

УДК 550.836

Р.И. Пашкевич, К.А. Павлов

**АНАЛИЗ БУРОВЫХ РАБОТ НА ТЕРМАЛЬНЫЕ ВОДЫ
В ОКРЕСТНОСТИ АВАЧИНСКОГО ВУЛКАНА**

Приведен анализ данных по поискам термальных вод в окрестности Авачинско-Корякской группы вулканов в период 1968-1993 гг.

Ключевые слова: Авачинско-Корякская группа вулканов, термальные воды, геотермальные ресурсы, поисковые скважины.

Геотермальные ресурсы магматического очага Авачинского вулкана с момента выполнения первой гравиметрической съемки 1960–1962 гг. по настоящее время рассматриваются как потенциальный объект для освоения с целью тепло- и энергоснабжения городов Петропавловск-Камчатский и Елизово [1].

В 2014-2015 гг. выполнялась научно-исследовательская работа по исследованию геотермальных ресурсов Авачинской группы вулканов [2]. В настоящей статье представлен краткий обзор работ по поискам термальных вод, выполненных в районе Авачинско-Корякской группы вулканов в период 1968–1993 гг., основанный на материалах [1].

Первые поисковые скважины ГК-1, ГК-2, ГК-2^а на термальные воды, в рассматриваемом районе, были пробурены в 1968-1970 гг. [3], рис. 1.

Позднее, в 1987 г. на участке «Хлебозавод» Петропавловской площади была пробурена скважина Г-1, а в 1992–1993 гг. – скважины Р-2 и Р-3 на Радыгинской площади. В табл. 1. сведены некоторые сведения по вышеуказанным скважинам.



Рис. 1. Буровая вышка на скважине ГК-2^а на фоне Авачинского и Козельского вулканов, фото В.Н. Захарова, по [3]

Таблица 1

Некоторые геотермические данные по скважинам, пробуренным к югу-юго-западу от Корякско-Авачинской группы вулканов

№ скв.	Расстояние от кратера Авачинского вулкана, км	Год завершения бурения	Глубина, м	Температура °С на глубине (м)	Средний геотермический градиент, °С/м	Источник данных
ГК-1	22,4	1969	1120	24 (1102)	0,021	[3]
ГК-2	16,4	1969	757	14,7 (747)	0,025*	- « -
ГК-2 ^а	14,8	1970	873	16 (797)	0,016 (0,030*)	- « -
Г-1	25,5	1987	2542	60 (2530)	0,024-0,026	[4, 5]
Р-2	20,6	1993	1504	29,8 (1443)	0,017-0,0196	[6]
Р-3	17,6	1992	1503	33,0 (1500)	0,017	- « -

Примечание. * — в отложениях алнейской серии.

Результаты бурения скважин ГК-1, ГК-2, ГК-2^а приводятся ниже по [3]. Была установлена фактическая мощность четвертичных и неогеновых образований, вскрыты метаморфизованные осадочные отложения мелового возраста, изучен разрез до глубины 1120 м. Скважины вскрыли сильно трещиноватые породы, были пройдены в пределах тектонических нарушений.

Гидрогеологическими наблюдениями и исследованиями, проводившимися в процессе бурения, охарактеризованы вскрытые скважинами водоносные комплексы четвертичных и верхнемеловых отложений. Первые характеризуются неоднородностью фильтрационных свойств и водообильности. По скважинам имелось, с одной стороны, высокое поглощение (до 3 л/с) в интервале 255-270 м, с другой стороны – низкие коэффициенты фильтрации (0,02-0,71 м/сут) в интервалах опробования. Дебиты (0,003-0,52 л/с) и удельные дебиты (0,003-0,03 л/с), полученные в процессе пробных откачек, характеризовали эти отложения как слабо водообильные. Наиболее достоверное значение дебита 0,52 л/с, при понижении 17,7 м. Фильтрационные свойства меловых отложений определяются в основном трещиноватостью пород. Несмотря на то, что отложения, вскрытые скважинами сильно трещиноваты, коэффициенты фильтрации, рассчитанные по данным пробных откачек, получились невысокие: от 0,004 до 0,066 м/сут. Это объ-

яснялось тем, что трещины преимущественно залечены кварцем, кальцитом, цеолитом. Воды вскрытых водоносных комплексов напорные. Пьезометрические уровни установились на глубине от 3,8 до 63,5 м ниже поверхности земли.

