

Р.И. Пашкевич, В.А. Горбач, К.А. Павлов, А.В. Шадрин

**ТЕРМОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА УЧАСТКА
АВАЧИНСКОЙ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

Представлены результаты термометрической съемки в южном секторе Авачинской геотермальной системы.

Ключевые слова: геотермальная система, скважина, термометрическая съемка, термометрическая трубка, термометрические датчики.

В ходе исследований Авачинской геотермальной системы в 2014–2015 гг. [1], на площади работ в южном секторе Авачинской геотермальной системы в период 06.02.15 г. — 18.04.15 г. было пробурено 25 термометрических скважин, глубиной 10 м каждая [2]. Расположение скважин показано на рис. 1 (см. стр. 305).

Девять скважин были пробурены буровой установкой УБШМ-15, остальные скважины пробурены буровыми установками УГБ-1ВС и УГБ-50М на базе ГТТ. В ходе бурения из скважин, пробуренных установкой УБШМ-15, были отобраны пробы грунта (керна) с глубин 5 и 10 м. Из скважин, пробуренных установками УГБ-1ВС и УГБ-50М были отобраны пробы с глубин 5, 10 м и дополнительно на других глубинах, где встречался крепкий грунт. Пробы исследовались в НИГТЦ ДВО РАН на рентгеновском дифрактометре Rigaku Ultima IV с целью определения минерального состава [3]. По всем образцам керна были также исследованы тепловые свойства пород [4].

В скважины были установлены регистраторы с датчиками температуры на глубинах 5 и 10 м, что позволило регистрировать значения геотермического градиента в каждой скважине [5]. Количество точек измерения составило 50 (25x2) и соответствовало требованиям технического задания [1]. Обсадка скважин производилась полипропиленовыми и полиэтиленовыми трубами Ду50 и Ду40. В НИГТЦ ДВО РАН было разработано и использовалось 3 схемы обустройства скважин [6].

Силами НИГТЦ ДВО РАН в каждую скважину были установлены термометрические трубки и регистраторы температуры. В каждую скважину помещались полипропиленовые термометрические трубки с кабелем и датчиками. Для исключения влияния конвекции воздуха, в термометрических трубках и в пространстве между ними и обсадными трубами помещались ограничивающие движение воздуха диски. Разработанные НИГТЦ ДВО РАН конструкции скважин и термометрических трубок [6] удовлетворяли требованиям ГОСТ 25358—2012 «Грунты. Метод полевого определения температуры». Использованные для измерений двухканальные автономные регистраторы температуры EClerk-M-2Pt-N с термопреобразователем сопротивления Pt1000 с температурным коэффициентом $0,00385^{\circ}\text{C}^{-1}$ по ГОСТ 6651-2009 были разработаны ООО НПК «Рэлсиб», г.Новосибирск по специальному заказу НИГТЦ ДВО РАН: пределы допускаемой абсолютной погрешности регистраторов в диапазоне от 0 до 20°C не более $0,06^{\circ}\text{C}$, разрешающая способность $0,03^{\circ}\text{C}$. Погрешность удовлетворяла требованиям ГОСТ 25358-2012 «Грунты. Метод полевого определения температуры». Период регистрации отсчетов от 1 секунды до 24 часа с шагом 1 секунда. Емкость памяти 260 тыс. пар значений двух каналов температуры при одной сессии регистрации. Точность хода часов реального времени не хуже 1 с/сут. Программный комплекс обеспечивает настройку (конфигурирование), запуск/остановка измерений, сохранение/чтение данных из прибора в файл, экспорт данных в формате Excel, просмотр и фильтрацию данных в таблице, создание отчета для печати, проведение юстировки, просмотр графиков. Каждый температурный датчик в каждом регистраторе проходил индивидуальную заводскую калибровку. До момента поставки указанных регистраторов, в целях получения более длительного периода наблюдения температур, в скважины №№ 4_21, 4_15, 4_12, 4_9, 4_3 и 4А_02, после окончания бурения и обсадки, были установлены другие регистраторы: Onset Tidbit v2 Temp и DS1922L#F50. Регистрация с помощью EClerk-M-2Pt-N производилась с дискретностью записи 1 мин. Периодически осуществлялись выезды на участок работ и в часто тяжелых полевых

