

Р.И. Пашкевич, В.В. Югин, В.А. Агачев

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ
ДАННЫХ КОСМИЧЕСКОГО СНИМКА УЧАСТКА
АВАЧИНСКОЙ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

Представлены результаты обработки тепловизионных данных космического снимка участка Авачинской геотермальной системы.

Ключевые слова: геотермальная система, тепловизионные данные, космический снимок.

В рамках выполнения научно-исследовательских работ по изучению тепловых ресурсов Авачинской геотермальной системы [1], выполнялась обработка тепловизионных данных космического снимка [1, 2]. Поскольку в исследуемом районе системы ранее было пробурено только три скважины [1, 13] и детальная структура геотермического поля системы оставалась неизвестной, наряду с выполненной термометрической съемкой [6], была предпринята попытка построения предварительной геотермической модели участка системы на основе обработки тепловизионных данных космического снимка.

В масштабе 1:50000 были определены 5 профилей (№№1–5) общей протяженностью 55,85 пог.км, рис. 1 (см. стр. 309). Решались следующие задачи: создание вертикальных карт интенсивности теплового излучения и градиента теплового излучения до глубины 5 км; выполнение интерпретации геотермических разрезов по профилям; выделение геотермических аномалий, перспективных для поисков теплоэнергетических вод. Для достижения целей были созданы разрезы по дополнительным 5-ти профилям №№ 6, 7, 8, 2А и 4А — протяженностью 54,15 пог.км. Общая площадь исследования составила 168,7 кв.км. Были выполнены следующие виды работ: анализ, выборка и увязка TIR-канала космического снимка Landsat-8, с нулевой облачностью на площади работ, дата съемки 12.09.2014 г.; про-

граммно-математическая компьютерная обработка нормированных цифровых тепловизионных данных; составлены геотермические разрезы масштаба 1: 50000, общей протяженностью 110 км; карты вертикальных градиентов теплового излучения масштаба 1: 50000 по латеральным срезам в интервале глубин от 120 м до 2100 м. Вычислены величины вертикальных градиентов по виртуальным вертикальным линиям с шагом 60 м в 34 точках профилей №2А и №4А; проведена интерпретация данных теплового излучения по разрезам и разноглубинным срезам; прослежены в плане и в разрезе проницаемые зоны, восходящие с глубин более 2 км; результаты интерпретации были представлены в виде разрезов и карт проницаемых зон. Полные результаты работ представлены в отчетах [1,2].

В настоящей работе приводятся краткие результаты указанных работ по обработке тепловизионных данных космического снимка. Используемая при этом технология термометрического дешифрирования данных космических тепловизионных съемок описана в серии работ [3–5] и была применена также для построения предварительной геотермической модели Нижне-Дзензурского геотермального месторождения [12].

На рис. 2–4 (см. стр. 309–310) представлены, построенные по результатам обработки тепловизионных данных, карты распределения вертикального градиента теплового излучения по латеральному срезу на глубинах 300, 600 и 1200 м, на рис. 5 и 6 (см. стр. 311–312) — построенные геотермические разрезы по профилям №№2А и 4А. Расположение профилей №№2А и 4А соответствует расположению профилей №№2 и 4 выполненных в 2011 г. аудиомагнитотеллурических исследований в южном секторе Авачинской геотермальной системы [8].

Полученные результаты обработки тепловизионных данных космического снимка использовались в работах [9,10] для установления степени соответствия указанных результатов данным термометрической съемки [6], магнитотеллурических исследований [8], а также данным термогидродинамического моделирования Авачинской геотермальной системы [11]. Первоначальная термогидродинамическая модель Авачинской геотермальной системы [7], была модифицирована [1,11], в том числе, и с учетом результатов обработки тепловизионных данных космического снимка.

