

Концентрирование циркония в гибридных сиенитах Усть-Хилокского массива (Западное Забайкалье)

© *Т. Т. Врублевская, В. Б. Хубанов*

Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия. E-mail: vrublevskayatt@rambler.ru

Концентрирование циркония в сиенитах осуществлялось в процессе конвективной кумуляции. Содержание циркона в лейкократовых кумулатах достигает 3–4 об.%. Укрупнение зерен циркона по механизму растворения-пересадки произошло при участии щелочного флюида, обогащенного цирконием, хлором.

Ключевые слова: циркон; торит; ураноторит; клеветит; гибридные сиениты; растворение-пересадка.

Concentration of zirconium in hybrid syenites of the Ust-Khilok massif (Western Transbaikalia)

T. T. Vrublevskaya, V. B. Khubanov

Geological institute, SB RAS, Ulan-Ude, Russia. E-mail: vrublevskayatt@rambler.ru

The concentration of zirconium in syenites occurred under the convective cumulation process. The content of zircon in leucocratic cumulates is 3–4% wt. The growth of zircon grains by the dissolution-reprecipitation mechanism occurred with the input of an alkaline fluid enriched in zirconium and chlorine.

Keywords: zircon; thorite; uranothorite; cleveite; hybrid syenites; dissolution-reprecipitation.

Усть-Хилокский массив входит в состав нижнеселенгинского интрузивного комплекса, сформированного в интервале 285–278 млн лет. Массив находится в центральной части Западного Забайкалья, приблизительно в 100 км южнее г. Улан-Удэ. Он вытянут более чем на 60 км вдоль р. Селенга в северо-восточном направлении при ширине до 10 км и представляет собой типичный трещинный интрузив. Сложен массив в основном монцосиенитами, сиенитами, присутствуют также лейкограниты и синплутонические габбро. Литвиновским Б.А. с соавторами [2] детально изучены синплутонические базиты и процессы смешения мафической и салической магм, приведшие к формированию гибридных пород.

Целью настоящей работы является определение условий накопления циркония в гибридных сиенитах Усть-Хилокского массива. Выделено две разновидности пород: 1) сиениты, обогащенные цирконием (1950–392 г/т); 2) сиениты с минимумом циркония (292–145 г/т). В лейкократовых сиенитах первой разновидности преобладают салические минералы — олигоклаз и щелочной полевой шпат, количество клинопироксена и биотита достигает 8 об.%. Породы имеют гипидиоморфнозернистую, аллотриоморфнозернистую, редко пойкилитовую структуры. Для них характерны симплектитовые сростания плагиоклаза и червеобразного калиевого полевого шпата, содержащего до 18 мас.% калия. Сиениты с минимумом циркония по минеральному составу подобны сиенитам первой разновидности, но ещё более лейкократовые и отличаются геохимическими особенностями.

По содержанию щелочей (до 12.4 мас.%) гибридные сиениты относятся к шшонитовой субщелочной серии. Они имеют наиболее высокую концентрацию калия (7.8 мас.%). Среди гибридных сиенитов с максимумом циркония довольно резко выделяются кумулаты, которые аномально обогащены Zr, в них также больше K, Sr, Ba, HREE. Сиениты с минимумом циркония — это поздние дифференциаты, содержащие значительно меньше Zr, HREE, Mg, Fe, V, Ba, Sr, но больше кремнезема.

На основе морфологических особенностей и состава в гибридных сиенитах выделено два типа циркона: 1) светло-розовые со слабым коричневатым оттенком призматические однородные кристаллы размером от 120 до 30 микрон; 2) крупные (0.25–0.5 мм) изометричные и призматические цирконы. Некоторые из них содержат метамиктные ядра или пористые участки, окруженные прозрачной трещиноватой каймой.

Циркон первого типа чаще всего ассоциирует с пироксеном, плагиоклазом, ильменитом, магнетитом, титанитом. В оторочках титанита вокруг рудных минералов отмечаются кристаллики циркона размером от 10 до 30 мкм. В этом цирконе нет элементов-примесей, что объясняется их низкой концентрацией на ранней стадии кристаллизации, но в нем содержится железо, отсутствующее во второй разновидности циркона. В двух кристаллах циркона, контактирующих с ильменитом и титанитом, обнаружена зональность по железу, которое в центре отсутствует, а к краю зерна его концентрация возрастает до 0.62–0.67 мас.%. В незональных кристаллах, также ассоциирующих с ильменитом и титанитом, количество железа достигает 1.08–1.42 мас.%. Состав этих цирконов позволяет предпола-

гать, что в гибридных сиенитах рост минерала вызван воздействием магматогенного флюида, приводящим к разрушению фаз, содержащих цирконий. Такой фазой является магматический ильменит, решетка которого может вмещать до 1 мас.% ZrO_2 [6]. Циркон развивается в ходе субсолидусной реакции при распаде ильменита [4] и замещении его рутилом и титанитом.