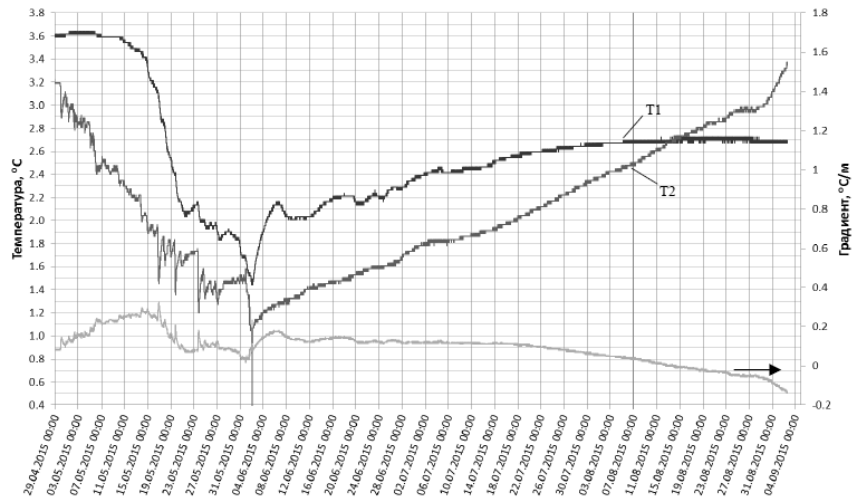


Рис. 2. Температура и градиент температуры в скважине 1. T1 – на глубине 10 м, T2 – на глубине 5 м

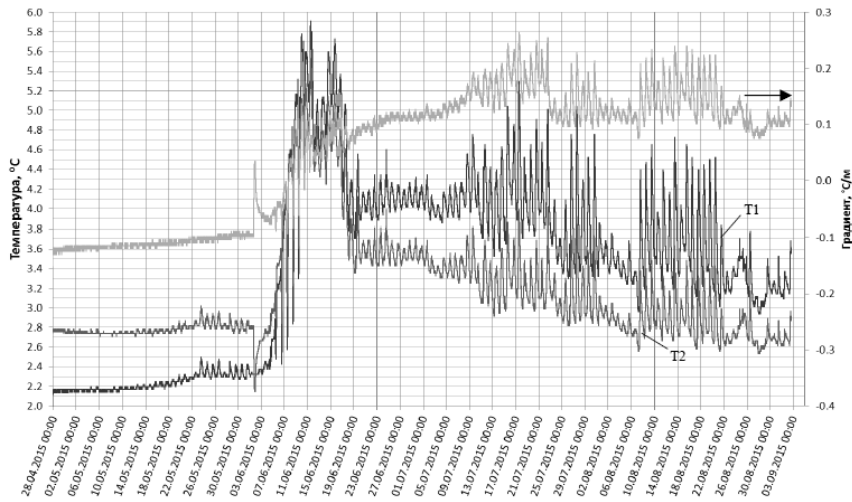


Рис. 2 (продолжение). Температура и градиент температуры в скважине 5

условиях данные измерения температур с регистраторов переносились на ноутбук для последующей обработки [5]. На рис. 2 представлены данные измерений температуры в скважинах на глубине 5 и 10 м, а также расчетный градиент тем-

пературы. Из графиков видно, что температурный режим на глубине 5 м в течение периода наблюдений не являлся стационарным, температура снижалась вследствие влияния движения грунтовых вод в начале интенсивного таяния снега, начиная с июня-месяца.

