

УДК 551.234+550.8.04

**Д.В. Мамаев**

**ТЕПЛОВЫЕ РЕСУРСЫ КОШЕЛЕВСКОЙ  
МАГМАТОГЕННОЙ ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

*Представлен обзор результатов ранее выполненных геотермических исследований Кошелевской геотермальной системы.*

*Ключевые слова: геотермальные ресурсы, Кошелевская магматогенная геотермальная система.*

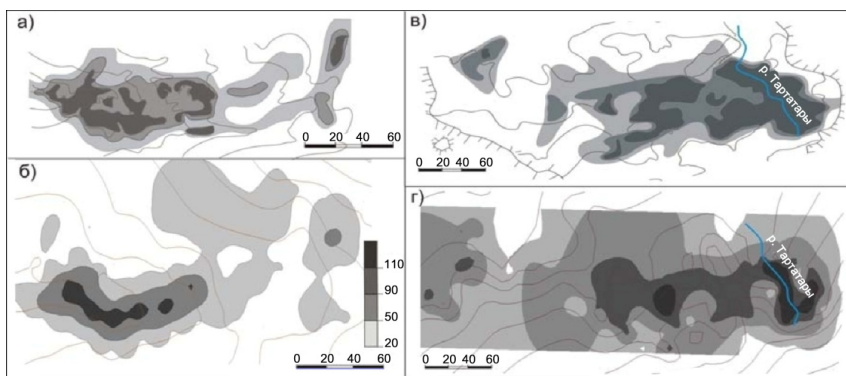
---

**1 Геотермические исследования**

Кошелевский вулканический массив принадлежит Паужетско-Камбально-Кошелевскому геотермальному району, входящему в состав Южно-Камчатской геотермальной провинции [1]. Вулканический массив приурочен к южной части Восточно-Камчатского вулканического пояса [7], сложен из пяти построек вулканов [8]: Древне-Кошелевского, Западного, Валентин, Центрального и Восточного (рис. 1 (см. стр. 330)).

На дневной поверхности Кошелевская геотермальная система проявляется разгрузкой на территории Нижне-Кошелевского (западный склон вулкана Западный) и Верхне-Кошелевского (кальдера вулкана Валентин) термальных полей и нескольких групп термальных источников: Сивучинские, Промежуточные, Кальдерные, Шумные, Сказка (рис. 1). В 1966 – 1967 и 2005 – 2008 годах была проведена термометрическая съемка площадей Нижне-Кошелевского и Верхне-Кошелевского термальных полей, измерены температуры газопаровых струй и термальных источников [2, 9].

Нижне-Кошелевское термальное поле находится в зоне отрицательной магнитной аномалии. По данным площадной магнитометрической съемки 2010 года [10] размеры магнитной аномалии значительно больше области температурной аномалии на дневной поверхности. В ходе работ 2005 – 2008 гг. [9] на термальных полях Кошелевского массива были отмечены изменения по сравнению с данными 1966 – 1967 годов [2]. По данным



**Рис. 2. Схемы распределения температур на площадях термоаномалий:** а, б – Нижне-Кошелевская: а – данные 1966 – 1967 гг. [2], б – данные 2007–2008 гг. [9]; в, г – Верхне-Кошелевская: в – данные 1966–1967 гг. [2], г – данные 2007–2008 гг. [9]

термометрической съемки на Нижне-Кошелевском термальном поле площадь прогрева грунтов по изотерме 20°C существенно увеличилась, появился новый крупный участок на севере аномалии (рис. 2). Участки с температурами грунтов более 50 и 90°C сохранились в прежних контурах и четко трассируют термовыводящий разлом вдоль оврага ручья Гремучий [9]. Наиболее высокотемпературные фумаролы имеют температуру до 127°C, более высокую по сравнению с данными [2].

На Верхне-Кошелевском термальном поле увеличилась площадь участков по изотермам 20 и 50°C (рис. 2). Обнаружен новый участок прогрева, на котором происходит разгрузка термальных вод с температурами 50–74°C [9]. Сравнение результатов двух экспедиций, состоявшихся с интервалом около 40 лет, свидетельствует об относительно большой скорости изменения конфигурации и внутренней структуры термальных полей [9].

