

УДК 553.78 (54.052)

**Р.И. Пашкевич, И.Н. Середкин**

**НОВЫЕ ДАННЫЕ О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ  
ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ НИЖНЕ-ДЗЕНЗУРСКОГО  
ГЕОТЕРМАЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*Представлены результаты гидрохимических исследований в районе Нижне-Дзензурского геотермального месторождения. Приведены результаты полного гидрохимического анализа, а также микрокомпонентного анализа воды масс-спектральным методом с индуктивно-связанной плазмой и атомно-эмиссионным методом с индуктивно-связанной плазмой.*

*Ключевые слова: термальные источники, химический состав, ПДК.*

---

**В**первые Нижне-Дзензурские термальные источники были исследованы Б.И. Пийпом в 1936 году [1]. В 1959 году Жупановской партией были проведены гидрохимические поиски масштаба 1:500000 на Восточном побережье Камчатки в среднем течении реки Жупанова [2]. Позднее Нижне-Дзензурские термальные источники обследовались в 1977—80 годах [3] и в конце 80-х – начале 90-х годов прошлого века [4].

Район расположен на восточном побережье полуострова Камчатка [5] и представляет собой вулканическое плато, постепенно переходящее к югу в вулканическое нагорье, над поверхностью которого возвышаются отдельные действующие и потухшие вулканы.

Нижне-Дзензурское геотермальное месторождение расположено в долине реки Жупанова, принадлежащей бассейну Тихого океана [2, 3]. Выходы термальных источников находятся в непосредственной близости от Термального рифта, протягивающегося в северо-восточном направлении через вулканы Корякский и Дзензур [3, по Ю.П. Масуренкову, 1978].

Ниже приводятся предварительные результаты исследований химического состава поверхностных водотоков в районе Нижне-Дзензурских термальных источников.

Всего было отобрано 10 проб воды со станций на Нижне-Дзеньгурских термальных источниках (№№1-НД, 2-НД, 3-НД, 4-НД, 5-НД), р. Быстрой (№№ 6-Б, 7-Б, 9-РБ, 10-Б) и р. Жупанова (№ 8-Р), рис. 1 (см. стр. 322). При отборе проб определялись температура воды электронным термометром Checktemp 1 HI 98509 с погрешностью  $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ , координаты точек отбора с помощью GPS-приемника, табл. 1. На каждой точке были отобраны пробы воды на полный гидрохимический анализ и на микрокомпонентный состав. Отбор проб воды проводился в полиэтиленовые емкости 1,5 л в соответствии с ГОСТ Р 51592—2000 [6].

В полученных пробах масс-спектральным с индуктивно-связанной плазмой и атомно-эмиссионным с индуктивно-связанной плазмой методами определен микрокомпонентный элементный состав, табл. 2. В табл. 2 также сведены результаты сравнения

Таблица 1

**Станции отбора проб 05.10.2015 г.**

№ п/п	Номер пробы	Время отбора	Координаты места отбора	Высота, м	Температура воды, $^{\circ}\text{C}$
1	1-НД	11:35	N 53° 47' 16,8" E 159° 03' 23,5"	121	38,2
2	2-НД	11:45	N 53° 47' 15,9" E 159° 03' 22,8"	123	9,6
3	3-НД	12:20	N 53° 47' 08,1" E 159° 03' 31,0"	119	35,2
4	4-НД	11:54	N 53° 47' 16,7" E 159° 03' 22,8"	121	11,1
5	5-НД	12:30	N 53° 47' 17,4" E 159° 03' 24,9"	121	5,6
6	6-Б	16:14	N 53° 44' 04,8" E 159° 07' 51,6"	159	7,5
7	7-Б	16:25	N 53° 44' 04,7" E 159° 07' 50,1"	155	7,4
8	8-Р	17:35	N 53° 45' 17,2" E 159° 07' 53,9"	123	2,4
9	9-РБ	18:04	N 53° 43' 32,8" E 159° 06' 42,8"	158	3,1
10	10-Б	18:04	N 53° 43' 41,5" E 159° 06' 48,5"	157	-

Таблица 2

**Сравнение содержания аналитов в пробах воды с установленными нормативами ПДК<sub>рх</sub> по результатам микрокомпонентного анализа**