Представленные данные являются частью работы по построению трехмерной геотермической модели Авачинской геотермальной системы на базе обработки данных космоснимков по достаточно большому количеству профилей и латеральных срезов. Разработка указанной модели является задачей дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пашкевич Р.И. и др. Отчет о научно-исследовательской работе: «Исследование геотермальных ресурсов Авачинской группы вулканов, полуостровов Камчатка, Камчатский край». Фонды НИГТЦ ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 2015, в 3-х тт., – 787 с.
2. Югин В.В., Агачев В.А. Отчет по обработке космического снимка в рамках выполнения научно-исследовательской работы «Исследование геотермальных ресурсов Авачинской группы вулканов, полуостровов Камчатка, Камчатский край». Фонды НИГТЦ ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 2015.
3. Югин В.В., Мясников И.Ф., Агачев В.А. Новая технология термометрического дешифрирования и геологической интерпретации данных космических тепловизионных съемок // Нефть. Газ. Новации. Самара, 2013. № 12. – С. 44-48.
4. Югин В.В., Мясников И.Ф., Агачев В.А. Глубинное термометрическое дешифрирование космотепловизионных данных // Геология и охрана недр. Алматы, 2013, №4, с. 36-47.
5. Югин В.В., Мясников И.Ф., Агачев В.А. Современная геотермодинамика структуры Курмангазы в шельфе Каспия по данным космических тепловизионных съемок. // Геология и охрана недр. Алматы, №3. — 2014. — С. 54-60.
6. Пашкевич Р.И., Горбач В.А., Павлов К.А., Шадрин А.В. Термометрическая съемка участка Авачинской геотермальной системы // ГИАБ № 11, Специальный выпуск № 63 «Камчатка-2», 2015. – С. 24-34.
7. Пашкевич Р.И., Павлов К.А. Термогидродинамическое моделирование Авачинской магматогенной геотермальной системы // ГИАБ, Специальный выпуск «Камчатка». 2014. – С. 192-204.
8. Пашкевич Р.И., Песоцкий Д.Г., Балыков А.А., Мамаев Д.В. Магнитотеллурические исследования в южном секторе Авачинской геотермальной системы // ГИАБ, Специальный выпуск «Камчатка». 2014. – С. 47-53.
9. Пашкевич Р.И., Шадрин А.В. Корреляция термометрических, тепловизионных и магнитотеллурических данных для участка Авачинской геотермальной системы // ГИАБ № 11, Специальный выпуск № 63 «Камчатка-2», 2015. – С. 82-85.
10. Пашкевич Р.И., Мамаев Д.В. Корреляция данных термометрической съемки, обработки космического снимка и численного термодинамического моделирования Авачинской геотермальной системы // ГИАБ № 11, Специальный выпуск № 63 «Камчатка-2», 2015. – С. 79-81.

11. Пашкевич Р.И., Мамаев Д.В., Павлов К.А. Термогидродинамическое моделирование Авачинской геотермальной системы с учетом данных термометрии и космических снимков // ГИАБ № 11, Специальный выпуск № 63 «Камчатка-2», 2015, С.

12. Пашкевич Р.И., Югин В.В., Агачев В.А., Середкин И.Н. Предварительные результаты термометрической съёмки на Нижне-Дзензурском геотермальном месторождении // ГИАБ № 11, Специальный выпуск № 63 «Камчатка-2», 2015. – С. 163-167.

13. Пашкевич Р.И., Павлов К.А. Анализ буровых работ на термальные воды в окрестности Авачинского вулкана // ГИАБ № 11, Специальный выпуск № 63 «Камчатка-2», 2015. – С. 108-115. **ГИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Пашкевич Роман Игнатьевич – доктор технических наук, директор, pashkevich@kscnet.ru,
Югин Владимир Ванифальевич,
Агачев Виталий Анатольевич,
Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук.



UDC 519.876.5+536.246+550.832.6+528.71+550.836

THE RESULTS OF PROCESSING THERMAL IMAGING THE SNAPSHOT DATA SPACE OF THE PLOT AVACHINSKY GEOTHERMAL SYSTEM

Pashkevich R.I., doctor of technical Sciences, Director, pashkevich@kscnet.ru research geotechnological center, far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, Russia,
Ugin V.V., Scientific-research geotechnological center, far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, Russia,
Agachev V.A., Scientific-research geotechnological center, far Eastern branch of the Russian Academy of Sciences, Russia.

Presents the results of processing thermal imaging data the satellite image of the area of the Avacha geothermal system.

Key words: geothermal system, thermal data, satellite images.

REFERENCES

1. Pashkevich R.I. i dr. *Otchet o nauchno-issledovatel'skoj rabote: «Issledovanie geotermal'nyh 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 tt., 787 p.

