

Каолинит гидротермальных глин Паужетско-Камбально-Кошелевского геотермального района (Южная Камчатка)

М.С. Черно¹, В.В. Крупская^{1,2}, Р.А. Кузнецов¹, С.Н. Рычагов³, В.Н. Соколов¹

¹Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, 119991; e-mail: chernov@geol.msu.ru

²Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, Москва

³Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский

В работе представлены результаты изучения минерального состава и микроморфологических особенностей каолинита, формирующегося на термальных полях Паужетско-Камбально-Кошелевского геотермального района. Показано, что размер, форма, степень окристаллизованности, дефектность структуры каолинита различаются в зависимости от условий формирования гидротермальных глин.

Введение

Гидротермальные глины в связи с широким распространением на термальных полях областей современного вулканизма представляют большой научный и практический интерес. Изучением состава и строения гидротермальных глин, развитых на термальных полях Паужетско-Камбально-Кошелевского геотермального района, занимались многие исследователи, обобщение этих результатов опубликовано в ряде работ [1, 4, 7]. В последнее десятилетие исследованием гидротермальных глин данного района занимается научная группа Южнокамчатско-Курильской экспедиции ИВиС ДВО РАН, куда входит и авторский коллектив. Настоящая работа является результатом обобщения многолетних детальных исследований авторов по изучению состава, строения и свойств гидротермальных глин (более чем 150 образцов), отобранных из шурфов и скважин на 15 ключевых участках термальных полей Паужетско-Камбально-Кошелевского геотермального района Южной Камчатки. Доклад посвящен особенностям состава и строения каолинита в гидротермальных глинах на термальных полях рассматриваемого района. Литологическое описание, химико-минеральный состав, строение, особенности микростроения и некоторые свойства разрезов гидротермальных глин опубликованы авторами в ряде более ранних работ [2, 5, 6, 8-10], а так же в других докладах на данной конференции. В данном докладе рассматривается только каолинитовые глины, их состав и микроморфологические особенности выделений каолинита.

Методы исследования

Полевые методы включали проходку шурфов и скважин колонкового бурения, послыное опробование гидротермальных глин для дальнейшего исследования их состава, макро-, микростроения и свойств в лабораторных условиях. Показатели влажности и плотности грунтов в естественном залегании определялись в полевых условиях.

Минеральный состав глин изучался методом рентгеновской дифрактометрии при помощи рентгеновского дифрактометра Rigaku ULTIMA-IV (Cu-K α детектор D/Tex-Ultra, область сканирования 3-65° 2 θ). В качестве образцов использовались неориентированные препараты. Растертые предварительно образцы набивались в специальные кюветы без использования прессования при постоянном контроле качества поверхности для приготовления максимально неориентированных препаратов. Количественный минеральный анализ проводился методом Ритвельда в программном пакете PROFEX GUI для BGMN [3]. Микро- и наностроение образцов изучалось с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) LEO 1450VP оснащенным

микронзондовым анализатором INCA 300. Образцы изучались при естественной влажности, для их высушивания применялась методика вакуумной морозной сушки [3]. Гранулометрический состав определялся методом пипеточного анализа и с помощью лазерного анализатора HORIBA SZ-100. Предварительная диспергация образцов проводилась методом растирания в присутствии пирофосфата натрия. Изучение свойств образцов выполнялись по стандартным методикам [3].

Каолинит гидротермальных глин

Как было показано ранее [5-10] в толще гидротермальных глин термальных полей каолинит преобладает в верхней части разреза и приурочен к зоне сернокислотного выщелачивания (до глубины 0,3-1,0 м). Причем, в более глубоких горизонтах (зоне углекислотного выщелачивания), часто каолинит присутствует, но в меньших количествах, преобладающими глинистыми минералами этих горизонтов являются смектиты, хлорит и различные смешанослойные образования.

Анализ данных рентгеновской дифракции и микроморфологических исследований образцов гидротермальных глин показал, что каолинит в их составе весьма различается по размерам кристаллитов, степени окристаллизованности частиц и степени дефектности (упорядоченности) структуры, присутствию следов растворения на поверхности частиц.

Каолинит, который отличается высокой степенью дефектности структуры, встречается в приповерхностных горизонтах гидротермальных глин, развитых вблизи активных выходов парогидротерм в центральной части Нижне-Кошелевской термоаномалии. При этом для таких горизонтов характерна высокая дисперсность каолинита, с размером частиц 50-200 нм (рисунок а). С возрастанием глубины отмечается рост размера частиц каолинита и степени их окристаллизованности (рисунок б, в). Каолинит в таких горизонтах формирует специфические для него микроагрегаты доменной и доменоподобной формы, образуя доменоподобную микроструктуру, с размером частиц (агрегатов) каолинита от 100 нм до 1 мкм. Подобные горизонты так же встречаются в гидротермальных глинах на периферии Верхне-Кошелевской термоаномалии и Южно-Камбального Дальнего термального поля и в разрезах гидротермальных глин Паужетских термальных полей.

