

## **Карбонатные конкреции Южно-Камбального Центрального термального поля (Южная Камчатка)**

*С.Н. Рычагов, Е.И. Сандиминова, Е.В. Карташева*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 683006; e-mail: [rychsn@kscnet.ru](mailto:rychsn@kscnet.ru)*

Дана характеристика карбонатных конкреций, образующихся в зоне основной разгрузки парогидротерм на Южно-Камбальном Центральном термальном поле. Показано, что конкреции имеют сложные химический и минеральный составы. Предполагается, что они образованы вследствие разгрузки щелочного металлоносного раствора в основании толщи гидротермальных глин.

### **Введение**

Помимо данного сообщения, Южно-Камбальному Центральному термальному полю (ЮКЦ) посвящены два доклада, представленные на конференцию. В них показаны местоположение и морфоструктура ЮКЦ, гидрогеологические и литологические особенности поля, строение зоны разгрузки парогидротерм, и др. Поэтому остановимся непосредственно на теме настоящего доклада. Одной из дополнительных уникальных особенностей ЮКЦ является образование карбонатных конкреций. Впервые они были описаны Г.А. Карповым как "псевдошаровые агрегаты арагонита" [1]. Другие публикации об агрегатах арагонита ЮКЦ отсутствуют. Наш интерес к этим образованиям обусловлен следующими причинами: 1) конкреции не являются мономинеральными и имеют сложный химический состав; 2) они образуются в основании толщи гидротермальных глин на наиболее горячем участке термального поля и могут служить индикатором разгрузки щелочного металлоносного раствора, по аналогии с Восточно-Паужетским термальным полем; 3) вследствие разнообразия структурных и текстурных особенностей, конкреции представляют большой минералогический (музейный) интерес.

### **Фактический материал исследований**

Конкреции слагают валуны округлой или уплощенной формы, размером от 15-20 до >50-70 см, и вымываются ручьями из-под основания термального хребта. Термальный хребет сложен гидротермальными глинами и активно разрушается (разваливается на блоки) кипящими котлами и парогазовыми струями. Мы полагаем, что конкреции образуют определенный горизонт (крупную линзу или зону) в основании толщи глин на данном участке ЮКЦ.

В 2017-19 гг. отобрано около 30 образцов, 15 из них распилено на пластины. Методика исследований включала следующее: детальное описание строения конкреций с помощью общего минералогического анализа, послойное изучение химического состава рентгенофлуоресцентным методом, определение химического и минерального составов слоев на основании микронзондовых исследований – все в ИВиС ДВО РАН. Конкреции характеризуются разнообразными текстурами и структурами (рис. 1). Преобладает концентрически-зональное строение.

