

НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ВЕРХНЕ- И НИЖНЕ-КОШЕЛЕВСКОЙ  
ТЕРМОАНОМАЛИЙ (ЮЖНАЯ КАМЧАТКА)

*Нуждаев А.А.*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

*Научный руководитель: д.г.-м.н. Рычагов С.Н.*

Рассмотрены некоторые результаты работ, проведенных на территории Нижне-Кошелевского геотермального месторождения, связанного с Кошелевским вулканическим массивом. Представлены материалы по геохимии термальных вод и распределению температур на площади Верхне- и Нижне-Кошелевских термоаномалий

Кошелевский вулканический массив относится к действующим вулканам Южной Камчатки [2]. Он состоит из нескольких сросшихся друг с другом стратовулканов, субвулканических тел и экструзивных куполов (рис. 1). Вулканический массив заложился на вулканогенно-осадочных породах неогенового фундамента и развивался, начиная с нижнечетвертичного времени. Формирование современного вулкана проходило в центральной части массива в период от нижнего плейстоцена до голоцена [3]. Одной из особенностей Кошелевского вулканического массива является интенсивное дробление по границам крупных построек, вследствие чего вулкан в настоящее время значительно эродирован. Массив пересекают субширотные разломы глубокого заложения, по которым происходила миграция эруптивных центров. Вероятно, к этим и другим региональным тектоническим нарушениям приурочены отдельные термальные поля и крупные термоаномалии (рис. 1): Верхне-Кошелевские паровые струи расположены в эрозионном кратере вулкана Валентин, Нижне-Кошелевские гремучие ключи находятся на склоне вулкана Западный в пределах глубоко врезанного ручья. Суммарная мощность этих двух термоаномалий оценивалась Е.А. Вакиным с коллегами в 75 000 ккал/сек. Это сопоставимо с выносом тепла Долиной Гейзеров на Камчатке и из кратеров вулканов Мутновский и Шивелуч [1]. По обрамлению массива в породах неогенового фундамента на основании проведения Государственных геологических съемок в 1970-80-х годах выявлена рудная минерализация золото-полиметаллического типа, в кратерах древних и современных вулканических построек отмечаются большие запасы самородной серы, гипса, алунитовых вторичных кварцитов и других полезных ископаемых [6].

Помимо общегеологических и научных исследований на Кошелевском вулканическом массиве, с 1975 г. по 1984 г., проводились поисково-разведочные работы с целью поиска месторождений термальных вод. Были пройдены скважины глубиной от 170 до 1530 м. По