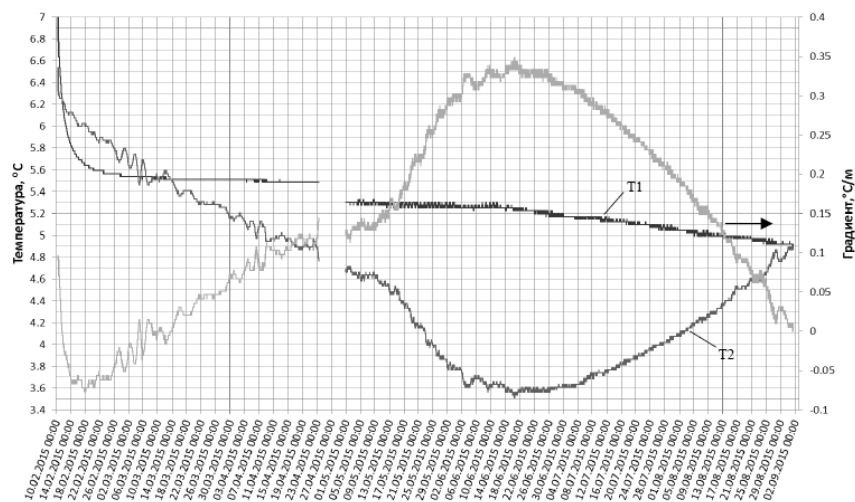


Рис. 2 (продолжение). Температура и градиент температуры в скважине 4_21

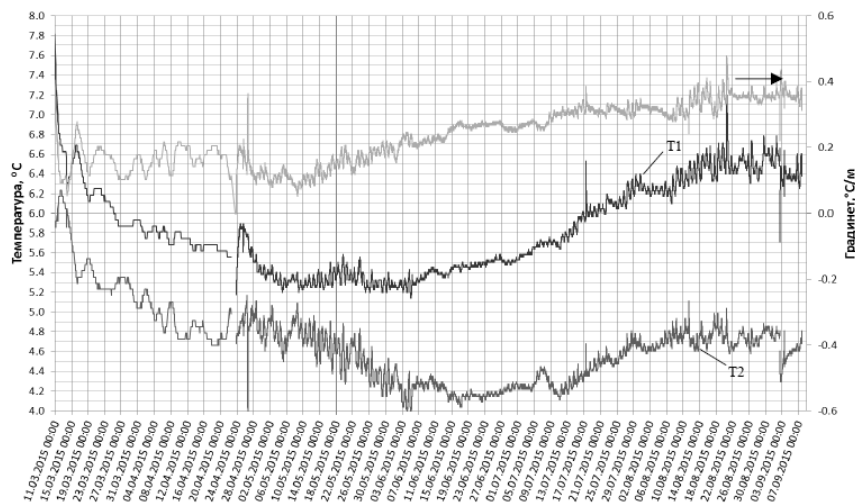


Рис. 2 (продолжение). Температура и градиент температуры в скважине 4_15

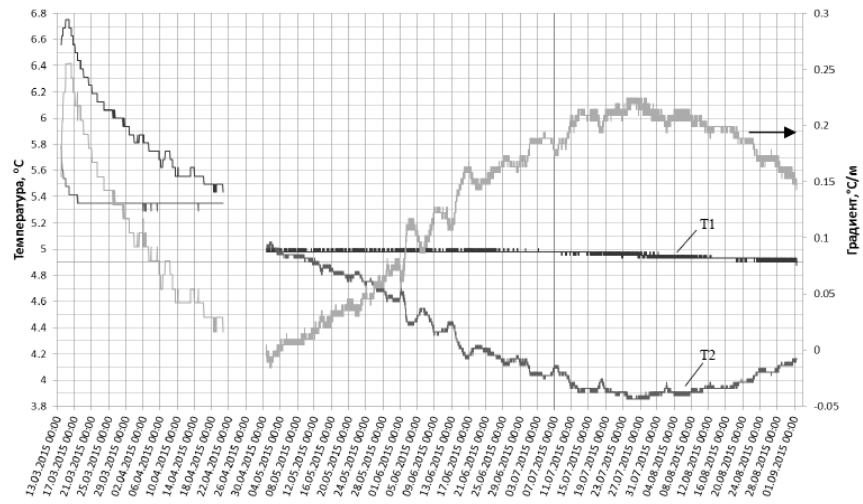


Рис. 2 (продолжение). Температура и градиент температуры в скважине 4_12

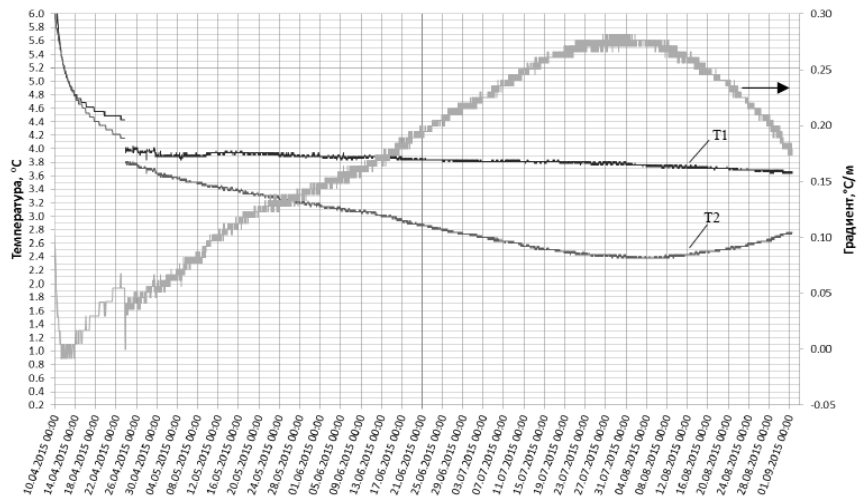


Рис. 2 (окончание). Температура и градиент температуры в скважине 4_03

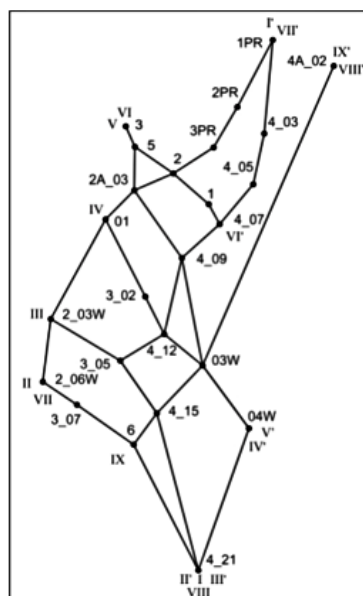


Рис. 3. Расположение геотермических профилей

Наиболее ярко указанное влияние прослеживается по графикам температур в скважинах №№ 4A_02, 4_07, 4_05, 1, 1PR, 3_05, 3_07, 3PR, 01, 2A_03, 6 и 5. На глубине 10 м сезонные изменения температуры выражены слабее. В скважинах №№ 4_21, 4_12, 4_09, 4A_02, 4_03, 4_07, 4_05, 2PR, 3_02, 3_05, 3PR, 01, 2_03W, 2_06W, 2A_03, 6, 2 и 3 температура на глубине 10 м была практически стабильна с начала мая, причем в скважинах №№ 2PR, 3PR, 3_02, 2A_03 и 2 она в

этот период даже незначительно повышалась, но не более чем на 0,2°С.

Интерполяция поля температур и построения карт, представленных на рис. 5–7 (см. стр. 306–308) производилась на базе программного комплекса Rockware Rockworks 2006. Выбрана прямоугольная сетка 70 x100 ячеек. Использовался алгоритм взвешивания обратно расстоянию (Inverse Distance Weighted), заключающийся во взвешивании значений в точках таким образом, что влияние известного значения точки затухает с увеличением расстояния до неизвестной точки, значение температуры в которой нужно определить. Значение коэффициента «Exponent» было установлено равным 5. Использовался весь ряд данных при назначении узлов (PointSelection=All).

Из рис. 4–7 можно сделать вывод, что наиболее прогретыми участками на глубинах 5 и 10 м, являются окрестности скважин 4_21, 4_15, 4_12, и 3_07.

На рис. 3 и 4 представлены соответственно схема расположения и геотермические профили, построенные по замерам температур на глубине 10 м, 05.06.15 г. и 01.09.15 г. Из рис. 4 видно, что вдоль профиля I - I выявляется аномалия распределения температур по площади участка работ. Указанная аномалия,

