

**Макрокомпонентный состав поровых растворов глин Паужетского геотермального месторождения (юг Камчатки, Россия)**

*Кузьмина А.А., Сергеева А.В., Кравченко О.В., Карташева Е.В., Назарова М.А.*

**Macrocomponent composition of pore solutions in clays of the Pauzhetka geothermal field (south of Kamchatka, Russia)**

*Kuzmina A.A., Sergeeva A.V., Kravchenko O.V., Kartasheva E.V., Nazarova M.A.*

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

*e-mail: analytic@kscnet.ru*

В работе описаны составы поровых растворов Восточно-Паужетского и Верхне-Паужетского термальных полей, расположенных на Паужетском геотермальном месторождении, на юге Камчатки. Поровые растворы глин Восточно-Паужетского поля имеют Ca-Mg-NH<sub>4</sub>-состав, Верхне-Паужетского – преимущественно Ca-Mg. Описаны корреляции между компонентами растворов и специфика составов для разных термальных полей.

**Введение**

В настоящей работе исследован состав поровых растворов Паужетского геотермального месторождения, расположенном на юге п-ова Камчатка. Геологическая структура характеризуется локальным тектоно-магматическим поднятием пород в позднечетвертичное время. Породы разбиты на субвертикальные блоки за счет внедрения малых интрузий габбро-диоритов и активных тектонических подвижек в доголоценовое время и современный период. По зонам дробления на поверхность разгружаются термальные растворы с температурой до 98 °С, которые преобразуют горные породы до гидротермальных глин. В результате этого на поверхности образуются термальные площади с выжженной растительностью, парящими грунтами, парогазовыми струями, кипящими грязеводными источниками. От основания глинистых плащей идет поток глубинных флюидов с преимущественно слабощелочной средой, в приповерхностных горизонтах сильно влияние метеорных вод, обогащенных растворенным кислородом, и среда растворов скорее слабокислая за счет окисления соединений серы и железа. В итоге формируется два основных горизонта глинистых плащей: зона сернокислотного выщелачивания, расположенная сверху, и под ней зона углекислотного выщелачивания. В работе рассмотрены два термальных поля – Восточно-Паужетское и Верхне-Паужетское.

При исследовании составов термальных источников юга Камчатки отмечается повышенное содержание аммония [2] и широкий спектр микроэлементов, в том числе редкоземельные элементы и благородные металлы [1]. Особенно подвижными элементы становятся в ультракислых средах, более характерных для фумарольных площадок активных вулканов. Составы поровых растворов гидротермальных глин юга Камчатки, сформировавшихся под воздействием щелочных флюидов и метеорных вод, ранее подробно не рассматривались.

**Материалы и методы**

Образцы были получены при проходке шурфов и послойном отборе проб глин. Затем была определена их влажность, получены водные вытяжки, в которых в дальнейшем определялись содержания макрокомпонентов, с последующим пересчетом на концентрации в поровых растворах с учетом влажности.

**Результаты и обсуждение**

На рис. 1 и 2 показаны тройные диаграммы содержания основных катионов и анионов в поровых растворах, для Верхне-Паужетского и Восточно-Паужетского термального поля. Катионный состав Верхне-Паужетского термального поля преимущественно кальций-магниевый, с небольшим содержанием аммония (рис. 1). Более высокая доля аммония наблюдается в поровых растворах Восточно-Паужетского

термального поля, причем содержание  $\text{NH}_4^+$  возрастает с увеличением глубины. По анионному составу поровые растворы сульфатные, сульфатно-гидрокарбонатные и сульфатно-хлоридные. Сульфат доминирует в поровых растворах Верхне-Паужетского поля, гидрокарбонат начинает преобладать в глубинных горизонтах Восточно-Паужетского термального поля, хлоридно-сульфатный состав на Восточно-Паужетском термальном поле наблюдается преимущественно на глубине от 1.5 м.