## **2. Оценка тепловой мощности и прогнозные геотермальные ресурсы месторождения парогидротерм**

По оценкам, произведенным по аналогии с пародоминирующими месторождениями Мацукава (Япония) и Гейзерс (США, Калифорния), Кошелевское месторождение способно обеспечить работу ГеоТЭС мощностью 87 МВт [13]. В 1966 – 1967 годах выполнялось определение перспектив использования Кошелевских парогидротерм для целей геотермальной

энергетики, было проведено детальное изучение Верхне-Кошелевских и Нижне-Кошелевских термальных полей, а также ряда термальных источников [2]. Для оценки естественного выноса тепловой энергии были проведены работы по определению величины естественного выноса тепла газопаровыми струями, источниками и поверхностными водотоками, теплоотдачей поверхности грунта и поверхности кипящих водоемов. Оценки выноса тепла для Верхне-Кошелевского и Нижне-Кошелевского термальных полей по данным [2] приведены в табл. 1 и 2.

Авторы [2] отмечают относительно небольшую отдачу тепла с поверхности грунта. Общая величина естественного выноса тепловой энергии на Верхне-Кошелевском термальном поле составляет около 201 МВт, на Нижне-Кошелевском – около 105 МВт [2]. Величина выноса тепла может служить нижним пределом для оценки тепловой мощности термоаномалии или месторождения в целом.

В табл. 3 сведены оценки прогнозных геотермальных ресурсов Нижне-Кошелевского участка месторождения парогидротерм и Кошелевской геотермальной системы в целом по данным из различных литературных источников.

Как видно из табл. 3, оценки прогнозной электрической мощности по разным данным существенно отличаются.

### **3. Тепловое питание геотермальной системы**

Вопрос о соотношении между гидротермальной и вулканической деятельностью рассматривался в [1, 3, 11]. Достоверных сведений об источнике теплового питания Кошелевской геотермальной системы нет. В пользу мантийного питания может свидетельствовать высокое изотопное отношение  $^3\text{He}/^4\text{He}$ , одно из самых высоких среди исследованных флюидов Камчатки [13]. На Нижне-Кошелевском участке изотопное отношение  $^3\text{He}/^4\text{He}$  составляет  $0,87 \cdot 10^{-5} - 1,07 \cdot 10^{-5}$  [5], указывая на генетическую связь гидротермальной деятельности с дегазацией мантии [14]. Однако большинство исследователей на основании геологического строения и тектоники района в целом и вулканического массива в частности сходятся во мнении, что источником тепловой энергии является магматический очаг (или несколько), залегающий на относительно небольшой глубине [2, 4, 6, 12, 13]. В [17] на основе тепловых расчетов показано, что магматические очаги могут сохранять постоянные

Таблица 1

**Вынос тепла Верхне-Кошелевского термального поля по данным [2]**

Интервал температур на глубине 0,5 м, °С	Площадь участка термального поля, м <sup>2</sup>	Модуль парения, кВт/м <sup>2</sup>	Модуль теплоотдачи с поверхности, кВт/м <sup>2</sup>	Вынос тепла, МВт						
				Распределочное парение	Теплоотдача с поверхности	Мощные газопаровые струи с T > 120 °С	Средние и слабые газопаровые струи с T = 120 - 96 °С	Поверхность кипящих водоёмов	Источники и ручьи	
20-50	12 650	-	0,167	-	2,09	-	-	-	-	-
50-90	8 900	0,126	0,419	1,13	3,73	-	-	-	-	-
> 90	11 880	2,093	1,256	24,87	14,91	-	-	-	-	-
<b>Итого</b>	-	-	-	<b>25,96</b>	<b>20,73</b>	<b>25,96</b>	<b>87,92</b>	<b>22,19</b>	<b>10,01</b>	<b>10,01</b>

Таблица 2

**Вынос тепла Нижне-Кошелевского термального поля по данным [2]**

Интервал температур на глубине 0,5 м, °С	Площадь, м <sup>2</sup>	Модуль парения, кВт/м <sup>2</sup>	Модуль теплоотдачи с поверхности, кВт/м <sup>2</sup>	Вынос тепла, МВт						
				Распределочное парение	Теплоотдача с поверхности	Мощные газопаровые струи с T > 97 °С	Средние и слабые газопаровые струи с T 97 °С	Поверхность кипящих волоомов	Источники и ручьи	
20-30	12 900	-	0,167	-	2,01					
30-50	6 900	-	0,293	-	2,01					
50-70	7 300	0,126	0,419	0,92	3,06					
70-90	4 500	0,251	0,628	1,13	3,18					
> 90	7 400	2,09	1,26	15,49	9,25					
<b>Итого</b>				<b>17,54</b>	<b>19,51</b>	<b>4,61</b>	<b>12,98</b>	<b>39,36</b>	<b>10,47</b>	