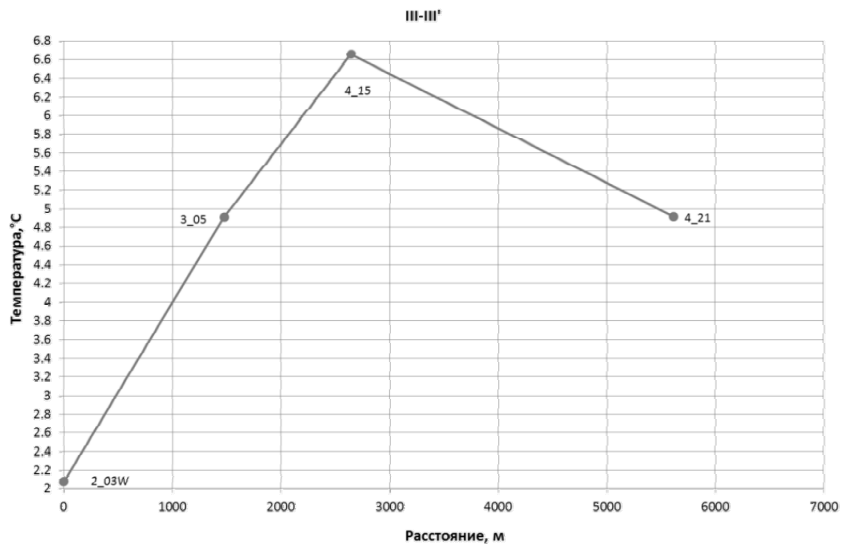
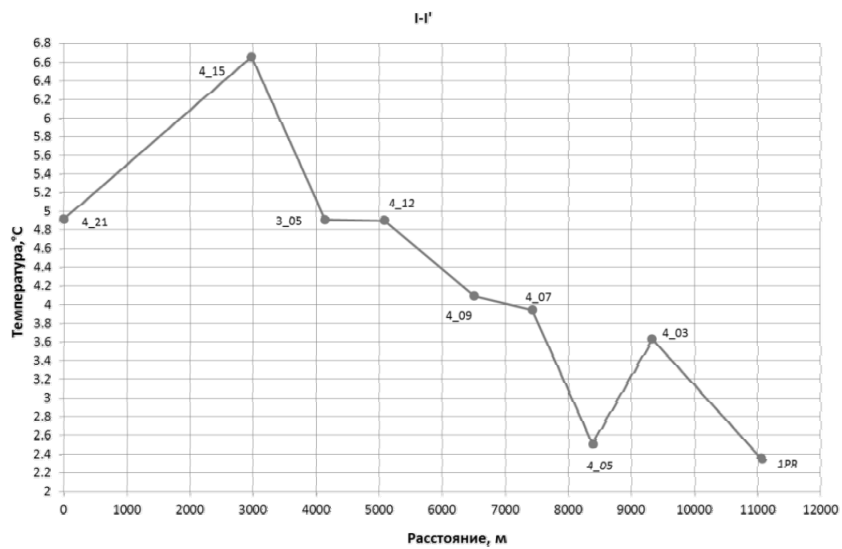


Рис. 4 (начало). Геотермические профили. Замеры на глубине 10 м, 01.09.2015 г.

