

Микроконкреции Южно-Камбального Центрального термального поля (Камчатка)

Рычагов С.Н.¹, Сандимирова Е.И.¹, Чернов М.С.², Философова Т.М.¹

Microconcretions of the South-Kambalny Central Thermal Field (Kamchatka)

Rychagov S.N., Sandimirova E.I., Chernov M.S., Filosofova T.M.

¹ *Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, г. Петропавловск-Камчатский;*

e-mail: rychn@kscnet.ru

² *МГУ имени М.В. Ломоносова, Геологический факультет, г. Москва;*

e-mail: chernov@geol.msu.ru

Из водного «пиритового котла» Южно-Камбального Центрального термального поля выделены минеральные образования круглой формы диаметром до 10-12 мм, названные микроконкрециями согласно механизму их формирования. Они имеют сложные химический и минеральный составы, отражающие влияние глубинных щелочных гидротерм на метеорные воды и пароконденсат.

Введение

Южно-Камбальное Центральное термальное поле (ЮКЦ) привлекает большое внимание исследователей в связи с аномальными геофизическими характеристиками, локализацией мощной разгрузки парогидротерм в ярко выраженной кольцевой морфоструктуре, контрастным составом термальных вод, широким разнообразием минералов, образующихся на дневной поверхности и в зоне аргиллизации горных пород; высоким содержанием редких элементов в растворах и минеральных новообразованиях [1-3, 5, 6]. В частности, в арагонитовых конкрециях, образующихся под толщей гидротермальных глин в зоне разгрузки глубинных щелочных термальных вод, установлены оксиды, сульфаты, сульфиды и карбонаты ряда металлов, кремнисто-железо-марганцевые выделения, соединения азота, фосфаты кальция и редкоземельных элементов [4]. Помимо этих крупных конкреций, в центральной части поля образуются не менее сложные по составу, но не изученные ранее, мелкие округлые агрегаты, названные нами микроконкрециями в связи с определенным механизмом их формирования. В настоящем сообщении рассмотрены составы, строение и условия образования этих интересных минеральных форм.

Место образования и общая характеристика микроконкреций

Микроконкреции выделены с помощью шлихового анализа из «пиритового котла», расположенного в центральной части термального поля (рис. 1). Имеют почти идеальную круглую форму, бугристую матовую поверхность черного цвета; размеры достигают 10-12 мм. «Пиритовые котлы», названные так вследствие содержания в воде густой взвеси тонкодисперсного пирита (марказита) и черной окраски окружающего пространства, характеризуются высокой температурой растворов, интенсивным барботированием, щелочной или слабощелочной реакцией воды (табл. 1). Из анионов преобладает сульфат, но присутствует гидрокарбонат; в составе катионов – повышенные содержания аммония и кальция. Несмотря на постоянный приток метеорной воды, минерализация растворов достаточно высокая. Содержание многих микрокомпонентов (мкг/л) также более высокое, чем в щелочных или нейтральных разгрузках ЮКЦ с чистой водой: Li – 1.73, В – 680.6, Sc – 12.3, Mn – 596.7, Fe – 392.5, Ge – 0.45, As – 0.12; и др. Таким образом, характеристики термальной воды свидетельствуют о влиянии поступающих из глубины щелочных гидротерм, разгрузка которых на ЮКЦ была установлена ранее [4], на формирование растворов «пиритового котла».

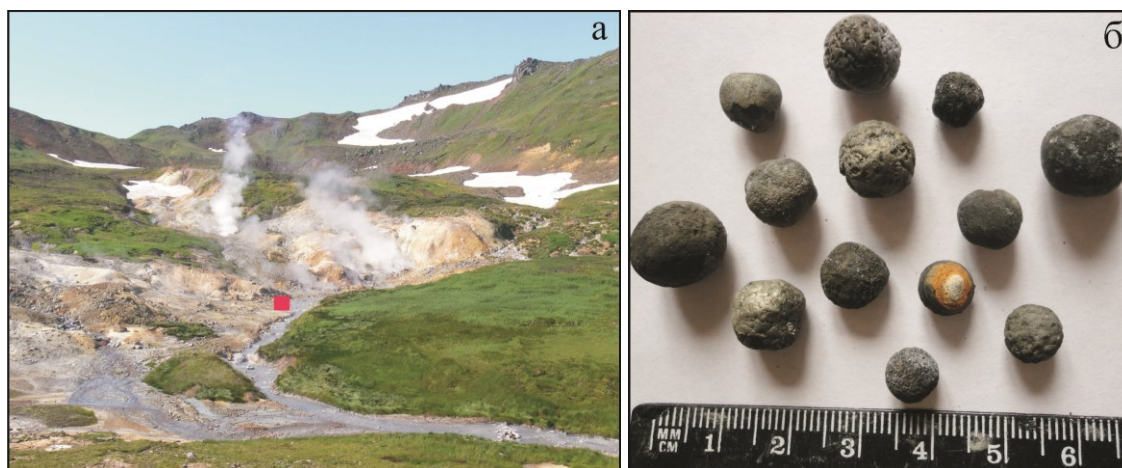


Рис. 1. Основная часть разгрузки парогидротерм на ЮКЦ (а) и место расположения «пиритового котла», обозначенное красным квадратом; на снимке справа (б) – микроконкреции. Фото С.Н. Рычагова.