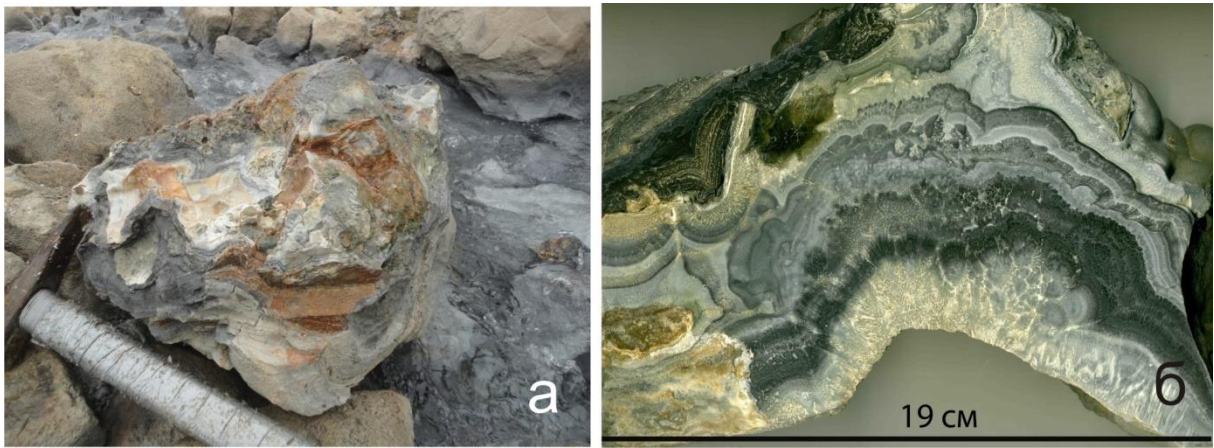


Рис. 1. Конкреции Южно-Камбального Центрального термального поля: а – образец, извлеченный из гидротермальных глин, размер в поперечнике ~40 см; б – образец разрезанный и полированный.

В ядре конкреций расположены обломки андезитов, чаще всего полностью измененные в кварц-сметит-хлоритовый агрегат с включением большого количества кристаллов пирита и оксидов железа. Центральная часть конкреций, как правило, характеризуется крустификационными, колломорфно-полосчатыми и глобулярными структурами, черно-серым цветом. Размер слоев колеблется от десятков микрон до 3-5 см. Светлые полосы сложены, в основном, "чистым" карбонатом, темные – карбонатом с примесью других минералов.

Наиболее детальные исследования выполнены по двум крупным конкрециям. В таблице приведено описание образца, слои которого легко отделялись друг от друга. Основа каждого слоя представлена кальциевым карбонатом (арагонитом). Но все слои включают микрзоны и отдельные чешуи, корки, почковидные и шаровидные натеки сложного минерального состава. Выделяются гипс, барит, карбонаты марганца, кремнисто-железистые и железо-марганцевые агрегаты, гидроокислы железа, соединения азота (вероятнее всего – минералы, включающие аммоний), и др. (см. таблицу). На поверхности слоев распространены пленки фосфатов (преобладает F-фосфат кальция), углубления рельефа выполнены гипсом, кремнисто-железистыми и кремнисто-железо-марганцевыми агрегатами (рис. 2). Обращает на себя внимание постоянное присутствие фосфатов. Кристаллы арагонита имеют пористое строение и обнаруживают следы выщелачивания на сколах. По второй конкреции представляет интерес изменение химического состава слоев. Для исследования в образце выделено 7 слоев (рис. 3). Первые два слоя, помимо кальция, содержат Si, Fe<sup>3+</sup>, Mn, P и S в больших количествах (1-6 вес. %). Третий слой выделяется преобладанием в его составе кремния над кальцием и высокими значениями трехвалентного железа. Этот слой представляет собой концентрически-зональное стяжение кремнисто-карбонатного состава с большим содержанием пирита и других сульфидов. Последующие 4 слоя имеют ровный химический состав с преобладанием Ca. Относительно высокие концентрации серы объясняются присутствием в этих слоях пирита, развитого вдоль кристаллов арагонита и между его слоями. Пирит также ассоциирует с кремнисто-железо-марганцевыми выделениями. Вероятно присутствие фосфатов. Эти данные свидетельствуют об интенсивном высаживании многих компонентов на первых стадиях формирования конкреций и относительно стабильном минералообразовании на заключительных этапах.

Таблица. Химический и минеральный составы конкреции ЮКЦ-Ж2/19.