Наиболее хорошо окристаллизованный каолинит встречается в разрезе гидротермальных глин в центральной части Верхне-Кошелевской термоаномалии (рисунок г-е) на глубине 0,5-1,0 м. Он характеризуется крупными частицами гексагональной формы, размером от 1 до 20 мкм, объединенными в доменные микроагрегаты, с образованием доменной микроструктуры.

Стоит отметить, что для гидротермальных глин Паужетских термальных полей характерна минеральная смесь глинистых минералов – каолинита, смектитов и смешанослойных минералов ряда каолинит-смектит. Причем, чаще всего прослеживается закономерное уменьшение каолинита и увеличение содержания смектита и смешанослойных минералов с глубиной. Микроморфологические исследования показали, что в естественной структуре образцов гидротермальных глин различные глинистые минералы чаще всего локализованы отдельными участками, реже эти минералы встречаются совместно, формируя ячеисто-доменные микроструктуры. При этом на частицах каолинита часто заметны следы растворения по их краевой части (рисунок ж, з).

Заключение

Проведенные исследования показали, что в рассмотренном районе формируется каолинит, который в зависимости от условий его формирования в значительной степени различается по следующим параметрам: размер частиц и агрегатов, их форма, степень окристаллизованности, дефектность структуры каолинита.

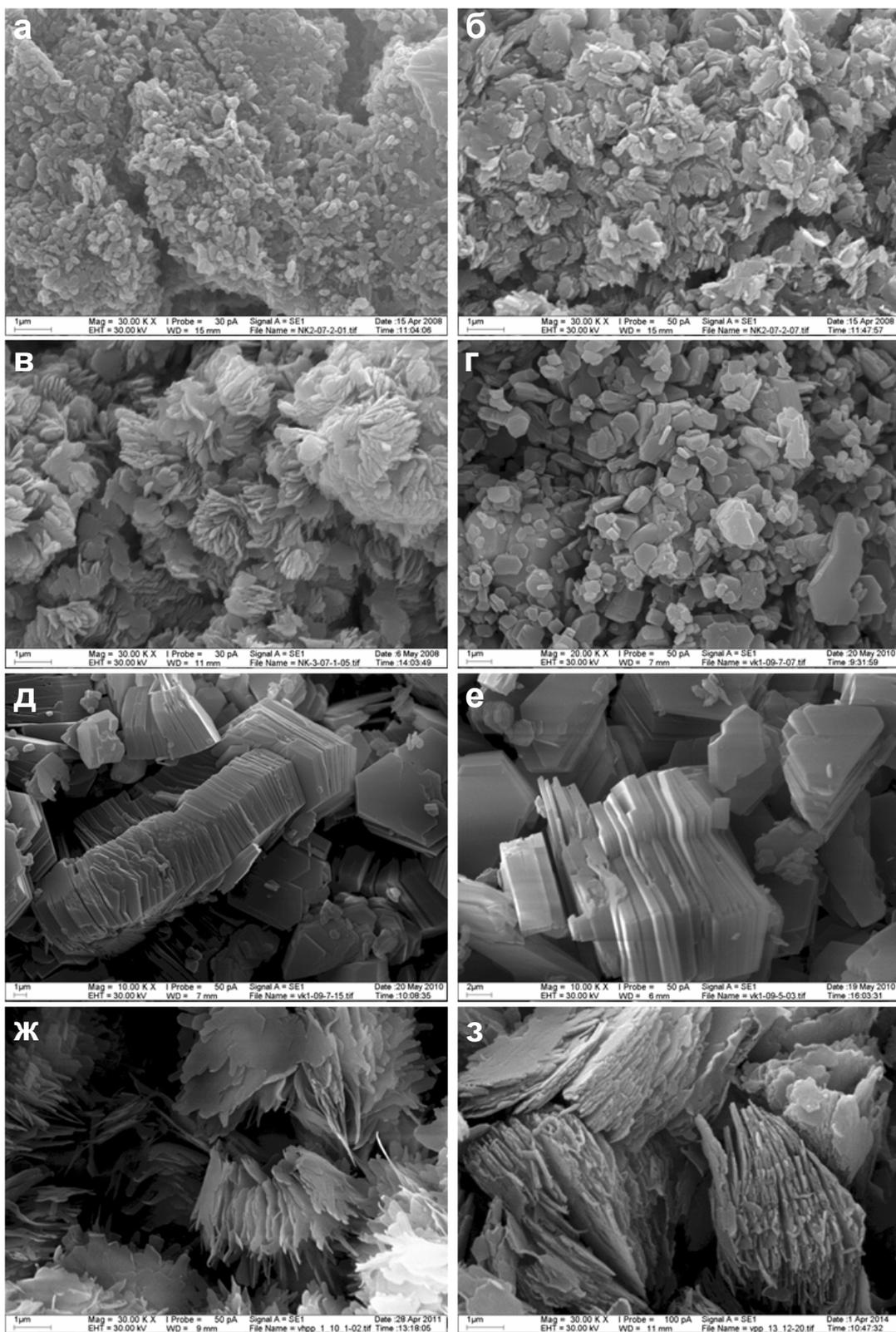


Рисунок. Микроморфология каолинита в гидротермальных глинах термальных полей Паужетско-Камбально-Кошелёвского геотермального района: а-в – Нижне-Кошелёвской термоаномалии, г-е – Верхне-Кошелёвской термоаномалии, ж – Верхне-Паужетского термального поля, з – Восточно-Паужетского термального поля.

Наиболее совершенный хорошо окристаллизованный и крупнокристаллический каолинит формируется в центральной части Верхне-Кошелёвской термоаномалии, что

является дополнительным подтверждением длительных стабильных условий преобразования кислого флюида в пределах термального поля.

В приповерхностных горизонтах гидротермальных глин Нижне-Кошелёвской термоаномалии часто формируется каолинит, отличающийся высокой дефектностью структуры, плохой окристаллизованностью частиц и их высокой дисперсностью, вплоть до формирования горизонтов с преобладанием природных минеральных наночастиц каолинита. Такие горизонты обладают довольно высокими гидрофильными свойствами и пластичностью, по сравнению с хорошо окристаллизованным каолинитом. Особенности строения каолинита позволяют этим горизонтам, несмотря на их небольшую мощность, являться эффективным тепловым и противofильтрационным экраном, своеобразным геохимическим барьером, который препятствует быстрому выносу глубинного флюида, что создает условия для современного минерало- и рудообразования.