Таблица 3

**Прогнозные геотермальные ресурсы**

Литературный источник	Естественный вынос тепла, МВт		Прогнозная электрическая мощность, МВт			
	Кошелевская система в целом	Нижне-Кошелевское месторождение	Кошелевская система в целом		Нижне-Кошелевское месторождение	
			По выносу тепла	По тепловой энергии зервуара	По выносу тепла	По тепловой энергии зервуара
[2]	306	105	-	-	30	-
[16]	-	-	144	215±64	48	100±30
[13]	-	-	-	87	-	-
[15]	-	-	-	943	-	-

размеры и температуру поверхности в течение продолжительного интервала времени – до  $3 \cdot 10^5$  лет, обеспечивая геотермальную систему тепловой энергией.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аверьев В.В. Гидротермальный процесс в вулканических областях и его связь с магматической деятельностью. М.: Наука. – 1966. – С.118–129.
2. Вакин Е.А., Декусар З.Б., Сержников А.И., Спиченкова М.В. Гидротермы Кошелевского вулканического массива // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток. – 1976. – С.58–84.
3. Кирюхин А.В. Теплогидродинамическая модель: гидротермальная система – неглубокозалегающий магматический очаг // Вулканология и сейсмология. – 1984. – №3. – С.25–33.
4. Кирюхин А.В., Сугробов М.В. Модели теплопереноса в гидротермальных системах Камчатки. М.: Наука. – 1987. – 152 с.
5. Кононов В.И. Геохимия термальных вод областей современного вулканизма. М.: Наука. – 1983. – 216 с.
6. Леонов В.Л. Структурные условия локализации высокотемпературных гидротерм. М.: Наука. – 1989. – 104 с.
7. Леонов В.Л. Региональные структурные позиции высокотемпературных гидротермальных систем на Камчатке // Вулканология и сейсмология. – 2001. – №5. – С.32–47.
8. Литасов Н.Е. Вулкан Кошелева // Действующие вулканы Камчатки. М.: Наука. – 1991. – С.384–389.
9. Нуждаев А.А. Новые результаты изучения Верхне- и Нижне-Кошелевской термоаномалий (Южная Камчатка) // Материалы VI региональной молодежной научной конференции «Исследования в области наук о Земле». Петропавловск-Камчатский. – 2008.
10. Нуждаев И.А., Феофилактов С.О. Магнитометрические исследования в районе Нижне-Кошелевской термоаномалии // Материалы X региональной молодежной конференции «Природная среда Камчатки». 12-13 апреля 2011 г. Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН. – 2011. – С.119–129.
11. Пампура В.Д. Гидротермы долгоживущих вулканических центров. М.: Наука. – 1981. – 178 с.
12. Писарева М.В. Зона природного пара Нижне-Кошелевского геотермального месторождения // Вулканология и сейсмология. – 1987. – №2. – С.52–63.
13. Поздеев А.И., Нажалова И.Н. Геология, гидродинамика и нефтегазоносность Кошелевского месторождения парогидротерм, Камчатка // Вулканология и сейсмология. – 2008. – №3. – С.32–45.
14. Поляк В.Г., Толстихин И.Н., Якуцени В.П. Изотопный состав гелия и тепловой поток — геохимический и геофизический аспекты тектогенеза // Геотектоника. – 1979. – №5. – С.3–23.

15. Сугробов В.М. Геотермальные энергоресурсы Камчатки и перспективы их использования // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток. – 1976. – С.267–282.

16. Сугробов В.М., Кононов В.И., Постников А.И. Прогнозные геотермальные ресурсы областей современного вулканизма Камчатки и Курильских островов: научные и прикладные аспекты // Геотермальные и минеральные ресурсы областей современного вулканизма (Материалы международного полевого Курило-Камчатского семинара, 16 июля – 6 августа 2005 г.). Петропавловск-Камчатский: Оттиск. – 2005.

17. Федотов С.А. О входных температурах магм, образовании, размерах и эволюции магматических очагов вулканов // Вулканология и сейсмология. – 1980. – №4. – С.3–29. **ИДБ**

#### **КОРОТКО ОБ АВТОРЕ**

---

Мамаев Дмитрий Викторович – научный сотрудник, nigtc@kscnet.ru, Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук.



---

UDC 551.234+550.8.04

#### **HEAT RESOURCES OF THE KOSHELEV MAGMATOGENIC GEOTHERMAL SYSTEM**

Mamaev D.V., Research Scientist, nigtc@kscnet.ru, Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Russia.