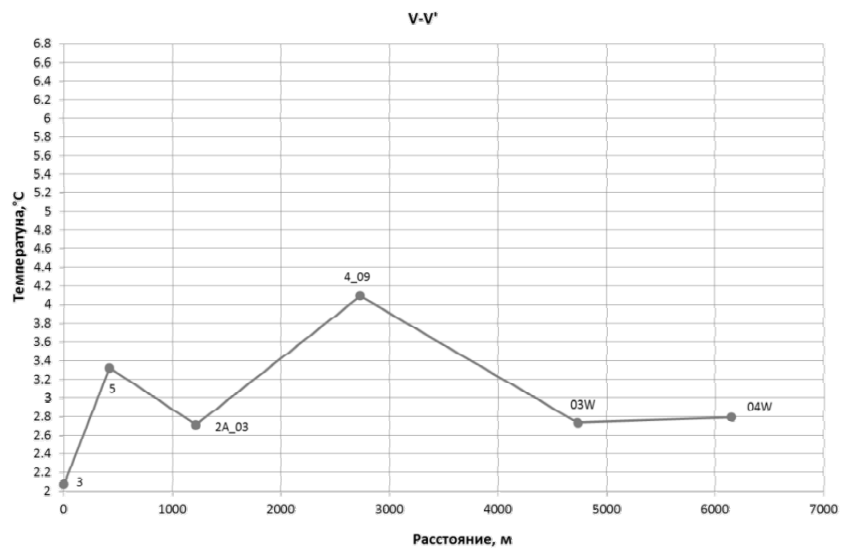
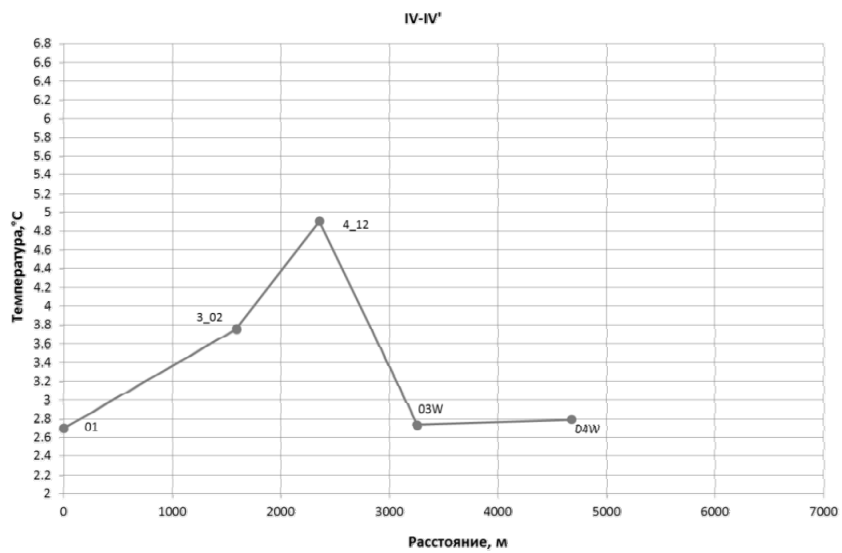


Рис. 4 (продолжение). Геотермические профили. Замеры на глубине 10 м, 01.09.2015 г.

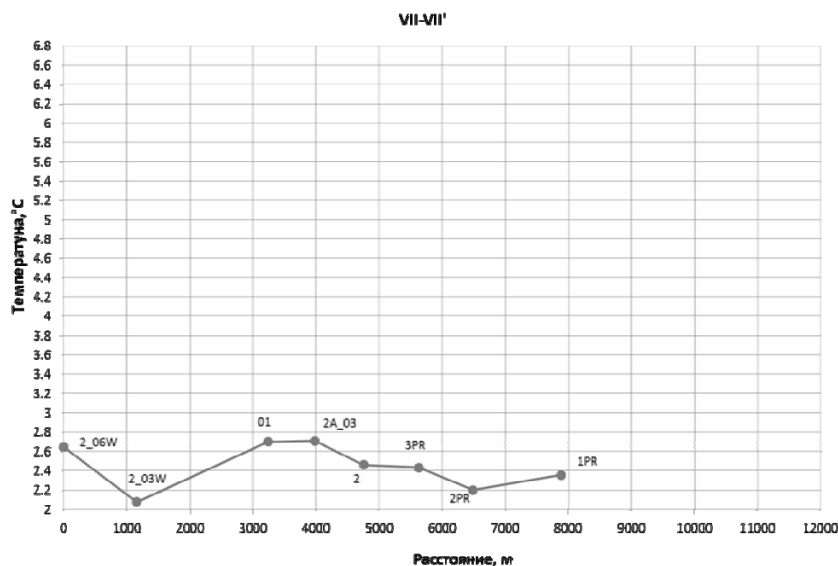


Рис. 4 (окончание). Геотермические профили. Замеры на глубине 10 м, 01.09.2015 г.