Ана-лит	Норма-тивы ПДК <sub>рх</sub> , мг/л	Номер пробы									
		1-НД	2-НД	3-НД	4-НД	5-НД	6-Б	7-Б	8-Р	9-РБ	10-Б
Li	0,08	<b>0,3061</b>	0,0435	<b>0,4463</b>	0,0512	0,00341	0,00797	0,0124	0,00049	0,0029	0,00215
B	0,1	<b>17,4245</b>	<b>2,0539</b>	<b>24,0204</b>	<b>2,2027</b>	<b>0,1847</b>	<b>0,4004</b>	<b>0,4968</b>	0,0455	0,0571	0,0452
Na	120,0	<b>289,6519</b>	42,5774	<b>361,5297</b>	52,6999	6,2223	13,8771	19,3427	2,5894	4,2841	2,8636
Mg	40,0	<b>99,5852</b>	19,9188	<b>147,6104</b>	27,7315	2,8264	6,5579	7,9385	1,3638	3,4227	1,8004
Al	0,04	0,0037	0,0016	0,00384	0,00586	0,0199	<0,0016	<0,001	<0,0016	0,00427	<0,0016
P	отсутствие (0,00001)	<b>&lt;0,0182</b>	<b>&lt;0,0913</b>	<b>0,1013</b>	<b>0,1839</b>	<b>0,0436</b>	<b>0,1437</b>	<b>0,1667</b>	<b>&lt;0,0182</b>	<b>&lt;0,0182</b>	<b>&lt;0,0182</b>
S	10,0	1,7325	3,208	5,2007	6,8462	2,1293	5,002	5,5773	0,4568	6,6405	1,8218
K	50	29,528	4,7487	38,029	5,6704	1,1403	2,1175	2,7052	0,837	1,0754	0,8397
Ca	180	96,6395	20,9339	112,5032	27,1749	6,8311	10,2531	11,3264	6,0699	14,4102	5,566
Ti	0,06	0,0251	0,00767	0,0277	0,01	0,00521	0,00718	0,00732	<0,0030	<0,003	<0,003
V	0,001	<b>0,0324</b>	<b>0,0158</b>	<b>0,037</b>	<b>0,029</b>	<b>0,00904</b>	<b>0,0219</b>	<b>0,0253</b>	<b>0,00439</b>	<b>0,0123</b>	<b>0,012</b>
Cr	0,02	0,00671	<0,003	0,00701	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003
Mn	0,01	<b>0,1648</b>	<0,0002	<b>0,2239</b>	0,00138	0,00217	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Fe	0,1	0,0117	<0,0046	0,0292	<0,0046	0,0367	<0,0046	<0,0046	<0,0046	<0,0046	<0,0046
Co	0,01	0,00015	0,000044	0,0012	0,000051	0,00005	0,000031	0,000023	0,000029	0,000034	0,00002
Ni	0,01	0,00046	<0,0002	0,00139	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002
Cu	0,001	<b>0,00177</b>	<0,0005	<b>0,00296</b>	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<b>0,00116</b>	<0,0005
Zn	0,01	0,00467	<0,0014	0,00668	<0,0014	<1,0004	<0,0014	<0,0014	<0,0014	<0,0014	<0,0014
As	0,05	0,0482	0,0381	<b>0,1823</b>	0,0416	0,00298	0,0245	0,00336	<0,0003	0,00509	0,0037