---

*A review of the results of earlier geothermal studies of the Koshelev geothermal system.*

*Key words: geothermal resources, Koshelev magmatogenic geothermal system.*

#### **REFERENCES**

1. Aver'ev V.V. *Gidrotermal'nyj process v vulkanicheskikh oblastjakh i ego svjaz' s magmaticheskoj dejatel'nost'ju* (Hydrothermal process in volcanic areas and its relationship with magmatic activity). Moscow: Nauka. 1966. pp.118–129.
2. Vakin E.A., Dekusar Z.B., Serezhnikov A.I., Spichenkova M.V. *Gidrotermal'nye sistemy i termal'nye polja Kamchatki* (Thermal springs there Spichenkova Koshelevsky volcanic massif). Vladivostok. 1976. pp.58–84.
3. Kirjukhin A.V. *Vulkanologija i sejsmologija* (logenerirujushchej model: hydrothermal system naglalagay magmatic centre). 1984. No 3. pp.25–33.
4. Kirjukhin A.V., Sugrobov M.V. *Modeli teploperenosa v gidrotermal'nykh sistemakh Kamchatki* (Models of heat transfer in hydrothermal systems of Kamchatka). Moscow: Nauka. 1987. 152 p.



5. Kononov V.I. *Geokhimiya termal'nykh vod oblastej sovremennogo vulkanizma* (Geochemistry of thermal waters the areas of modern volcanism). Moscow: Nauka. 1983. 216 p.
6. Leonov V.L. *Strukturnye uslovija lokalizacii vysokotemperaturnykh gidroterm* (Structural conditions of localization of high-temperature hydrothermal). Moscow: Nauka. 1989. 104 p.
7. Leonov V.L. *Vulkanologija i sejsmologija* (Regional structural positions of high temperature hydrothermal systems in Kamchatka). 2001. No 5. pp.32–47.
8. Litasov N.E. *Dejstvujushhie vulkany Kamchatki* (Vulkan Kosheleva). Moscow: Nauka. 1991. pp.384–389.
9. Nuzhdaev A.A. *Materialy VI regional'noj molodezhnoj nauchnoj konferencii «Issledovanija v oblasti nauk o Zemle»* (New results of studying the upper - and lower-Koshelevsky terminaali (southern Kamchatka)). Petropavlovsk-Kamchatskij. 2008.
10. Nuzhdaev I.A., Feofilaktov S.O. *Materialy X regional'noj molodezhnoj konferencii «Prirodnaja sreda Kamchatki»* (Magnetometric survey in the area of the Nizhne-Koshelevsky of terminaali). 12-13 aprelja 2011 g. Petropavlovsk-Kamchatskij: Institut vulkanologii i sejsmologii DVO RAN. 2011. pp.119–129.
11. Pampura V.D. *Gidrotermny dolgozhivushhikh vulkanicheskikh centrov* (Thermal springs of long-lived volcanic centers). Moscow: Nauka. 1981. 178 p.
12. Pisareva M.V. *Vulkanologija i sejsmologija* (Area a pair of natural lower-Koshelevsky geothermal fields). 1987. No 2. pp.52–63.
13. Pozdeev A.I., Nazhalova I.N. *Vulkanologija i sejsmologija* (Geology, hydrodynamics and hydrocarbon potential of the deposits after a while of paramerters, Kamchatka). 2008. No 3. pp.32–45.
14. Poljak V.G., Tolstikhin I.N., Jakuceni V.P. *Geotektonika* (Helium Isotope composition and heat flow, geochemical and geophysical aspects of tectogenesis). 1979. No 5. pp.3–23.
15. Sugrobov V.M. *Gidrotermal'nye sistemy i termal'nye polja Kamchatki* (thermal energy resources of Kamchatka and prospects of their use). Vladivostok. 1976. pp.267–282.
16. Sugrobov V.M., Kononov V.I., Postnikov A.I. *Geotermal'nye i mineral'nye resursy oblastej sovremennogo vulkanizma* (Inferred geothermal resources of the areas of modern volcanism of Kamchatka and the Kuril Islands: scientific and applied aspects) (Materialy mezhdunarodnogo polevogo Kurilo-Kamchatskogo seminar, 16 ijulja – 6 avgusta 2005 g.). Petropavlovsk-Kamchatskij: Ottisk. 2005.
17. Fedotov S.A. *Vulkanologija i sejsmologija* (The input magma temperature, formation, dimensions and evolution of magma chambers of volcanoes). 1980. No 4. pp.3–29.