Максимальная температура в скважине ГК-1 составляла 24°С на глубине 1100 м, в скважине ГК-2 – 14,7°С на глубине 873 м. Средний геотермический градиент по скважинам 2,1°С/100 м. Был сделан вывод, что воды с температурой 75-80°С можно ожидать на глубине порядка 3,5 км [3].

По химическому составу воды пирокластических отложений довольно пестрые. Здесь встречаются гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные, по катионному составу – натриево-кальциевые, кальциево-натриевые, реже – натриевые, обнаружен литий в количестве 0,18-0,5 мг/л. Минерализация увеличивается с глубиной от 0,2 до 0,4 мг/л, рН 7,2-8,25. Воды верхнемелового комплекса на участке характеризуются более постоянным химическим составом. Это сульфатно-гидрокарбонатные и гидрокарбонатно-сульфатные натриевые воды с минерализацией 0,3-0,4 г/л, рН 7,4-9,5.

Участок руч. Первого изучен только до глубины 1120 м. Положительных температурных аномалий в пределах изученных глубин не обнаружено. Гидрокарбонатно-сульфатный состав вод, щелочная реакция (рН 7,2-9,5) и содержание лития до 0,5 мг/л указывает на то, что в формировании подземных вод не исключена возможность участия глубинной составляющей. Был сделан вывод о том, что вопрос о возможности получения термальных вод из более глубоких горизонтов в южной части Корякско-Авачинской депрессии с повестки дня не снимается. Анализируя материалы работ, проведенных в южной части Корякско-Авачинской депрессии, авторы отчета [3] рекомендовали буровые работы проводить после более детальных гидрогеотермических, геофизических и гидрохимических исследований всей площади депрессии.

Результаты бурения скважины Г-1

Проведенный на участке «Хлебозавод» Петропавловской площади комплекс поисковых работ, включающий бурение поисковой скважины Г-1 глубиной 2542 м, промыслово-

геофизические исследования скважины, опытные гидрогеологические работы, стационарные наблюдения позволили охарактеризовать геолого-гидрологические, геотермические и гидрохимические условия участка «Хлебозавод» Петропавловской площади. Вскрытые породы представлены чередованием сланцев и андезито-базальтов предположительно мелового возраста. В нижней части разреза в интервале 2500-2530 м зафиксировано изменение литологии разреза (уменьшение количества и мощности кварцевых жил, увеличение трещиноватости). В этом же интервале имеет место изменение складчатости пород. Первичный разрез является существенно геосинклинальным с примесью вулканогенного материала андезито-базальтового состава. С глубиной в породе увеличивается содержание SiO_2 до 62-64 %. Материал однородный по разрезу, что свидетельствует о близости областей сноса вулканогенных и осадочных частиц. Степень рассланцевания (как первичного вулканогенно-осадочного, так и вторичного гидротермально-метаморфического) и пропилитизации возрастает с глубиной, также как и спектр, и содержание рудных минералов. Гидротермально-метаморфическое рассланцевание пород особо интенсивно проявлено в зонах повышенной трещиноватости и брекчирования.

Теплопроводность пород, определенная по испытаниям кернов, находится в пределах от 1 до 2 Вт/(м·К). При увеличении температуры с 50°C до 200°C теплопроводность изменяется не более, чем на 20 %. Средняя теплоемкость пород разреза составляет 900 Дж/(кг·град) при 50°C. Изменение теплоемкости, при увеличении температуры с 50°C до 200°C, составляет в сторону увеличения 20-30 %. Проницаемость пород по керну практически нулевая, пористость образцов изменяется от 0,19 % до 1,2 %.

Расчетное значение теплового потока на участке «Хлебозавод» составляет 59 ± 9 мВт/м². Установлен линейный характер изменения температуры в стволе скважины. Угол наклона графика изменения температуры в скважине в нижней части разреза с глубины порядка 2490 м несколько увеличивается. Расчетные значения геотермического градиента в скважине составляли: до 2500 м — 2,4°C на 100 м, с глубины 2490 мет-

ров — 2,6°С на 100 м. Замеренная в скважине температура на глубине 2530 м составила после выстойки одни сутки 60°С.

Замеренный суммарный дебит продуктивных зон после окончания бурения составил 0,3 л/с (25,9 м³/сут). Выявлено три зоны незначительных водопритоков в интервалах 1700-1800 м, 2412-2422 м и 2500-2530 м. Рассчитанные по данным опытных работ в скважине коэффициент водопроницаемости коллектора и коэффициент пьезопроводности составляют 0,041 м²/сут и 501 м²/сут.