2. Jugin V.V., Agachev V.A. *Otchet po obrabotke kosmicheskogo snimka v ramkah vypolnenija nauchno-issledovatel'skoj raboty «Issledovanie geotermal'nyh resursov Avachinskoj gruppy vulkanov, poluostrov Kamchatka, Kamchatskij kraj* (Report on the processing of satellite imagery in the framework of research work "Investigation of geothermal resources of the Avachinsky group of volcanoes, Kamchatka Peninsula, Kamchatka Krai). Fondy NIGTC DVO RAN, Petropavlovsk-Kamchatskij, 2015.
3. Jugin V.V., Mjasnikov I.F., Agachev V.A. *Novaja tehnologija termometričeskogo deshifirovanija i geologičeskoi interpretacii dannyh kosmičeskikh teplovizionnyh semok* (New technology thermometric interpretation and geological interpretation of space imaging surveys) // Neft'. Gaz. Novacii. Samara, 2013. No 12. pp. 44-48.
4. Jugin V.V., Mjasnikov I.F., Agachev V.A. *Glubinnoe termometričeskoe deshifirovanie kosmoteplovizionnyh dannyh* (Deep thermometric decoding comtemplating data) // Geologija i ohrana neдр. Almaty, 2013. No 4, pp. 36-47.
5. Jugin V.V., Mjasnikov I.F., Agachev V.A. *Sovremennaja geotermodynamika struktury Kurmangazy v shelfe Kaspija po dannyh kosmičeskikh teplovizionnyh semok* (Modern heterodynamic of the Kurmangazy structure in the Caspian shelf, according to space imaging surveys) // Geologija i ohrana neдр. Almaty, No 3. 2014. pp. 54-60.
6. Pashkevich R.I., Gorbach V.A., Pavlov K.A., Shadrin A.V. *Termometričeskaja s#emka uchastka Avachinskoj geotermal'noj sistemy* (Thermometric survey of the area of the Avacha geothermal system) // GIAB No 11, Special'nyj vypusk No 63 «Kamchatka-2». 2015, pp. 24-34.
7. Pashkevich R.I., Pavlov K.A. *Termogidrodinamičeskoe modelirovanie Avachinskoj magmatogennoj geotermal'noj sistemy* (Thermohydrodynamic modeling of Avachinsky magmatogene geothermal system) // GIAB, Special'nyj vypusk «Kamchatka». 2014. pp.192-204.
8. Pashkevich R.I., Pesockij D.G., Balykov A.A., Mamaev D.V. *Magnitotelluričeskije issledovanija v južnom sektore Avachinskoj geotermal'noj sistemy* (Magnetotelluric studies in the southern sector of the Avachinsky geothermal system) // GIAB, Special'nyj vypusk «Kamchatka». 2014. pp.47-53.
9. Pashkevich R.I., Shadrin A.V. *Korreljacija termometričeskikh, teplovizionnyh i magnitotelluričeskikh dannyh dlja uchastka Avachinskoj geotermal'noj sistemy* (Correlation of temperature, thermal imaging and magnetotelluric data for the area of Avachinsky geothermal system) // GIAB No 11, Special'nyj vypusk No 63 «Kamchatka-2». 2015, pp. 82-85.
10. Pashkevich R.I., Mamaev D.V. *Korreljacija dannyh termometričeskoi s#emki, obrabotki kosmicheskogo snimka i čislennogo termodinamičeskogo modelirovanija Avachinskoj geotermal'noj sistemy* (Correlation of thermometric shooting, processing of satellite imagery and numerical thermodynamic modeling of the geothermal system Avachinsky) // GIAB No 11, Special'nyj vypusk No 63 «Kamchatka-2». 2015.
11. Pashkevich R.I., Mamaev D.V., Pavlov K.A. *Termogidrodinamičeskoe modelirovanie Avachinskoj geotermal'noj sistemy s učetom dannyh termometrii i kosmičeskikh snimkov* (Thermohydrodynamic modeling of Avachinsky geothermal system based on the data of thermometry and satellite images) // GIAB No 11, Special'nyj vypusk No 63 «Kamchatka-2», 2015, pp. 79-81.
12. Pashkevich R.I., Jugin V.V., Agachev V.A., Seredkin I.N. *Predvaritel'nye rezul'taty termometričeskoi sjomki na Nizhne-Dzenzurskom geotermal'nom mestorozhdenii* (Preliminary results of thermometric shooting on the lower-Dzenzurski geothermal field) // GIAB No 11, Special'nyj vypusk No 63 «Kamchatka-2», 2015, pp. 163-167.
13. Pashkevich R.I., Pavlov K.A. *Analiz burovnyh rabot na termal'nye vody v okrestnosti Avachinskogo vulkana* (Analysis of drilling for thermal waters in the vicinity of the Avacha volcano) // GIAB No 11, Special'nyj vypusk No 63 «Kamchatka-2», 2015, pp. 108-115.