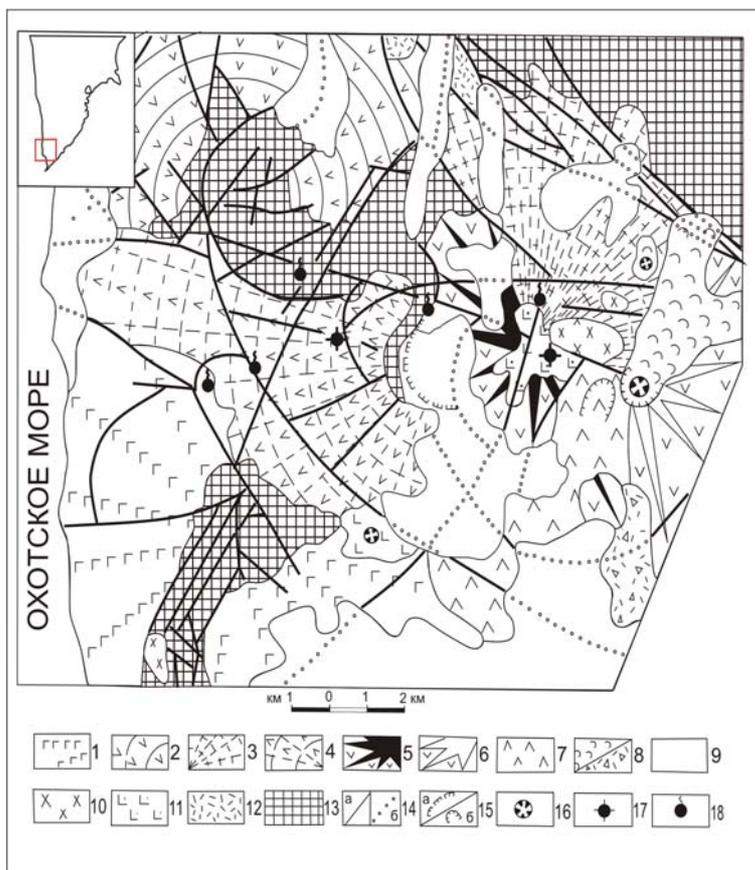


Рис.1. Схематическая карта геологического строения и термопроявлений Кошелевского вулканического массива [1]. Составили А.И. Сережников., М.В. Спиченкова, З.Д. Декусар.; обработал А.А. Нуждаев. 1, 2 – эффузивные и пирокластические образования нижнечетвертичных вулканов: 1 – вулкан Дед и Баба ( $\alpha\beta Q_I$ ); 2 – вулкан Третья Речка ( $\alpha\beta Q_{II}$ ); 3-8 – эффузивные и пирокластические образования Кошелевского вулканического массива: 3 – вулкан Древний ( $\alpha Q_{II}$ ); 4 – вулкан Западный ( $\alpha Q_{III}^1$ ); 5 – вулкан 1545 (Валентин) ( $\alpha Q_{III}^2$ ); 6 – вулкан Восточный ( $\beta Q_{III-IV}$ ); 7 – вулкан Центральный ( $\alpha\beta Q_{III-IV}$ ); 8 – образования Активного кратера: а) лавовые потоки ( $\beta Q_{IV}$ ), б) отложения направленного взрыва ( $Q_{IV}$ ); 9 – рыхлые отложения различного генезиса ( $Q_{II-IV}$ ); 10 – экструзии голоценового возраста: а) андезитов-дацитов и дацитов ( $\alpha\gamma Q_{IV}$ ), б) базальтов ( $\beta Q_{IV}$ ); 11 – субвулканические интрузии долеритов ( $\beta Q_{III-IV}$ ); 12 – предположительно туфы кислого состава; 13 – дочетвертичные эффузивы ( $\alpha N_{I-N_2}$ ); 14 – разрывные нарушения: а) прослеженные и расшифрованные по аэрофотоснимкам, б) под рыхлыми отложениями; 15 – а) кальдеры; б) эродированные кратеры и воронки взрывов; 16 – кратеры эффузивных и шлаковых конусов; 17 – термальные поля; 18 – термальные источники.

результатам бурения выделена мощная зона кипения растворов, нижнюю границу которой определить не удалось: предполагается, что она находится на глубине 2 км или более. Зона пара выклинивается кверху и выходит на дневную поверхность в виде Нижне-Кошелевской термоаномалии (рис. 2). Прогнозные ресурсы месторождения оценены в 210 кг/сек сухого пара, что соответствует 90 МВт электрической мощности [5]. Это ставит месторождение и Кошелевскую гидротермально-магматическую систему, в целом, в один ряд с крупнейшими пародоминирующими системами мира: Гейзерс (США) и Лардерелло (Италия). Особенностью парогидротерм Нижне-Кошелевского геотермального месторождения является наличие большого количества в водах растворенного метана и других углеводородов, в т.ч. тяжелых [4, 6]. Эти, а также изотопные данные по гелию и стронцию, подтверждают глубинный характер парогидротерм, поступающих в пределах термоаномалии на дневную поверхность.

Все сказанное выше предопределило наш интерес к Кошелевскому вулканическому массиву и его двум основным термоаномалиям. Работы проводились в рамках Южнокамчатско-Курильской экспедиции Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН и были направлены на уточнение геологического строения территории и отдельных участков, изучение состава и условий формирования термальных вод и газов, исследование гидро-

термальными измененными породами и гидротермальными глинами, солевыми отложениями, отдельными