Ана-лит	Норма-тивы ПДК <sub>грх</sub> , мг/л	Номер пробы									
		1-НД	2-НД	3-НД	4-НД	5-НД	6-Б	7-Б	8-Р	9-РБ	10-Б
Rb	0,1	0,0393	0,00576	0,052	0,0061	0,00174	0,00395	0,00344	0,001	0,00345	0,00272
Sr	0,4	0,2819	0,0729	0,3849	0,097	0,0264	0,0421	0,044	0,022	0,05	0,0189
Mo	0,001	0,0008	0,0006	<b>0,00158</b>	<b>0,0013</b>	0,00034	<b>0,00198</b>	<b>0,00247</b>	0,00013	<b>0,00103</b>	0,00071
Cs	1	<0,00042	<0,000049	0,00063	<0,000008	0,000029	0,00015	0,00011	0,000034	0,00084	0,00049
Ba	0,74	0,00848	0,0189	0,1296	0,0179	0,00955	0,00786	0,00872	0,0118	0,0061	0,0115
Ge	-	0,00452	0,00048	0,00695	0,00022	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003	<0,00003
Y	-	0,000022	0,000033	0,000063	0,000033	0,000032	0,000011	0,0000091	0,000027	0,000062	0,000089
Sb	-	0,000095	0,00028	0,00024	0,00014	0,00015	0,00021	0,00017	0,00014	0,00032	0,00028
La	-	<0,00001	0,000035	<0,00001	<0,00001	0,000026	<0,00001	<0,00001	0,000045	0,000031	0,000032
Ce	-	<0,000006	<0,000006	<0,000006	<0,000006	0,000012	<0,000006	<0,000006	<0,000006	<0,000006	<0,000006
Pr	-	<0,000001	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,000026	<0,000001	<0,000001	<0,000001	0,000024	<0,000001
Nd	-	<0,000006	<0,000006	<0,000006	<0,000006	0,000021	<0,000006	<0,000006	<0,000006	0,000015	<0,000006
Eu	-	0,000015	<0,000004	0,000021	<0,000004	<0,000004	<0,000004	<0,000004	<0,000004	<0,000004	<0,000004
U	-	<0,000007	0,000020	0,000051	0,000060	0,000023	0,000030	0,000048	<0,000007	0,000033	<0,000007

Таблица 3

**Результаты полного гидрохимического анализа**

Показатели, мг/дм <sup>3</sup>	Номер пробы									
	1-НД	2-НД	3-НД	4-НД	5-НД	6-Б	7-Б	8-Р	9-РБ	10-Б
pH	6,51±0,02	6,54±0,02	6,55±0,02	6,71±0,02	7,65±0,02	8,96±0,02	7,96±0,02	7,29±0,02	6,52±0,02	8,47±0,02
K <sup>+</sup>	31,4±5,0	3,55±0,57	40,8±6,5	4,16±0,67	<1,00	1,18±0,19	1,90±0,30	<1,0	<1,0	<1,0

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,60±0,21	0,37±0,13	0,40±0,14	0,22±0,08	<0,05	0,36±0,13	0,08±0,03	<0,05	0,31±0,11	<0,05
Ca <sup>2+</sup>	91,2±6,4	17,6±1,2	108±8	24,9±1,7	6,41±0,45	9,22±0,65	10,2±0,7	5,41±0,38	12,2±0,85	5,61±0,39
Mg <sup>2+</sup>	118±13	20,4±2,2	147±16	28,0±3,1	2,17±0,24	5,49±0,60	7,02±0,77	1,17±0,13	2,65±0,29	1,58±0,17
Fe <sup>2+</sup>	0,07±0,01	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Fe <sup>3+</sup>	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
F	0,15±0,01	<0,1	0,12±0,01	0,11±0,01	<0,1	0,10±0,01	0,10±0,01	<0,1	<0,1	<0,1
Cl	241±17	34,7±2,4	289±20	42,6±3,0	2,84±0,20	4,96±0,35	5,67±0,40	2,13±0,15	2,48±0,17	1,42±0,10
HCO <sub>3</sub>	1330±9	207±3	1590±10	273±4	37,2±2,5	66,3±2,6	89,4±2,7	25,1±2,4	44,9±2,5	25,7±2,4
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-	-	-	1,68±0,51	<1,0	-	-	<1,0
H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	-	-	-	<0,46	0,67±0,17	<0,46	<0,46	-	<0,46
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	<1,0	11,5±1,2	15,4±1,5	15,4±1,5	9,61±0,96	12,8±1,28	14,1±1,4	6,15±0,62	16,0±1,6	6,39±0,64
NO <sub>2</sub>	<0,02	0,06±0,01	0,036±0,004	<0,02	<0,02	0,022±0,002	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
NO <sub>3</sub>	1,09±0,08	1,33±0,09	1,17±0,08	0,63±0,04	<0,1	0,49±0,03	0,34±0,02	1,43±0,10	0,76±0,05	0,87±0,06
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	-	-	-	-	0,39±0,02	0,10±0,01	0,19±0,01	0,29±0,02	-	<0,05
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	2,26±0,14	0,64±0,04	2,38±0,14	1,06±0,06	-	-	-	-	0,19±0,01	-
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	-	-	-	-	0,72±0,04	1,30±0,08	0,62±0,04	0,19±0,01	-	0,24±0,01
H <sub>3</sub> SiO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	-	-	-	-	0,19±0,02	2,66±0,07	0,29±0,03	-	-	0,48±0,03
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	66,2±16,6	7,56±1,89	92,6±23,2	10,4±2,6	1,17±0,29	1,24±0,31	3,52±0,88	0,47±0,12	0,47±0,12	0,56±0,14
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-	-	-	-	1,55±0,50	-	1,86±0,51	2,85±0,51	-	<1,0
H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub> раств.	128±2	16,3±0,3	128±2	32,5±0,6	16,1±0,3	19,8±0,4	28,6±0,5	12,5±0,2	11,3±0,2	10,9±0,2
H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub> общ.	133±2	25,0±0,5	129±2	37,5±0,7	23,8±0,5	38,8±0,7	56,3±1,0	25,0±0,5	28,8±0,5	16,3±0,3
Минерализация	2320	382	2810	493	93,8	160	210	75,6	116	64,5
Взвеш. в-ва	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0	<2,0