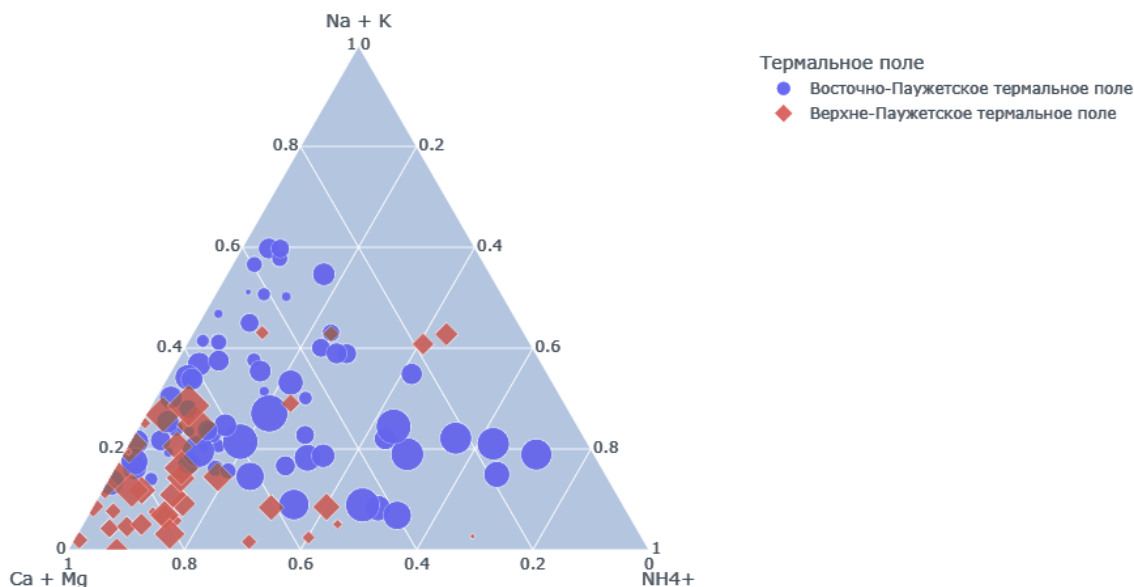


Рис. 1. Относительное содержание (исходная концентрация в мг-экв/л) основных катионов в поровых растворах глин термальных полей Паужетского геотермального месторождения, размер значка пропорционален глубине залегания образца, до 6 м.