Таблица 1. Состав термальной воды «пиритового котла», в котором образуются микроконкреции

№ пробы	Т, °С	рН	Еh	Макрокомпонентный состав, мг/л							
				HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁺	Na ²⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	Минерализация
ЮКЦ-2/20	96	7.6	-10	56.1	451.5	11.6	3.5	93.0	14.4	98.9	729.0

Примечание. Определения выполнены в АЦ ИВиС ДВО РАН, аналитики Л.Н. Гарцева, О.В. Белоус, Е.А. Якимова, А.А. Кузьмина, С.В. Сергеева. Гидрогеохимическое опробование котла проводилось ежегодно с 2017 по 2023 гг.

Строение и минеральный состав микроконкреций

В полированных шлифах видно, что минеральные образования имеют концентрически-зональное строение за счет облекания полосами различного состава обломков пород (рис. 2а-в), либо агрегатов кристаллов пирита (рис. 2г). Вероятно, состав включений («затравок») может быть весьма разнообразным, но в большинстве случаев преобладают андезибазальты, почти полностью измененные гидротермально-метасоматическими процессами (табл. 2). Данный факт подтверждает сделанный ранее вывод о формировании термального поля в структуре постройки андезитового вулкана [6]. В состав зон входит более 20 минералов: сульфиды ряда металлов, гидроксиды железа и алюминия, алюмосиликаты, минералы кремнезема, фосфаты иттрия, карбонаты, сульфаты бария и кальция, и др. (см. табл. 2). Матрица полос в отдельных «шариках» почти полностью состоит из смектитов, хлорит-смектитов и гидроксидов железа и алюминия (см. рис. 2а, б); внутри и по периферии таких агрегатов отмечаются тонкие зоны, сложенные пиритом (марказитом) и другими минералами (в основном, сульфидами). Помимо концентрических полос выделяются радиальные зоны, выполненные опалом и др. минералами. В других микроконкрециях преобладают пирит-марказитовые слои, образующие четкую концентрическую структуру за счет чередования сульфидных зон с алюмосиликатными сложного состава (см. рис. 2в, г). Подробно данные о составе и взаимоотношениях минералов в зонах приводятся в таблице 2.

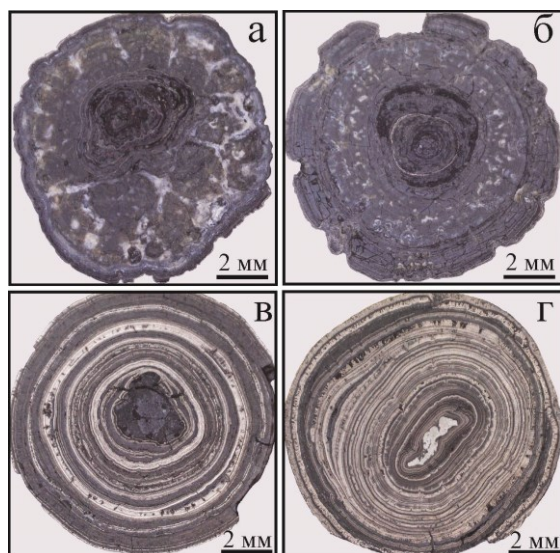


Рис. 2. Микроконкреции в полированных шлифах: а, б – существенно алюмосиликатного и/или гидроксидного состава (см. текст); в, г – минеральные образования, состав зон которых преимущественно сульфидный с примесью других минералов (см. текст).

