достигает 6.6 %, в незначительных количествах отмечаются аргон (0.089 %) и гелий (0.0025 %). В составе источника № 15 также преобладает метан (88.35 %), содержание азота несколько выше – 11.35 %, в незначительных количествах аргон (0.258 %) и гелий (0.003 %). На основе исследований авторы предположили, что глубина подъема термальных вод составляет около 1500 м.

Исследования в июне 2004 г. показали, что основная группа Лунских термальных источников вытянута примерно на 250 м вдоль залива. Корректно сопоставить расположение современных источников с источниками, отмеченными на схеме 1960 г. [Цитенко, Евстафьева, 1962], довольно сложно, так как схема указанных авторов выполнена условно, границы растительности и береговая линия изменились, появились новые рукотворные рвы и ямы с термальными водами. Тем не менее примерное расположение некоторых источников на схеме 1960 г. совпадает с современным (рис. 3).

Термальные воды северного и центрального участков разгружаются в песчаных и иловых отложениях морской литорали и сублиторали. Источники представляют собой частично каптированные неглубокие ямы, которые заполняются пробивающимися со дна термами (рис. 4). Температура в таких ямах колеблется от 30 до 40 °С, pH 7.6–8.0, Eh от –21 до –40. По химическому составу это гидрокарбонатно-хлоридные натриевые термы с минерализацией до 2.8 г/л (см. таблицу, источник Лагуна).

В центральной части месторождения находится термальный источник Лесхозный (рис. 5). Это дощатый каптированный источник с деревянным надкаптажным сооружением в виде сарая, глубина его около 1 м, площадь зеркала воды около 4 м^2. Рядом с этим источником находится ров длиной 65 м и шириной от 5 до 10 м, который заполняется холодной водой ручья. Температура в Лесхозном источнике колеблется от 40 до 55 °С, pH 7.7 (замеры в полевых условиях: pH 7.6; Eh = –21.2). Его хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды (см. таблицу) более минерализованы (3.6 г/л). Физико-химические характеристики источника и его расположение практически идентичны источнику № 7 (см. таблицу) из работы [Цитенко, Евстафьева, 1962]. Южнее расположена скважина с температурой воды около 40 °С (рис. 3). Рядом со скважиной находится каптированный источник (№ 11 на рис. 3) диаметром около 5 м, температура воды и ила на дне достигала 50 °С.

Рис. 4. Термальный источник Лагуна.

В южной части Лунского месторождения на заболоченном участке разгружаются слабоминерализованные, гидрокарбонатные натриевые термы источника Болотный с температурой 27 °С, pH 8.0 (замеры в полевых условиях: pH 8.0; Eh = –51.5) (см. таблицу).

Сравнивая физико-химические свойства термальных вод Лунских источников и Дагинских гидротерм [Жарков, 2018б], разгружающихся в аналогичных условиях, можно отметить некоторые черты сходства. Температура и химический

состав источников зависит от степени разбавления пресными и/или морскими поверхностными и подземными водами. Диапазон температур Лунских и Дагинских гидротерм в среднем от 20 до 55 °С, общая минерализация достигает 3–4 г/л у Лунских вод и 1–9 г/л у Дагинских. По соотношению основных катионов Лунские и Дагинские гидротермы идентичны, в них преобладает натрий. По анионному составу Лунские гидротермы (источники Лесхозный и Лагуна) близки к глубинным водам скважины № 2 Дагинского месторождения (рис. 6), которая расположена на южной периферии месторождения, на значитель-

Рис. 5. Лесхозный термальный каптированный источник и ров с холодной водой.

Химический состав Лунских термальных источников (в мг/л)