содержания компонентов с установленными нормативами качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативами предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДКрх) [7]. В табл. 3 представлены результаты полного гидрохимического анализа проб.

Отмечены аномальные концентрации ряда элементов. Так, в пробах №№ 1-НД и 3-НД почти в 4 и 6 раз соответственно выше, чем ПДКрх, содержание лития, более чем двукратно превышено содержание натрия и магния, марганца – в 16 и 22 раза, меди – в 1,8 и 3 раза. Для проб №№ 1-НД – 4-НД в 20-240 раз больше ПДКрх концентрация бора, для других образцов превышение не более чем в 3-5 раз. Содержание фосфора больше ПДКрх в 2000-20000 раз, ванадия – в 4-32 раза. Для пробы № 3-НД почти в 4 раза превышено содержание мышьяка, а в пробах №№ 3-НД и 4-НД на 58 % и 30 % соответственно – молибдена, этого же элемента в 2-2,5 раза больше ПДКрх в пробах №№ 6-Б, 7-Б.

Содержание некоторых элементов в термальных водах, а также в рядом расположенных поверхностных водотоках превышает ПДКрх вследствие сложившегося естественного фона. Термальные источники (пробы №№ 1-НД, 3-НД) выделяются из общего числа проб аномально высокими содержаниями Li, В, Na, Mg.

Приведенные выше предварительные результаты являются новыми и ранее не представленными в литературе, включая микрокомпонентный состав воды.

---

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Пийп Б.И. Термальные ключи Камчатки. – Ленинград: Издательство академии наук СССР, 1937. – 268 с.
2. Соломоновский Е.А., Пресич Г.С., Грецкий В.А. Отчет о гидрохимических поисках масштаба 1:500000 на Восточном побережье Камчатки в бассейне рек Новый Семячик, Карымской, среднем течении р. Жупанова, проведенных Жупановской партией в 1959 г. // ТФГИ по Дальневосточному федеральному округу. – г. Петропавловск-Камчатский. – 1960.
3. Ворожейкина Л.А. Отчет по теме «Прогнозная оценка геотермальных ресурсов Камчатской области» по работам 1977 – 1980 гг.) в 7-ми томах // ТФГИ по Дальневосточному федеральному округу. – пос. Термальный, Камчатская область. – 1980.

4. Петров М.А. Отчет о результатах специализированных гидрогеологических работ по оценке перспектив Камчатской области на минеральные воды (1987 – 1991 гг.) // Авачинская тематическая гидрологическая партия. – ТФГИ по Дальневосточному федеральному округу. – пос. Термальный, Камчатская область. – 1991.

5. Литвинов А.Ф., Патока М.Г., Марковский Б.А. Карта полезных ископаемых Камчатской области масштаба 1: 500 000. Краткая объяснительная записка. Каталог месторождений, проявлений, пунктов минерализации и ореолов рассеяния полезных ископаемых. Петропавловск-Камчатский, издательство СПб картфабрики ВСЕГЕИ. – 1999. – 563 с.

6. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартиформ. – 2013. – 31 с.

7. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Федеральное агентство по рыболовству. Приказ от 18 января 2010 г. № 20. **ГИАБ**

#### **КОРОТКО ОБ АВТОРАХ**

---

Пашкевич Роман Игнатьевич – доктор технических наук, директор, pashkevich@kscnet.ru,

Серёдкин Илья Николаевич – младший научный сотрудник, nigtc@kscnet.ru, Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук.



---

UDC 553.78 (54.052)

#### **NEW DATA ABOUT CHEMICAL COMPOSITION OF NIZHNE-DZENZERSKOE GEOTHERMAL FIELD HEAT-CARRIER**

Pashkevich R.I., Doctor of Technical Sciences, Director, pashkevich@kscnet.ru, Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia,

Seredkin I.N., Junior Research Associate, nigtc@kscnet.ru, Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia.

---

*The results of hydrochemical surveys near Nizhne-Dzenzurskoe geothermal field are presented. The results of comprehensive hydrochemical analyze, and microcomponent analyze are also presented. Analyzes were performed by mass-spectral method with inductively-connected plasma and atomic-emission method with inductively-connected plasma.*

*Key words: thermal springs, chemical composition, MPC.*

## REFERENCES

1. Piyp B.I. *Termal'nye kljuchi Kamchatki* (Thermal keys of Kamchatka). Leningrad: Izdatelstvo Akademii Nauk USSR, 1937. 268 p.
2. Solomonovskij E.A., Presich G.S., Greckij V.A. *Otchet o gidrohimicheskikh poiskah masshtaba 1:500000 na Vostochnom poberezhe Kamchatki v bassejne rek Novyj Semyachik, Karymskoj, srednem techenii r. Zhupanova, provedennyh Zhupanovskoj partiej v 1959 g.* (Report on hydrochemical search of scale 1:500000 on the East coast of the Kamchatka Peninsula in the basin of the New Semyachik and Karymsky volcanoes, middle reaches of the river Zhupanova, held zhupanovskaya party in 1959), TFGI po Dalnevostochnomu federalnomu okrugu, g. Petropavlovsk-Kamchatskij, 1960.
3. Vorozhejkina L.A. *Otchet po teme «Prognoznaja ocenka geotermalnyh resursov Kamchatskoj oblasti» po rabotam 1977 – 1980 gg.* (Report on the topic "Predictive assessment of geothermal resources of Kamchatka oblast" on works 1977 – 1980)) v 7-mi tomah, TFGI po Dalnevostochnomu federalnomu okrugu, pos. Termalnyj, Kamchatskaja oblast, 1980.
4. Petrov M.A. *Otchet o rezultatah specializirovannyh gidrogeologicheskikh rabot po ocenke perspektiv Kamchatskoj oblasti na mineralnye vody (1987–1991 gg.)* (Report on the results of a specialised hydrogeological assessment of the prospects of the Kamchatka region on mineral water (1987–1991)), Avachinskaja tematicheskaja gidrologicheskaja partija, TFGI po Dalnevostochnomu federalnomu okrugu, pos. Termalnyj, Kamchatskaja oblast, 1991.
5. Litvinov A.F., Patoka M.G., Markovskij B.A. *Karta poleznyh iskopaemyh Kamchatskoj oblasti masshtaba 1: 500 000. Kratkaja objasnitelnaja zapiska. Katalog mestorozhdenij, pojavlenij, punktov mineralizacii i oreolov rassejanija poleznyh iskopaemyh* (Map of mineral resources of Kamchatka region 1: 500 000 scale. A brief explanatory note. The catalogue of deposits, manifestations, items mineralization and dispersion haloes of minerals). Petropavlovsk-Kamchatskij, izdatelstvo SPb kartfabriki VSEGEI, 1999, 563 p.
6. GOST 31861-201.2 Voda. Obshhie trebovanija k otboru prob, (Water. General requirements for sampling, State Standart 31861-2012), Moscow, Standartinform, 2013, 31 p.
7. *Normativy kachestva vody vodnyh ob#ektov rybohozajstvennogo znachenija, v tom chisle normativy predelno dopustimyh koncentracij vrednyh veshhestv v vodah vodnyh obyektov rybohozajstvennogo znachenija* (Standards of water quality of water bodies of fishery significance, including maximum permissible concentrations of harmful substances in waters of water objects of commercial fishing importance). Federalnoe agentstvo po rybolovstvu. Priraz ot 18 janvarja 2010 g. No 20.