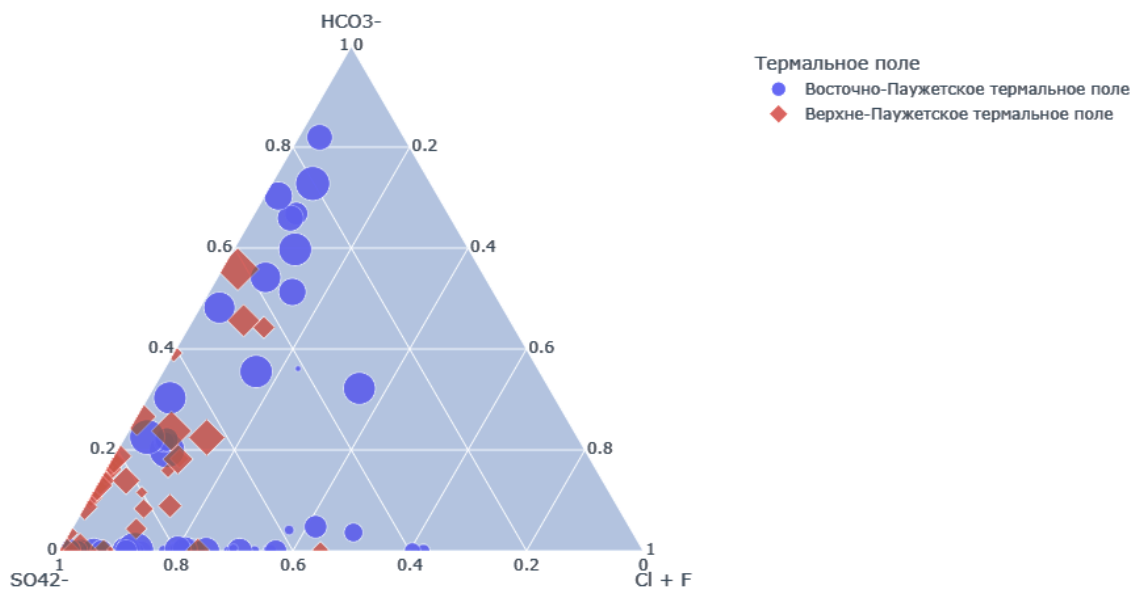


Рис. 2. Относительное содержание (исходная концентрация в мг-экв/л) основных анионов в поровых растворах глин термальных полей Паужетского геотермального месторождения, размер значка пропорционален глубине залегания образца, до 6 м.

На рис. 3 показаны основные корреляции между содержаниями ионов и минерализацией поровых растворов с учетом глубины залегания образцов и pH. Наиболее четко прослеживается зависимость между суммой концентраций кальция и магния и общей минерализацией в горизонте углекислотного выщелачивания Восточно-Паужетского термального поля, в слабощелочной среде, связь практически прямая. Из анионов такая связь наблюдается для сульфата, для остальных же ионов

разброс значений большой. Минерализация немонотонно зависит от кислотности раствора, минимум приходится на pH ~5-6, при переходе от горизонта углекислотного выщелачивания к горизонту сернокислотного выщелачивания, для обоих термальных полей. Поровые растворы приповерхностных горизонтов преимущественно слабокислые, а находящиеся на глубине, в зоне углекислотного выщелачивания, – слабощелочные, что отражает разгрузку щелочных хлоридно-гидрокарбонатных натриево-кальциевых вод у основания глинистых плащей. Примечательно, что в поровых растворах горизонта углекислотного выщелачивания Восточно-Паужетского термального поля концентрации аммония повышены, до 500 мг/л. В растворах Верхне-Паужетского термального поля содержание  $\text{NH}_4^+$  ниже, колеблется в широких пределах, но в среднем до 100 мг/л.