Вода в скважине хлоридно-натриевого состава, имеет минерализацию 0,35 г/л, скважина газифицирует преимущественно метаном (64 %).

Полученные результаты следует учитывать при проведении дальнейших геологоразведочных работ и служат основанием для качественной интерпретации данных полевых геофизических, геохимических и геотермических исследований на Петропавловской площади. Авторы отчета [5] указывали на необходимость и перспективность постановки и проведения дальнейших поисково-разведочных работ на парогидротермы в пределах г. Петропавловска-Камчатского.

Результаты бурения скважин Р-2 и Р-3

Отложения, вскрытые скважинами, представлены породами верхнемелового возраста (интенсивно дислоцированные и зеленокаменно-измененные песчаники, алевролиты, кремнистые аргиллиты, туфы, туфопесчаники), палеоген-неогенового возраста (туфогенно осадочные и осадочные образования – туфоалевролиты, туфопесчаники, туфогравелиты, алевролиты, песчаники, гравелиты) и четвертичного возраста (глыбово-валунно-щебенисто-гравийные отложения, вулканические глыбы, щебень, гравий, суглинок, пепел). Доминирующее положение в разрезе занимают породы палеоген-неогенового комплекса (эоцен – средний миоцен), мощность которых составляет 1432 м. Породы гидротермально изменены и деформированы, трещиноватость слабая, трещины мелкие, обычно крутопадающие.

Гидрогеологические условия определяются наличием водоносных комплексов: четвертичных отложений, палеоген-неогеновых пород, отложений верхнемелового возраста. Ос-

новная роль принадлежит первым двум комплексам. В породах четвертичного возраста циркулируют пресные воды хлоридно-гидрокарбонатные со смешанным катионным составом и общей минерализацией 0,08 – 0,28 г/л. В отложениях палеоген-неогенового возраста вскрыты минеральные воды, насыщенные газом (газовый фактор 1,27) азотно-метанового состава. Общая минерализация достигает 22 г/л, состав хлоридно-натриевый.

Пресные подземные воды имеют свободную уровенную поверхность, уровни воды находятся на отметках от 11,1 до 44,95 ниже поверхности земли. Минеральные воды напорные с максимальным значением уровня воды +13,1 м (скв. Р-3). Фильтрационные свойства водонасыщенных пород четвертичного комплекса довольно высокие, коэффициенты водопроницаемости и фильтрации соответственно равны 918 м²/сут и 30 м/сут; удельные дебиты скважин изменяются от 1,32 до 7,5 л/с. Породы палеоген-неогенового комплекса имеют низкие фильтрационные характеристики, водопроницаемость водопроницающих зон не превышает 14-27 м²/сут, а с учетом поправки на газлифт составляет всего 3 м²/сут.

Максимальное значение температуры, измеренное в призабойной части скважины Р-3 составило 33°С, что соответствует температурному градиенту 1,96°С/100 м (средний температурный градиент для этого района равен 3,75°С/100 м). Низкие значения температур свидетельствуют об отсутствии термальных вод на данном участке в пределах изученных глубин, отвергая правомерность целого ряда поисковых признаков, указывающих на возможность получения гидротерм в данном районе Авачинской депрессии.

Минеральные воды палеоген-неогенового комплекса по химическому составу относятся к хлоридно-натриевому типу, слабощелочным с общей минерализацией до 22 г/л. По степени минерализации воды комплекса слабосоленые, общая минерализация с глубиной возрастает.

В химическом составе воды отсутствовали характерные для термальных вод компоненты — SO₄, F, As, что наряду с низкой температурой разреза, позволило сделать вывод о бесперспективности поисков термальных вод в мощной толще палеоген-

неогеновых отложений, заполняющих Авачинскую депрессию в пределах Радыгинской площади.

Буровыми работами заверена контрастная низкоомная аномалия проводимости. Она вызвана мощной толщей палеоген-неогеновых вулканогенно-осадочных пород, заполняющих Авачинскую депрессию, и высокой минерализацией вод седиментационного происхождения, циркулирующих в ней. Авторами отчета [6] был сделан вывод, что вероятность вскрыть термальные воды в пределах Авачинского грабена весьма проблематична, но на границах этой структуры — все же существует.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пашкевич Р.И., Павлов К.А. О размере, глубине залегания и свойствах магматического очага Авачинского вулкана // ГИАБ. ОВ 2 «Камчатка» (специальный выпуск). – 2014. – С. 183-191.