Таблица 2. Минеральный состав микроконкреций ЮКЦ

Минералы	Условия нахождения в микроконкрециях
1	2
<i>Магматические, слагающие обломки пород (андезибазальтов)</i>	
Титаномагнетит	Рассеянная вкрапленность кристаллов в основной массе; порфиоровые сростки с авгитом и анортитом; кристаллы с решетчатыми структурами распада ильменита в титаномагнетите
Ильменит	Решетчатые структуры распада в титаномагнетите
Моноклинные пироксены (авгит, пижонит)	Микролиты в основной массе; порфиоровые сростки с лабрадором и титаномагнетитом
Плагиоклазы (анортит, лабрадор, меньше андезин, редко альбит-анортоклаз)	Микролиты в основной массе; анортит – порфиоровые вкрапленники размером до 0.7 мм
Калиевый полевой шпат	Немногочисленные зерна в основной массе
<i>Гидротермальные, достоверно определенные</i>	
Сфалерит	Мелкие зерна, приуроченные к порам в алюмосиликатной массе; сростки с марказитом
Галенит	Редкие зерна в срастании с марказитом
Киноварь	Мелкие включения в марказите вдоль слоев марказита
Пирит	Микрокристаллические агрегаты, образующие мономинеральные зоны или кристаллы в обломках андезибазальтов; часто замещает титаномагнетит; наиболее раскристаллизованные участки в марказите
Марказит	Колломорфно-полосчатые агрегаты, ажурные образования, формы типа розеток и др. Слагает отдельные слои конкреций
Гидроксиды Fe и Al с примесью Si	Зоны между слоями пирита-марказита; основная матрица во многих конкрециях
Смектит	Основная матрица алюмосиликатных зон, тонкодисперсная водосодержащая масса; замещение плагиоклазов в породах
Хлориты и хлорит-смектиты ди-дитриоктаэдрические	Тонкодисперсные водосодержащие агрегаты, заполняющие свободные пространства в измененных андезибазальтах; присутствуют в зонах между слоями из пирита-марказита
Опал, кварц	Зерна в полостях между слоями пирита-марказита
Фосфат Y	Мелкие единичные образования в ассоциации с баритом и марказитом

Таблица 2. Продолжение

1	2
Карбонат	Отдельные зерна в алюмосиликатных слоях
Барит	Мелкие пластинчатые кристаллы, выполняющие поры и микротрещины в измененных обломках андезибазальтов и в слоистых отложениях микроконкреций
Гипс	Мелкие кристаллы и неправильной формы отложения в полостях
Сульфаты (?) Fe и Al с примесью Si	Зоны между слоями пирита-марказита; основная матрица во многих конкрециях
Гидротермальные, предполагаемые	
Интерметаллические соединения Pb, Sn, Cd, Cu, Ni; присутствует F	Единичные мелкие зерна, приуроченные к порам
Соединения углерода	Участки неправильной формы
Соединения азота	То же
Сульфид Cu	Единичные мелкие зерна, приуроченные к порам
Цеолиты	То же

Примечание. Определения выполнены в ИВиС ДВО РАН на СЭМ VEGA 3, оснащенном ЭДС X-MAX 80 (операторы Т.М. Философова, Е.И. Сандимирова) и на Геологическом факультете МГУ с помощью СЭМ LEO 1450VP, оснащенном ЭДС INCA 300 (оператор М.С. Чернов).

Заключение

Микроконкреции Южно-Камбального Центрального термального поля имеют гидротермальное происхождение, сложный химический и минеральный составы и концентрически-зональное строение. Чередование зон существенно сульфидных и преимущественно алюмосиликатного и/или гидрооксидного состава свидетельствует о частой смене восстановительных условий минералообразования на окислительные, что, вероятно, обусловлено пульсационным характером поступления в зону разгрузки парогидротерм щелочных, насыщенных газом термальных вод, а также периодическим изменением притока метеорных вод и кислого пароконденсата.

Список литературы

1. Карпов Г.А. Псевдошаровые агрегаты арагонита на современном термальном поле Камбального хребта (Камчатка) // Минералогия гидротермальных систем Камчатки и Курильских островов. М.: Наука, 1970. С. 157-165.
2. Нуждаев И.А., Рычагов С.Н., Феофилактов С.О., Денисов Д.К. Особенности магнитного поля геотермальных систем Паужетского района (Южная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2023. № 2. С. 33-51. DOI: 10.31857/S02003030622060049
3. Огородова А.С. Особенности гидротермального процесса в зоне кислотного выщелачивания // Гидротермальные минералообразующие растворы областей активного вулканизма. Новосибирск: Наука, 1974. С. 173-184.
4. Рычагов С.Н., Сандимирова Е.И., Чернов М.С. и др. Состав, строение и происхождение карбонатных конкреций Южно-Камбального Центрального термального поля (Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2021. № 4. С. 45-60. DOI: 10.31857/S0203030621040052
5. Структура гидротермальной системы. М.: Наука, 1993. 298 с.
6. Фролова Ю.В., Рычагов С.Н., Чернов М.С. и др. Инженерно-геологические аспекты изменения вулканогенных пород в зоне кислотного выщелачивания Южно-Камбальных термальных полей (Южная Камчатка) // Инженерная геология. 2020. Т. XV. № 1. С. 36-51. DOI: 10.25296/1993-5056-2020-15-1-36-51