№ слоя, мощность (мм)	Описание слоя (от внутренней части к периферии конкреции)	Основные минералы
<b>1</b> Кристаллы (до 7 мм)	На поверхности кристаллов гипса: цеолит-сметитовые и пирит-марказитовые агрегаты, губчатые корочки (50×50 мкм), состоящие из сульфидов Fe и Hg (пирита и киновари?) и мелких (до 30 мкм) кристаллов барита.	Пирит, марказит, киноварь (?), цеолиты (?), смектит, гипс, барит
<b>1а,</b> 3-5	Кремнисто-железистый слой, на котором растут кристаллы гипса слоя № 1.	Кремнисто-железистые охры
<b>2,</b> 4-5	Микрозернистый рыхлый слой кремнисто-карбонатного состава. Железо-марганцевые почковидные агрегаты лучисто-шестоватого строения с фосфатом Са. Белые тонкие чешуи кремнисто-фосфатного и кремнисто-сульфатного состава (сульфаты и фторсодержащие фосфаты кальция) + азотистые соединения.	Пирит, марказит, лимонит, Fe-Mn образования, фосфаты Са, арагонит, сульфаты Са, азотистые соединения
<b>3,</b> 20-25	Перебежающиеся микрослои карбонатного состава (1 мкм – 3 мм). Широкие слои – веерообразные пористые кристаллы арагонита. Рассеянная вкрапленность пирита в ассоциации с баритом. Среди кристаллов арагонита – Mn-Fe карбонат, ассоциирующий с сульфатами Са.	Пирит, опал, F-фосфаты Са, арагонит, сидерит, сульфаты Са, барит, азотистые соединения
<b>4,</b> 20-25	Перебежающиеся микрослои (1 мкм – 2 мм) массивного или микрозернистого арагонита.	Состав аналогичный слою № 3
<b>5а,</b> 4	Поверхность карбонатного состава с корками того же состава. В составе корок отмечаются N, F, P, S, Mn, Fe, Al, Si. В порах – кристаллы барита. Встречаются пирит-марказитовые натечные образования с кремнеземом.	Пирит, марказит, гидроокислы Fe, арагонит, барит, азотистые соединения
<b>5б,</b> 7	Кремнисто-карбонатный микрозернистый слой с фосфатными корками. Присутствуют азотистые соединения.	Состав аналогичный слою 5а
<b>6,</b> 2	Кремнисто-карбонатный микрозернистый слой: арагонит игольчатого облика, скопления кристаллов гипса, корки F-фосфатов Са, почковидные агрегаты карбоната Mn – вероятно, родохрозита.	Лимонит, F-фосфаты Са, арагонит, родохрозит (?), гипс, барит
<b>7,</b> 2	Корка серо-белого цвета из пластинчатого гипса, игольчатого арагонита с пластинками кремнезема. На поверхности – почковидные отложения (50-250 мкм) кремнисто-фосфатно-карбонатного состава с азотистыми соединениями и существенным содержанием Fe и Mn.	Пирит, марказит, опал, арагонит, Fe-Mn карбонаты (сидерит-родохрозит?), гипс, барит
<b>8,</b> 3	Кремнисто-карбонатная микрозернистая основа с охрами лимонита. Рассеянная вкрапленность пирита, барита (до 25 мкм) и скопления пластинчатых кристаллов гипса (?), а также корочки фосфатов Са с примесью азотистых соединений.	Пирит, лимонит, F-фосфаты Са, арагонит, гипс (?), барит, азотистые соединения
<b>9,</b> 7-9	Кремнисто-карбонатный слой с крупными натечными чешуями. На поверхности – кристаллы гипса + арагонит, корки фосфатов Са и шаровидные, почковидные, лучисто-шестоватые агрегаты родохрозита.	Лимонит, фосфаты Са, арагонит, родохрозит, гипс, барит

*Примечание.* Качественные и количественные определения выполнены Е.И. Сандимировой с помощью РЭМ VEGA 3, оснащенного энергодисперсионным спектрометром X-MAX 80 с фирменным программным обеспечением AZtec в ИВиС ДВО РАН под методическим руководством В.М. Чубарова. Исследовались рельефные поверхности образцов без напыления (слои 1, 2, 5а, 5б, 6-9) и аншлифы с углеродным напылением (слои 3 и 4). Для всех образцов характерна сильная дегазация под лучом микрозонда, что свидетельствует о большом количестве летучих соединений в составе конкреции.