Для Паужетских термальных полей характерно присутствие каолинита совместно с минералами группы смектита на достаточно большую глубину (до 2,5-4,5 м), с преобладанием каолинита в верхней части разреза. Каолинит отличается средней степени окристаллизованности со следами растворения по краям частиц и микроагрегатов. Все это может говорить о периодической смене условий преобразования в районе термальных полей, изменении состава глубинного флюида, его температуры и интенсивности разгрузки.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 17-05-01045а). Исследования проведены с использованием оборудования, приобретенного в рамках реализации Программы развития Московского университета.

Список литературы

1. *Ероцев-Шак В.А.* Гидротермальный субповерхностный литогенез Курило-Камчатского региона. М.: Наука, 1992. 131 с.
2. *Кравченко О.В., Рычагов С.Н.* Строение и литогенез толщи гидротермальных глин Нижне-Кошелёвской геотермальной аномалии (Южная Камчатка) // Литосфера. 2017. № 2. С. 95-114.
3. Лабораторные работы по грунтоведению / Под ред. В.Т. Трофимова, В.А. Королёва. М.: КДУ, 2017. 654 с.
4. *Пампура В.Д.* Геохимия гидротермальных систем областей современного вулканизма. Новосибирск: Наука, 1985. 153 с.
5. *Рычагов С.Н., Давлетбаев Р.Г., Ковина О.В., Королева Г.П.* Характеристика приповерхностного горизонта гидротермальных глин Нижне-Кошелёвского и Паужетского геотермальных месторождений // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2008. № 2. Вып. 12. С. 116–134.
6. *Рычагов С.Н., Соколов В.Н., Чернов М.С.* Гидротермальные глины геотермальных полей Южной Камчатки: новый подход и результаты исследований // Геохимия. 2012. № 4. С. 378-392.
7. Структура гидротермальной системы / Под ред. С.Н. Рычагова и др. М.: Наука, 1993. 308 с.
8. *Фролова Ю.В., Чернов М.С., Рычагов С.Н.* К вопросу о преобразовании туфов в разрезе Верхне-Ваужетского термального поля (Южная Камчатка) // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы научной конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2016. С. 449-460.
9. *Фролова Ю.В., Чернов М.С., Рычагов С.Н., Соколов В.Н., Мосин А.М., Кузнецов Р.А.* Преобразование андезитов в разрезе Восточно-Паужетского термального поля (Южная Камчатка) // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы научной конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2017. С. 223-226.
10. *Чернов М.С., Соколов В.Н., Рычагов С.Н. и др.* Строение гидротермальных глин Южной Камчатки: от макро- до наноуровня // Вулканизм и связанные с ним процессы. Материалы научной конференции, посвященной Дню вулканолога. Петропавловск-Камчатский: ИВиС ДВО РАН, 2016. С. 460-466.