Показатель, элемент	Август 1960 г. [Цитенко, Евстафьева, 1962]				Июнь 2004 г.		
	№ 2	№ 4	№ 7	№ 15	Лагуна	Лесхозный	Болотный
T °C	19	46–56	55	38	29	50	27
pH	7.8	7.7	7.7	7.6	7.8	7.7	8.0
Na^+	1607.0	864.0	1285.0	108.0	900.0	1200.0	250.0
K^+					10.7	13.2	2.7
NH_4^+	0.3	0.1	10.0	4.0	0.6	0.1	0.8
Ca^{2+}	10.0	8.0	10.0	4.0	7.0	9.4	3.0
Mg^{2+}	8.0	1.0	1.0	1.0	2.4	3.4	2.4
Fe^{2+}	0.5	0.1	0.5	0.3	0.3	0.2	0.6
Fe^{3+}	–	–	–	–	<0.05	0.05	<0.05
$\sum_{катионов}$	1625.8	873.2	1296.7	113.6	920.9	1226.3	259.5
Cl^-	1919.0	710.0	1292.0	142.0	830.0	1234.0	126.2
SO_4^{2-}	4.0	7.0	7.0	4.0	0.6	0.2	0.8
CO_3^{2-}	Следы	Следы	Следы	Следы	75.0	30.0	21.0
HCO_3^-	998.0	1098.0	1219.0	55.0	897.0	1104.0	450.0
$\sum_{анионов}$	2921.0	1815.0	2518.0	201.0	1806.3	2371.5	589.9
I^-	3.2	1.5	1.5	0.4	1.2	1.7	0.5
Br^-	8.5	3.6	6.3	0.7	2.5	1.6	0.4
B	13.0	Не опр.	Не опр.	Не опр.	29.5	31.0	17.0
SiO_2	Не опр.	Не опр.	Не опр.	Не опр.	8.3	10.2	3.1
M	4541.0	2688.0	3814.0	314.0	2765.1	3639.1	878.5

Примечания. Номера источников соответствуют номерам на рис. 3. Прочерк – не обнаружено, Не опр. – элемент в пробе не определялся.

ном удалении от Ныйского залива. Основная часть Дагинских поверхностных и глубинных терм относится к хлоридным водам, что может указывать на большее участие в их питании морских седиментационных и/или современных морских вод.

Повторные обследования в августе 2011 г. не выявили каких-либо изменений физико-химических характеристик Лунских гидротерм по сравнению с 2004 г. Температура воды Лесхозного источника достигала 43.5 °С, вода расположенной южнее скважины имела температуру 38.5 °С и pH 7.5. Температура находящегося рядом со скважиной источника была до 52 °С.

С 2012 г., по устной информации рыбаков и охотников, температура Лунских источников резко упала. В дискуссиях, развернувшихся в СМИ и Интернете, выдвигались версии о связи прекращения выходов термальных вод на поверхность с разработкой нефтегазовых месторождений в том районе, с последствиями землетрясений, с максимальными приливами. Наиболее заслуживает внимания версия о разбавлении гидротерм морскими водами при максимальных приливах, поскольку есть устные неподтвержденные сообщения о высокой временами температуре источников в период 2012–2018 гг. Это может свидетельствовать о периодичности процесса понижения температуры воды, связанной с разбавлением холодными водами моря в периоды приливов.

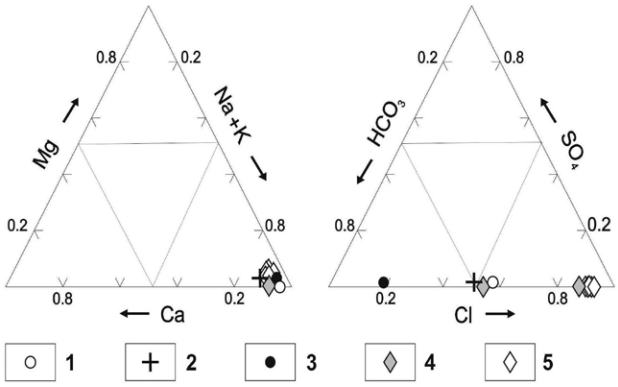

Рис. 6. Соотношение основных ионов в Лунских и Дагинских термальных водах. Лунские термальные источники: 1 – Лесхозный, 2 – Лагуна; 3 – Болотный. Дагинское месторождение гидротерм [Жарков, 2018б]: 4 – глубинные гидротермы (скважина № 2 и скважина № 5); 5 – основные Дагинские термальные источники.

В июне 2014 г. нами отмечено прекращение выхода на поверхность термальных вод. В прибрежной части месторождения ямы источников высохшие, на остальной части заполнены холодными водами. В некоторых местах со дна ям и в руслах ручейков пробивались газы. Температура воды в Лесхозном источнике составляла всего 9 °С, при этом над самим каптированным источником в дощатом сарае лежала мощная корка льда, что указывает на низкие температуры воды на протяжении всей зимы и весны. С 2014 г. научное обследование Лунских источников не проводилось. В летний меженный период 2019 г. планируется провести обследование источников и выяснить их современное состояние и физико-химические характеристики.