вероятно, связана с разломом по р.Сухая речка и «Лавовой пади». Представленные здесь данные являются предварительными. Окончательно локализация аномалии температур будет установлена по получению годового цикла замеров температур на глубинах 5 и 10 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Пашкевич Р.И. Опыт проведения буровых работ для термометрической съемки на Авачинской геотермальной системе // ГИАБ № 11, Специальный выпуск № 63 «Камчатка-2», 2015, с. 121-123.
3. Пашкевич Р.И., Таранов С.Р., Кунгурова В.Е. Состав пород участка Авачинской геотермальной системы // ГИАБ № 11, Специальный выпуск № 63 «Камчатка-2», 2015, с. 86-107.
4. Пашкевич Р.И., Попов Е.Ю., Савельев Е.Г., Ромушкевич Р.А., Павлов К.А. Экспериментальные исследования тепловых свойств пород Авачин-

ской геотермальной системы, Камчатка // ГИАБ № 11, Специальный выпуск № 63 «Камчатка-2», 2015, с. 7-23.

5. Пашкевич Р.И., Горбач В.А., Павлов К.А. Опыт выполнения термометрической съемки на Авачинской геотермальной системе // ГИАБ № 11, Специальный выпуск № 63 «Камчатка-2», 2015, с. 239-243.

6. Пашкевич Р.И., Горбач В.А., Павлов К.А., Иодис В.А. Способы обустройства скважин для термометрической съемки геотермальных систем // ГИАБ № 11, Специальный выпуск № 63 «Камчатка-2», 2015, с. 40-54. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

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

Горбач Владимир Александрович – кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе, vgorbach@kscnet.ru,

Павлов Кирилл Алексеевич – научный сотрудник, nigtc@kscnet.ru,

Шадрин Александр Витальевич – младший научный сотрудник, nigtc@kscnet.ru, Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения РАН.



UDC 550.83

THERMOMETRIC SURVEY OF AVACHA GEOTHERMAL SYSTEM AREA

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

Gorbach V.A., Candidate of Technical Sciences, Deputy Director for Science, vgorbach@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,

Shadrin A.V., Junior research scientist, nigtc@kscnet.ru, Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia.

The results of thermometric survey in the south area of Avacha geothermal system are presented.

Key words: geothermal system, well, thermometric survey, thermometric tube, thermometric logger.

REFERENCES

1. Pashkevich R.I i dr. *Otchet o nauchno issledovatel'skoj rabote: «Issledovanie geotermalnyh resursov Avachinskoj gruppy vulkanov, poluostrov Kamchatka, Kamchatskij kraj* (Report about scientifically-research work: "Investigation of geothermal resources of the Avachinsky group of volcanoes, Kamchatka Peninsula, Kamchatka Krai) fondy NIGTC DVO RAN, Petropavlovsk-Kamchatskij, 2015, v 3-h t., 787 p.
2. Pashkevich R.I. *Opyt provedeniya burovyh rabot dlya termometriceskoj sjemki na Avachinskoj geotermalnoj sisteme* (Experience of carrying out drilling operations for thermometric shooting at Avachinsky geothermal system) // GIAB No 11, «Kamchatka-2» (special issue) No 63. 2015, pp. 121-123.
3. Pashkevich R.I., Taranov S.R., Kungurova V.E. *Sostav porod uchastka Avachinskoj geotermalnoj sistemy* (Composition of the rocks of Avachinsky area of the geothermal system) // GIAB No 11, «Kamchatka-2» (special issue) No 63. 2015, pp. 86-107.
4. Pashkevich R.I., Popov E.Yu., Savelyev E.G., Romushkevich R.A., Pavlov K.A. *Eksperimentalniye issledovaniya teplovyh svoystv porod Avachinskoj geotermalnoj sistemy* (Experimental investigation of thermal properties of rocks of the geothermal system) // GIAB No 11, «Kamchatka-2» (special issue) No 63. 2015, pp. 7-23.
5. Pashkevich R.I., Gorbach V.A., Pavlov K.A. *Opyt vipolneniya termometriceskoj sjemki na Avachinskoj geotermalnoj sisteme* (Experience of implementation of thermometric shooting at Avachinsky geothermal system). GIAB No 11, «Kamchatka-2» (special issue) No 63. 2015, pp. 239-243.
6. Pashkevich R.I., Gorbach V.A., Pavlov K.A., Iodis V.A. *Sposoby obustroystva skvazhin dlya termometriceskoj sjemki geotermalnykh system* (Ways of arrangement of wells for geothermal heat shooting systems) // GIAB No 11, «Kamchatka-2» (special issue) No 63. 2015, pp. 40-54.