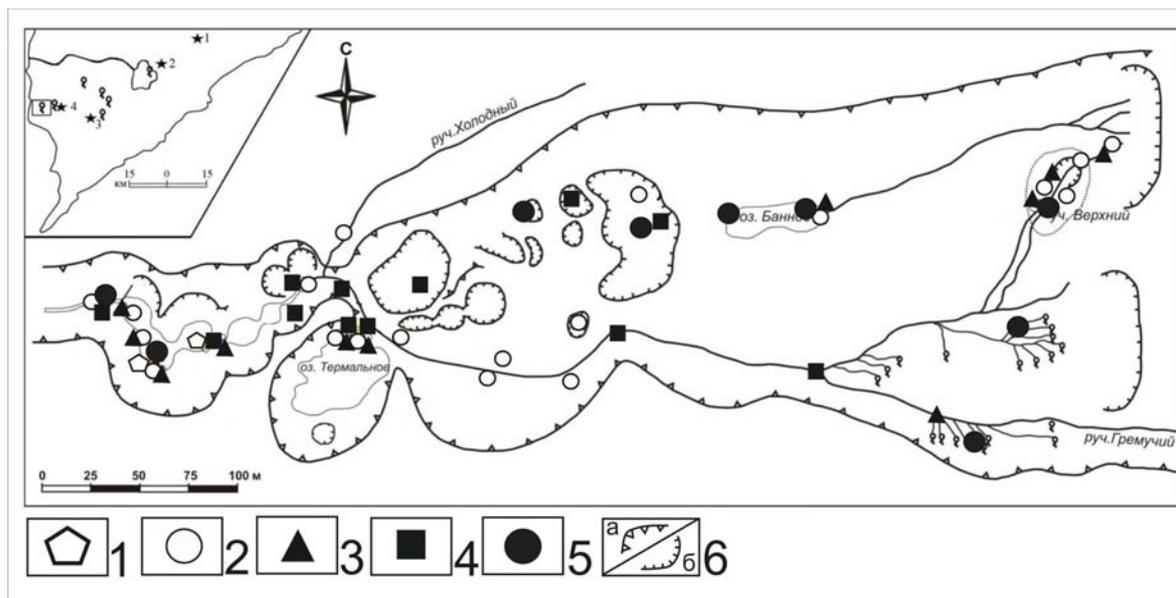


Рис. 2. Схема Нижне-Кошелевской термоаномалии по [8] с исправлениями и добавлениями: 1-5 точки отбора проб гидрогеохимического опробования в разные годы: 1 – 2008 г.; 2 – 2007 г.; 3 – 2006 г.; 4 – 2005 г.; 5 – 1966-67 г.[1]; 6 – а) границы оврага, осыпи; б) эрозионные воронки.

минералов (в частности, сульфидов) – все для понимания условий и механизмов поступления на дневную поверхность потоков тепла в виде парогидротерм и глубинных металлоносных флюидов. В настоящей работе, в основном, приводятся данные о термальных водах и распределении температур грунтов на поверхности Нижне- и Верхне-Кошелевской термоаномалий. Систематическое изучение в течение летних полевых сезонов 2005-2008 гг. термальных вод, разгружающихся в пределах Нижне-Кошелевской термоаномалии, показало, что здесь формируются слабо кислые и кислые сульфатные воды, имеющие смешанный катионный состав (табл. 1). Минерализация поверхностных вод редко превышает 1 г/л. Отдельные рядом расположенные источники могут отличаться контрастными рН и Eh (например, пробы НК-5/06 и НК-6/06 отобранные в восходящих источниках, расположенных в 1.5–2.0 м друг от друга в пределах одного Термального озера). Данные по распределению в водах содержания золота и микрокомпонентов, а так же изотопии стронция свидетельствуют в пользу участия в формировании термальных вод глубинных компонентов [8]. Данные Е.А. Вакина с коллегами (табл. 1), в целом, соответствуют нашим результатам изучения вод. Вызывают вопросы высокие содержания в отдельных пробах калия или натрия и отсутствие целого ряда других катионов. Возможно, это связано с особенностями используемых ранее методик аналитических исследований. Также необходимо обратить внимание на пробу НК-1/06. Это относительно «высокоминерализованные» гидрокарбонатно-кальциевые щелочные воды. Они разгружаются в стороне от основной термоаномалии, в среднем течении ручья Прямой

Таблица 1. Химический состав вод, разгружающихся на поверхности Нижне- Кошелевской термоаномалии.