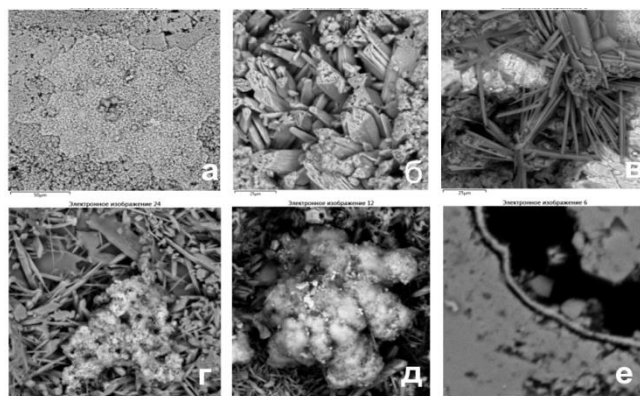


Рис. 2. Строение фрагментов слоев конкреций по данным РЭМ ИВиС ДВО РАН: а – фосфатные пленки (светлое поле в центре) на карбонатной основе; б – кристаллы арагонита пористые; в – радиально-лучистые агрегаты гипса в смектите и карбонате (светлое); г – кремнисто-железистые образования с фосфатами среди игольчатых кристаллов арагонита; д – кремнисто-железо-марганцевые почковидные образования; е – пленки-прожилки фосфатов между слоями карбоната.

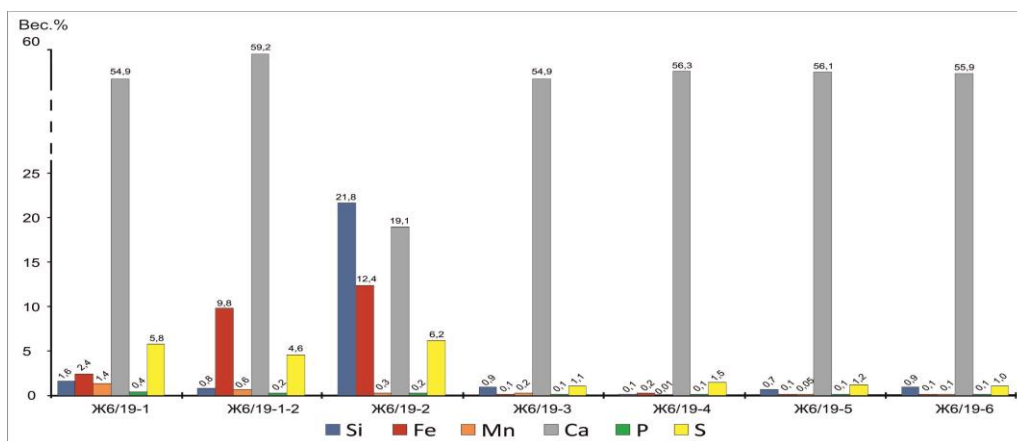


Рис. 3. Распределение основных компонентов состава слоев конкреции Ж6/19 по данным рентгенофлуоресцентного анализа на "S4 PIONEER" в ИВиС ДВО РАН.

### Заключение

Образование конкреций происходит вследствие внедрения субщелочных минерализованных термальных вод гидрокарбонатного состава в открытые полости в основании толщи гидротермальных глин. Поступление растворов сопровождается их вскипанием и осаждением карбонатного и силикатного гелей на обломках пород. Вследствие раскристаллизации гелей образуются колломорфно-полосчатые и т.п. структуры кремнисто-карбонатного вещества. Ощелачивание растворов и общее уменьшение солевой нагрузки приводит к последовательному формированию крупных слоев арагонита в обстановке относительно спокойного роста. На каждой стадии минералообразования, обусловленной изменением физико-химических параметров и динамикой поступающих растворов, происходит высаживание Fe, Mn, S, P и др. с образованием сульфатов, фосфатов, железо-марганцевых, азотистых и других соединений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-05-00102).

### 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.