Заключение

Лунские термальные воды имеют много общего с известным и широко используемым Дагинским месторождением термоминеральных вод. В отличие от Дагинских, Лунские термальные источники труднодоступны и слабо изучены, они редко посещаются и практически не используются местными жителями и туристами в бальнеотерапии, несмотря на их высокий бальнеотерапевтический потенциал. С 1931 г. по 2011 г. Лунские источники характеризуются как термальные (до 55 °С), преимущественно метановые, хлоридно-гидрокарбонатные натриевые с pH 7.5–8.0. С 2012 г. режим термальных источников поменялся, наблюдается прекращение выхода гидротерм на поверхность.

Для детальной оценки сложившейся на Лунском месторождении ситуации необходимо проведение периодических обследований, которые позволят достоверно установить, прекратился ли подъем термальных вод с глубины или низкие температуры поверхностных вод связаны с приливно-отливными и/или сезонными вариациями.

Список литературы

1. *Геологическая карта острова Сахалин. Масштаб 1:1 000 000* / под ред. В.Н. Верещагина. Л.: ВСЕГЕИ, 1969.

2. Жарков Р.В., Козлов Д.Н. Современные сведения о состоянии Агневских термальных источни-

ков (остров Сахалин) // *Вестн. ДВО РАН*. 2017. № 1. С. 5–11.

3. Жарков Р.В. Геохимические особенности и перспективы использования термальных вод острова Сахалин // *Материалы Всерос. совещания по подземным водам Востока России (XXII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока с междунар. участием)*. Новосибирск: Новосибир. нац. исслед. гос. ун-т, 2018а. С. 204–207.

4. Жарков Р.В. Современные физико-химические особенности термоминеральных вод Дагинского месторождения (о. Сахалин) // *Мониторинг. Наука и технологии*. 2018б. № 4(37). С. 6–11.

5. Жарков Р.В., Козлов Д.Н., Веселов О.В., Ершов В.В., Сырбу Н.С., Никитенко О.А. Амурские термальные источники (остров Сахалин) // *Успехи современного естествознания*. 2018. № 11 (ч. 2). С. 317–322. https://doi.org/10.17513/use.36946

6. Иванов В.В. *Курортные ресурсы Сахалина и перспективы их лечебного использования: отчет комплексного отряда Сахалинской экспедиции*. М.: Центральный ин-т курортологии, 1954. 265 с.

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

8. Комиссаренко Б.Т. *Минеральные источники и лечебные грязи Сахалина и Курил*. Южно-Сахалинск: Сахалин. кн. изд-во, 1964. 115 с.

9. *Современная изученность гидротермоминеральных ресурсов Сахалина и Курильских островов и перспективы их использования в народном хозяйстве*: геол. отчет за 1990–1991 гг. / исполн.: Розорителева Т.С., Прядко В.Е., Спалило Е.Л. Южно-Сахалинск: Сахалингеология, 1991. 895 с. Инв. № 461852 (Росгеолфонд, Центральное фондохранилище).

10. Цитенко Н.Д. Воды Дагинских горячих ключей на о. Сахалине // *Труды ВНИГРИ*. 1961. Вып. 181. С. 203–213.

11. Цитенко Н.Д., Евстафьева В.И. *Гидрогеологические факторы формирования и разрушения нефтяных и газовых залежей Сахалина*: геол. отчет. Оха: ВНИГРИ, 1962. 307 с. Инв. №1482-ф (фонды ИМГиГ ДВО РАН)

12. Штейн М.А. Термальные воды Сахалина и вопросы их использования // *Региональная геотермия и распространение термальных вод в СССР*. М.: Наука, 1967. С. 274–280.

13. Chelnokov G., Zharkov R., Bragin I. Radon monitoring in groundwater and soil gas of Sakhalin Island // *J. of Geoscience and Environment Protection*. 2015. Vol. 3. P. 48–53. http://dx.doi.org/10.4236/gep.2015.35006

Сведения об авторе

ЖАРКОВ Рафаэль Владимирович (ResearcherID J-6233-2018), кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории вулканологии и вулканоопасности – Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, Южно-Сахалинск.