| Параметры                              | № пробы          |          |          |         |         |         |         |         |         |         |         |
|--|------------------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|  | НК-10/06         | НК-11/06 | НК-14/06 | НК-5/05 | НК-6/05 | НК-1/06 | ВакНК 1 | ВакНК 2 | ВакНК 3 | ВакНК 4 | ВакНК 5 |
| 1                                      | 1                | 2        | 3        | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       | 10      | 11      |
| pH полевое                             | 4.3              | 4.1      | 8.9      | 5.2     | 1.7     | 10.2    | 6.2     | 8.4     | 7.0     | 6.8     | 5.1     |
| T °C                                   | 77.8             | 60.8     | 87       | 82.0    | 66.7    | 69.5    | 91.0    | 95.0    | 92.0    | 61.0    | 29.0    |
| Компоненты                             | Содержание, мг/л |          |          |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Na <sup>+</sup>                        | 39.10            | 8.46     | 7.37     | 4.8     | 5.4     | 28.5    | 172.0   | 272.1   |         |         |         |
| K <sup>+</sup>                         | 1.00             | 2.86     | 1.76     | 1.8     | 2.5     | 10.5    | 2.0     |         | 166.0   | 157.0   | 236.0   |
| Li <sup>+</sup>                        |                  |          |          | 0.00    | 0.00    | 0.00    |         |         |         |         |         |
| Ca <sup>2+</sup>                       | 44.49            | 10.02    | 6.01     | 10.2    | 16.0    | 56.11   | 7.6     | 5.2     | 18.0    | 17.0    | 6.2     |
| Mg <sup>2+</sup>                       | 7.90             | 7.29     | 1.22     | 1.2     | 1.5     | 11.91   | 2.4     | 6.9     | 19.4    | 6.0     | 7.6     |
| Al <sup>3+</sup>                       | 0.90             | 3.06     | 0.00     | 0.7     | 6.8     | 0.00    |         |         |         |         |         |
| Fe <sup>2+</sup>                       | 1.76             | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.1     | 0.00    | 0.0     | 0.00    |         |         |         |
| Fe <sup>3+</sup>                       | 13.03            | 5.00     | 0.00     | 0.00    | 5.7     | 0.00    | 13.0    | 6.2     |         | 0.00    | 1.5     |
| NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>           | 0.20             | 30.00    | 16.00    | 14.0    | 39.0    | 0.00    | 45.5    | 28.8    | 20.0    | 10.4    | 10.8    |
| H <sup>+</sup>                         | 0.00             | 1.65     | 0.00     | 0.00    | 0.00    | 0.00    |         |         |         |         |         |
| Сумма катионов                         | 108.38           | 68.34    | 32.36    | 32.7    | 77.0    | 107.02  |         |         |         |         |         |
| Cl <sup>-</sup>                        | 2.84             | 3.55     | 2.84     | 5.3     | 1.8     | 8.15    | 49.6    | 12.4    | 6.2     | 5.7     | 16.8    |
| SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>          | 268.97           | 210.37   | 67.24    | 75.8    | 177.6   | 48.03   | 479.9   | 660.0   | 510.1   | 413.1   | 543.4   |
| HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>          | 10.67            | 97.97    | 0.00     | 0.00    | 14.5    | 0.00    |         |         |         |         |         |
| HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>          | 0.00             | 0.00     | 18.31    | 15.3    | 0.00    | 214.78  | 0.00    | 24.4    | 0.00    | 0.00    | 7.30    |
| F <sup>-</sup>                         | 0.27             | 0.41     | 0.00     | 0.00    | 0.00    | 0.00    |         |         |         |         |         |
| Сумма анионов                          | 282.75           | 312.3    | 88.39    | 96.4    | 193.9   | 270.96  |         |         |         |         |         |
| H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>         | 2.78             | 0.08     | 0.04     | 33.4    | 7.8     | 0.6     |         |         |         |         |         |
| H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub> раств. | 86.0             | 105.0    | 45.0     | 36.8    | 81.0    | 153.00  |         |         |         |         |         |
| H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub> колл.  | 30.0             | 55.50    | 28.9     | 22.5    | 22.3    | 75.00   |         |         |         |         |         |
| Общ. минерализация                     | 509.9            | 541.22   | 194.69   | 221.8   | 382.0   | 606.58  |         |         |         |         |         |

Примечание. Пробы №№ 1-6 из работы [8], пробы №№ 7-11 [1].

из-под подошвы лавового потока. В месте разгрузки отлагается кальцит и (возможно) арагонит, образующие минеральные корки мощностью от 1-2 до 10 см. За прошедшие 4 года наблюдений за разгрузкой она постоянно расширяется вдоль подошвы лавового потока. Ранее её никто не описывал. Ее мощность и размеры не позволяют допустить, что разгрузка была не замечена во время научных и поисково-разведочных работ. Нами предполагается ее техногенное происхождение (за счет нарушения стволов скважин № 10 и № 10ДП, расположенных выше по склону), но пока это только предположение, основанное на ряде косвенных признаков [7].