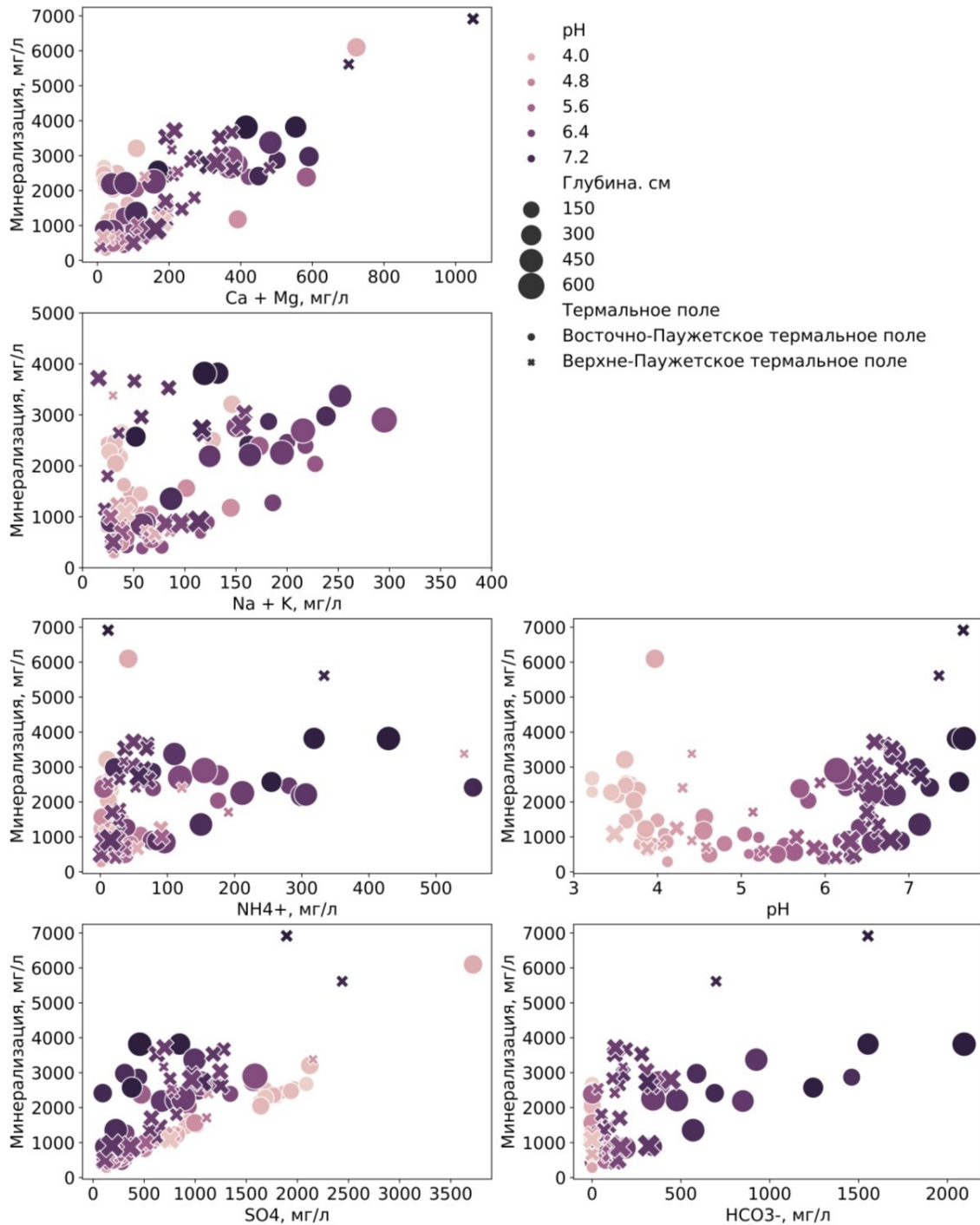


Рис. 3. Корреляции общей минерализации поровых растворов с ионным составом.

### **Заключение**

Составы поровых растворов двух исследованных термальных полей – Восточно-Паужетского и Верхне-Паужетского – сходны, но имеют количественные отличия, видимо, связанные с особенностями разгрузки глубинных флюидов.

Химический состав поровых растворов гидротермальных глин Восточно-Паужетского термального поля аммонийно-кальциево-магниевый, сульфатно-гидрокарбонатный. В горизонте сернокислотного выщелачивания среди анионов преимущественно преобладает сульфат, а среди катионов – кальций, натрий и магний, тогда как в горизонте углекислотного выщелачивания среди катионов преобладает аммоний и кальций с магнием, а среди анионов – гидрокарбонат и хлорид.

Для Верхне-Паужетского термального поля, в горизонте сернокислотного выщелачивания среди катионов доминирует кальций и магний, а среди анионов – сульфат. В более глубоком горизонте углекислотного выщелачивания начинает преобладать гидрокарбонат, а среди катионов по-прежнему доминируют кальций и магний, но незначительно возрастает доля аммония. По всей видимости, аммоний поступает вместе с разгружающимся флюидом.

### **Список литературы**

1. *Бортникова С.Б., Гавриленко Г.М., Бессонова Е.П., Лапухов А.С.* Гидрогеохимия термальных источников вулкана Мутновский (южная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2009. № 6. С. 26-43.
2. *Калачева Е.Г., Рычагов С.Н., Королева Г.П., Нурдаев А.А.* Геохимия парогидротерм Кошелевского вулканического массива (Южная Камчатка) // Вулканология и сейсмология. 2016. № 3. С. 41-56.