2. Пашкевич Р.И. и др. Отчет о научно-исследовательской работе: «Исследование геотермальных ресурсов Авачинской группы вулканов, полуостров Камчатка, Камчатский край». Фонды НИГТЦ ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 2015, в 3-х тт., 787 с.

3. Овчеренко В.В., Наумов Л.Т., Смирнова Н.Ф. Отчет о результатах поисковых работ, проведенных в 1968-1970 гг. в южной части Корьякско-Авачинской тектонической депрессии с целью оценки перспектив получения термальных вод. п. Термальный, ТГФ Камчатгеолкома, 1970.

4. Забарный Г.Н. Отчет о результатах бурения на термальные воды поисковой скважины Г-1 на участке «Хлебозавод» Петропавловской площади в 1986-1988 гг. ТГФ Камчатгеолкома, 1988.

5. Забарный Г.Н., Бураганов А.Б., Гайдаров Г.М. Результаты поисковых работ на геотермальные ресурсы в г. Петропавловск-Камчатский. Камчатский отдел ВНИПИГЕОТЕРМ, П-К, 1990, 124 с.

6. Евтухов А.Д. Отчет о результатах поисковых работ на Радыгинской площади 1991-1992 гг. ТГФ Камчатгеолкома, 1995. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

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

Павлов Кирилл Алексеевич – научный сотрудник, nigtc@kscnet.ru, Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук.



ANALYSIS OF DRILLING ACTIVITY FOR THERMAL WATER EXISTENCE NEAR AVACHA VOLCANO

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

Pavlov K.A., Research scientist, nigtc@kscnet.ru, Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia.

Analysis of data to prospect thermal water near volcanoes of Avacha-Koryaksky group in 1968-1993 is presented.

Key words: Avacha-Koryaksky group of volcanoes, thermal waters, geothermal resources, prospecting wells.

REFERENCES

1. Pashkevich R.I., Pavlov K.A. *O razmere, glubine zaleganiya i svoystvah magmaticheskogo ochaga Avachinskogo vulkana* (On the size, depth and properties of the magma chamber of Avachinsky volcano) // GIAB, OV 2, «Kamchatka» (special issue), 2014, pp. 183 — 191.

2. Pashkevich R.I., i dr. *Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote: «Issledovanie geotermalnykh resursov Avachinskoy gruppi vulkanov, poluostrov Kamchatka, Kamchatskiy kray»* (Report about scientifically-research work: "Investigation of geothermal resources of the Avachinsky group of volcanoes, Kamchatka Peninsula, Kamchatka Krai"). Fondy NIGTC DVO RAN, Petropavlovsk-Kamchatskiy, 2015, v 3-h tt., 787 p.

3. Ovcherenko V.V., Naumov L.T., Smirnova N.F. *Otchet o rezultatah poiskovih rabot, provedenikh v 1968 Koriyaksko-Avachinskaya gidrogeologicheskaya partiya* (A report on the results of prospecting carried out in 1968-1970 in the southern part of the Koryaksky-Avachinsky tectonic depression to assess the prospects of obtaining thermal waters), pos. Termalniy, Kamchatskaya oblast, 1970, 162 p.

4. Zabarniy G.N. *Otchet o rezultatah bureniya na termalniye vody poiskovoy skvazhiny G-1 na uchastke «Hlebozavod» Petropavlovskoy ploshadi v 1968-1988 gg* (A report on the results of drilling for thermal water exploratory well G-1 on site "Bakery" Peter and Paul square in 1986-1988). TGF Kamchatgeolkoma, 1988.

5. Zabarniy G.N., Buraganov A.B., Gaydarov G.M. *Rezultaty poiskovih rabot na geotermalniye resursy v g. Petropavlovsk-Kamchatskiy* (Results of prospecting for geothermal resources in Petropavlovsk-Kamchatskiy). Kamchatskiy otdel VNIPIGEOTERM, P-K, 1990, 124 p.

6. Evtuhov A.D. *Otchet o rezultatakh poiskovih rabot na Radyginskoy ploshady* (Report on results of prospecting for Radyginskaya square) / 1991–1992 gg. TGF Kamchatgeolkoma, 1995.