Термальная съемка проводилась по стандартной методике. С помощью теодолита и мерной ленты, а также с использованием GPS-приемников, была разбита система профилей с расстоянием между ними 20 м и точками замеров температур грунта по профилям через 10 м. Температуры измерялись заводскими термопарами в шпурах на глубине 0.5–0.8 м от дневной поверхности. За пределами термоаномалии измерения заканчивались в случае устойчивого падения температур грунтов ниже 15<sup>0</sup>С. Сравнение распределения температур с имеющимися данными [1] показывает, что несмотря на то, что общая конфигурация температурного поля Нижне-Кошелевской термоаномалии не изменилась, площадь прогрева по изотерме 20<sup>0</sup>С существенно увеличилась, появился новый крупный участок на севере аномалии (рис. 3 а, б). Участки с температурами грунтов более 50<sup>0</sup>С и 90<sup>0</sup>С сохранились в тех же контурах, они сосредоточены вдоль оврага ручья Гремучий и четко трассируют термовыводящий разлом. Здесь же находятся наиболее высокотемпературные (до 127<sup>0</sup>С) фумаролы.

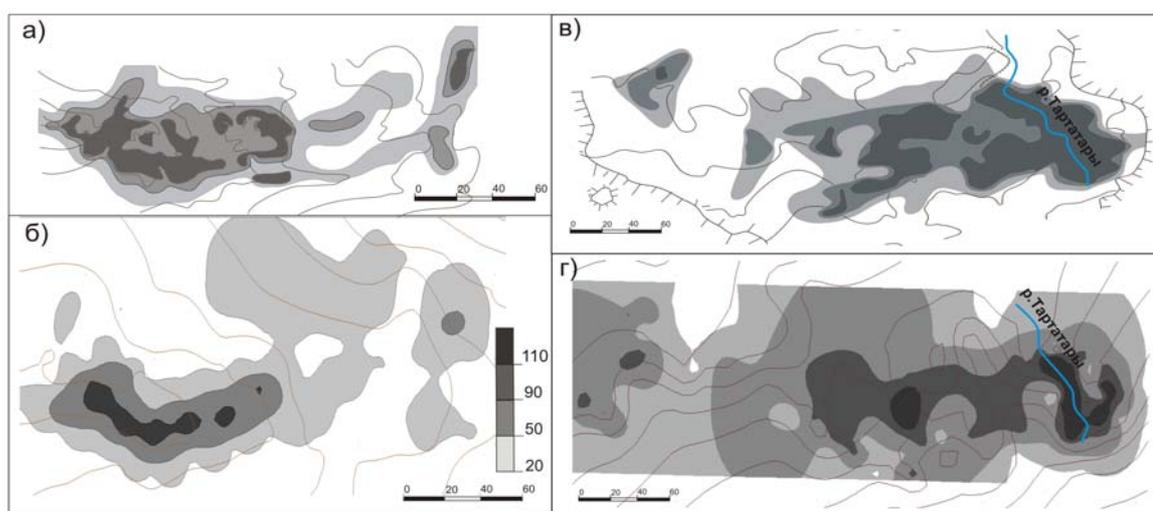


Рис. 3. Схемы распределения температур на площадях Нижне- и Верхне-Кошелевских термоаномалий : а,б –Нижне-Кошелевская: а) данные на 1966-67гг.[1]; б) данные 2007-08 гг.; в,г – Верхне-Кошелевская: а) данные на 1966-67гг.[1] ; б) данные 2007-08 гг.