Пироксен также может быть источником циркония, который становится доступным под влиянием флюидной фазы, насыщенной калием и значительным количеством хлора, подтверждением чего служит содержание хлора в апатите — индикаторе активности летучих компонентов. Хлора больше на ранней стадии кристаллизации и он легко отделяется от расплава, поэтому наиболее высокая концентрация хлора (до 1 мас.%) в апатите из кумулатов в сиенитах с максимумом циркония. Так как хлор обладает сильным экстрагирующим действием по отношению к металлам [3], то флюид обогащается цирконием, а образующиеся при этом мелкие (10–25 мкм) кристаллики циркона приурочены к трещинам в пироксене, замещаемом актинолитом.

Выводы об истории преобразования циркона сделаны с использованием элементов, имеющих высокие концентрации — это Hf, U, Th, которые обладают устойчивым распространением в цирконе [1]. Циркон из гибридных сиенитов первой разновидности характеризуется высоким Zr/Hf отношением (56.81–30.93), свидетельствующим об участии основной магмы в формировании сиенитов. Циркон из сиенитов второй разновидности содержит больше Hf, что приводит к снижению Zr/Hf отношения (35.90–17.31), свидетельствующего о дифференциации гибридного расплава, подтверждением чего служит состав зонального кристалла. Увеличение к краю зерна количества Hf является геохимическим критерием процесса кристаллизационной дифференциации.

Th/U отношение — это значимый параметр для определения условий роста циркона. Циркон из гибридных сиенитов Усть-Хилокского массива имеет высокие Th/U отношения (1.04–1.79), характерные для магматического циркона из пород основного состава, что также подтверждает влияние базитовой магмы на состав сиенитов.

В кристаллах, гидротермально измененных под влиянием хлорсодержащего щелочного флюида, сохраняются реликты магматической ростовой зональности. При реакции циркона с флюидами образование структур замещения может идти посредством двух механизмов, предложенных в [5]: 1) структурная и химическая перестройка при твердофазном диффузионно-реакционном процессе; 2) изменение первичного циркона путем растворения-переосаждения. Отсутствие «неформульных» компонентов (Al, Ca, Fe) в составе прореагировавших зон циркона из гибридных сиенитов указывает на то, что концентрирование циркония в них, изменение и рост циркона происходили по механизму второго типа — растворения-переосаждения. Признаками такого замещения являются и морфологические особенности циркона: наличие пористых зон с включениями аксессуарных, порообразующих и U, Th, Y минералов, присутствие нескольких участков с разным количеством включений, извилистые границы между зонами, монокристаллическая трещиноватая кайма вокруг пористых ядер.

Микровключения минералов U, Th, Y (торит, ураноторит, клевет) являются продуктом процесса растворения-переосаждения циркона флюидами повышенной щелочности, что подтверждается высоким содержанием калия в гибридных сиенитах с максимумом циркония. Этими минералами насыщены пористые зоны в разных частях кристаллов циркона.

Концентрирование циркония и дифференциация гибридного расплава осуществляются в процессе конвективной кумуляции. Когда магма из стабильного состояния переходит в гидродинамически нестабильное вследствие появления в ней плотностных неоднородностей, в камере неизбежно возникает конвективное перемешивание. В качестве кумулятивных образований можно рассматривать обособления мафических, салических и аксессуарных минералов, формирующиеся под влиянием конвективных потоков, увлекающих ранние выделившиеся кристаллы, которые в ходе перемещения продолжают свой рост за счёт транспортирующего их расплава, и приводят к их скоплению. Неоднократное повторение этих процессов способствует появлению шлиров, в строении которых увеличивается роль салических минералов. В лейкократовых кумулатах содержание циркона достигает 3–4 об%. Укрупнение зерен циркона произошло за счет обрастания метамиктных ядер и реликтовых зерен циркона оторочками и каймами при участии щелочного флюида, обогащенного цирконием и хлором. Источником циркония в гибридных сиенитах были циркон из «фоновых» сиенитов и габбро, ильменит и клинопироксен.

Литература

1. Современные проблемы геохимических и U-Pb геохронологических исследований циркона в океанических породах / Ю. А. Костицын [и др.] // Геохимия. 2015. № 9. С. 771–800.

2. Литвиновский Б. А., Занвилевич А. Н., Калманович М. А. Многократное смешение сосуществующих сиенитовых и базитовых магм и его петрологическое значение, Усть-Хилокский массив, Забайкалье // *Петрология*. 1995. Т. 3. № 2. С.113–157.
3. Малинин С. Д., Хитаров Н. И. Рудные и петрогенные элементы в системе магматической расплав-флюид // *Геохимия*. 1984. № 2. С. 183–196.
4. Bingen B., Austrheim H., Whitehouse M. Ilmenite as a Source for Zirkonium during High-grade Metamorphism? Textural Evidence from the Caledonides of Western Norway and Implications for Zircon Ceochronology // *Journal of Petrology*. 2001. V. 42. № 2. P. 355–375.
5. Geisler T., Schaltegger U., Tomaschek F. Re-equilibration of zircon in aqueous fluids and melts // *Elements*. 2007. № 3. P. 43–50.
6. Tompkins L. A., Haggerty S. E. Groundmass oxide minerals in the Koidukimberlite dikes, Sierra Leone, West Africa // *Contributions to Mineralogy and Petrology*. 1985. V. 91. P. 187–206.

Врублевская Татьяна Тимофеевна, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник Геологического института СО РАН, г. Улан-Удэ.