В 2008 г., впервые за последние 20 лет, удалось выполнить комплекс работ на Верхне-Кошелевской термоаномалии [7]. Остановимся более подробно на термосъемке и гидрогеохимии. Площадные исследования (более 200 замеров температур грунтов и пара в устьях паровых струй) показали, что общая площадь термального поля, ограниченная по изотерме 20<sup>0</sup>С, существенно шире по сравнению с данными Е.А. Вакина и его коллег (рис. 3 в, з). Увеличилась площадь участков с температурами более 50<sup>0</sup>С. Наиболее прогретый участок, как и ранее, приурочен к оврагу ручья Тартарары, названному так в работе [1] из-за сосредоточения здесь в узкой котловине длиной всего 140 м мощных выходов сухого пара, который вырывается на поверхность с большой скоростью и поднимается на высоту до 100 м и более. Гидрогеохимическое опробование на площади термоаномалии и детальное измерение параметров водных источников и всех протекающих здесь ручьев показало, что для термоаномалии характерно образование кислых или слабо кислых растворов с минерализацией более 1 г/л и температурами от 5-7<sup>0</sup>С до 98<sup>0</sup>С. В пределах термального поля «Новое» (неизвестного ранее) обнаружена разгрузка воды с температурами от 50<sup>0</sup>С до 74<sup>0</sup>С: воды кислые, с общей минерализацией 1400 мг/л (согласно полевым данным). Вдоль всего ручья на протяжении около 80 м, от начала разгрузки до слияния с основным водотоком, на обломках пород в ложе ручья осаждаются кремнезем и образуются щеточки халцедона. Это единственная разгрузка термальных вод, выявленная на площади Верхне-Кошелевской термоаномалии, с подобными минеральными отложениями. Более характерно образование мощных отложений – «плащей», сложенных лимонитом и гематитом - в истоках ручья Тартарары и на многих других участках термоаномалии. Исследованию их минерального и химического состава и условиям образования будут посвящены работы других авторов.

Таким образом, выполненные нами исследования на площади Нижне- и Верхне-Кошелевской термоаномалий Кошелевского вулканического массива позволили получить новые данные о разгружающихся и формирующихся здесь термальных водах, распределении температур в пределах термоаномалий, минеральных осадках. Эти данные свидетельствуют о высокой динамике восходящего восстановленного флюида в недрах термоаномалий и геотермального месторождения и большой скорости изменения конфигурации, внутренней структуры и физико-химических параметров термальных полей. Продолжение изучения термальных вод, состава конденсатов из паровых струй, температурных полей, состава минеральных осадков и геохимических условий их образования – позволит создать геолого-геохимическую модель Кошелевской газогидротермальной (гидротермально-магматической) системы.

Данное сообщение было бы невозможно без помощи Г.П. Королевой, Е.Г. Калачевой, М.С. Чернова, Р.Г. Давлетбаева, О.В. Ковиной, В.В. Шаниной, М.В. Лучко, И.А. Нуждаева, С.О. Феофилактова и других коллег, участвовавших в экспедиционных работах, которым автор выражает свою признательность. Исследования выполнены при финансовой поддержке проектов Президиума ДВО РАН.

### Литература

1. Вакин Е.А., Декусар З.Б., Серезников А.И., Спиченкова М.В. Гидротермы Кошелевского вулканического массива // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 58-84.
2. Действующие вулканы Камчатки // Под ред. Федотова С.А., Масуренкова Ю.П. М.: Наука, 1991. Т. 2. С. 284-395.
3. Долгоживущий центр эндогенной активности Южной Камчатки. М.: Наука, 1980. 172 с.
4. Лебедев М.М., Декусар З.Б. Проявления углеводородов в термальных водах Южной Камчатки // Вулканология и сейсмология. 1980. № 5. С. 93-97.
5. Писарева М.В. Зона природного пара Нижнекошелевского геотермального месторождения // Вулканология и сейсмология. 1987. № 2. С. 52-63.
6. Поздеев А.И., Нажалова И.Н. Геология, гидродинамика и нефтегазоносность Кошелевского месторождения парогидротерм, Камчатка // Вулканология и сейсмология. 2008. № 3. С. 32-45.
7. Рычагов С.Н. Исследования Южнокамчатско-Курильской экспедиции ИВиС ДВО РАН в Паужетско-Камбально-Кошелевском геотермальном районе на Камчатке // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. № 2 (12). С. 203-206
8. Рычагов С.Н., Давлетбаев Р.Г., Ковина О.В., Королева Г.П. Характеристика приповерхностного горизонта гидротермальных глин Нижне-Кошелевского и Паужетского геотермальных месторождений // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. № 2 (12). С. 116-135.

### NEW RESULTS FROM THE STUDY OF VERHNE-KOSHELEVSKIY AND NIZHNE-KOSHELEVSKIY TEMPERATURE ANOMALIES (SOUTHERN KAMCHATKA)

*Nuzhdayev A.A.*

**Institute of Volcanology and Seismology FED RAS, Petropavlovsk-Kamchatsky**

The abstracts provide the results of the field works within the Nizhne-Koshelevskiy geothermal deposit which is located within the Koshelevskiy volcanic massif. Besides, the abstracts contain the data on the geochemistry of thermal waters and distribution of temperatures within the Verhne-Koshelevskiy and Nizhne-Koshelevskiy temperature anomalies.