

О ГЕОХИМИЧЕСКОЙ ГЕТЕРОГЕННОСТИ ЦИРКОНОВ ИЗ СИЛУРИЙСКИХ ГАББРО И ГРАНИТОИДОВ СРЕДНЕГО УРАЛА

А.А. Краснобаев, Ф. Беа, Г.Б. Ферштатер, П. Монтеро

Статья посвящена результатам изучения в Университете Гранады методом LA-ICP-MS 7 проб цирконов, выделенных в лаборатории радиогеологии Института геологии и геохимии из следующих пород: 1) амфиболового габбро (к934) и ассоциированных с ним тоналитов (к927, к932, к933) и трондьемита (к931) Рефтинского габбро-плагиогранитного массива, детально изученного В.Н. Смирновым [Эвгеосинклинальные..., 1984]; 2) роговообманкового габбро (к513) и образованного в результате его частичного плавления роговообманкового анортозита (к501) Черноисточинского массива Платиноносного пояса; 3) высокobarического роговообманково-гранатового метаплагиогранита (к788), представляющего собой лейко-сому амфиболитовых мигматитов офиолитового происхождения из северо-западного экзоконтакта Кытлымского массива. Приводимые данные являются по сути первым геохимическим описанием цирконов из габбро и плагиогранитоидов.

Характеристика аналитических методов и возраст цирконов приведены отдельно [Краснобаев и др., 2004].

Рефтинский массив. Цирконы из габбро к934 разнообразны по морфологии и составу. С практически совершенными изометричными кристаллами (рис. 1, зерно 1) сосуществуют асимметрично развитые зерна с залеченными трещинами (зерно 2), частично регенерированные обломки зональных кристаллов (3) и другие реликтовые зерна, образующие типичные ядра в гетерогенных кристаллах (4). Отмечаются цирконы со следами дробления (5,6) и метасоматически измененные разности (7, 8) с фрагментами последующего обрастания.

Классический тип магматических цирконов [Краснобаев, 1986] характерен для тоналитов. Распространены идиоморфные гомогенные зональные кристаллы с разнообразными первичными включениями, часто со структурами песочных часов (зерна 9, 10). Встречаются деформированные зерна, испытавшие коррозию (11, 12) и метасоматоз (13, 14). В целом облик цирконов не противоречит представлению об

образовании части тоналитов в результате частичного плавления габбро. Лишь трондьемит к931 содержит зерна циркона, особенности которых говорят об их происхождении в результате кристаллизационной дифференции габброидов. В породах распространены как идиоморфные зональные зерна, целиком образованные из гранодиоритового расплава, так и зерна, сохранившие реликты габбрового циркона.

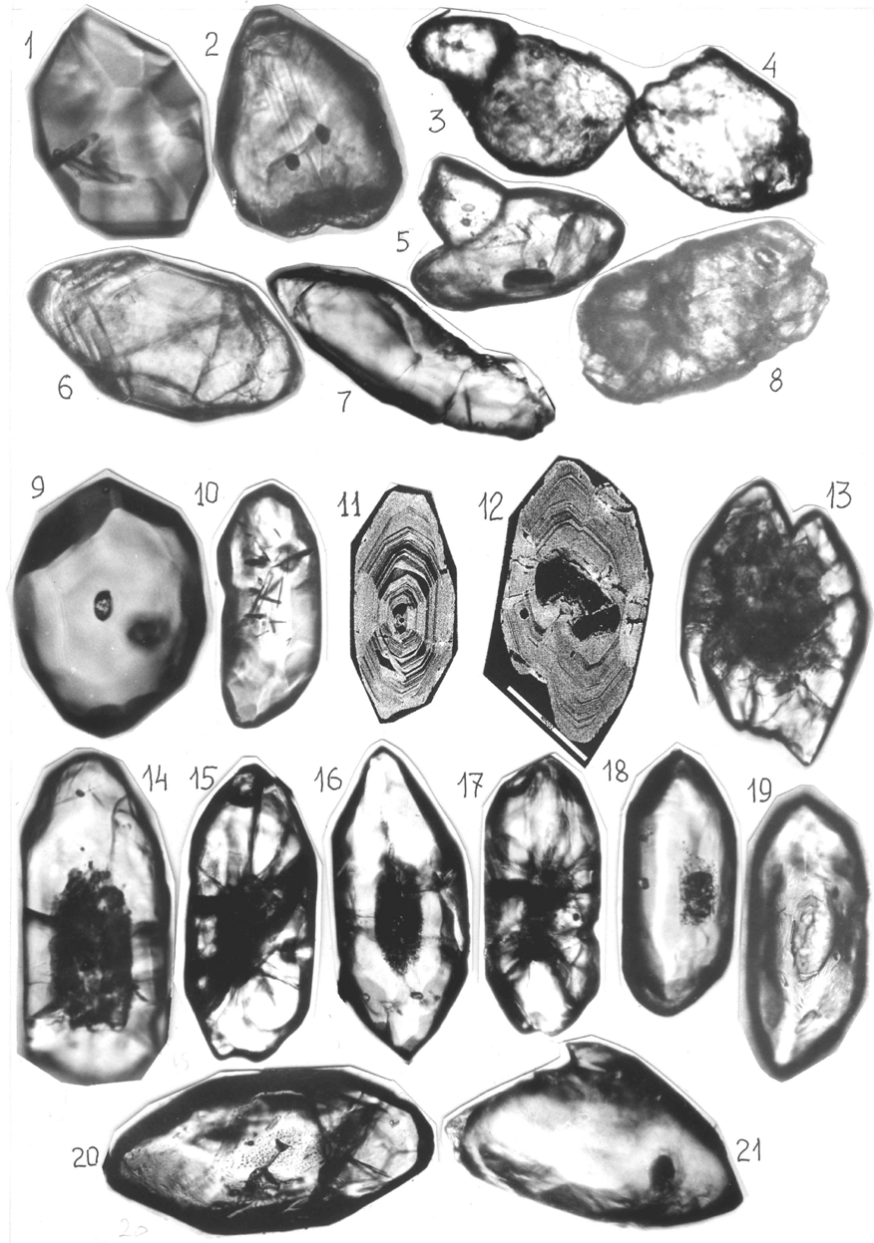
Геохимические особенности цирконов изображены на рис. 2 А,Б. Цирконы из габбро к934 и трондьемита к931 характеризуются наиболее высокими концентрациями фосфора, урана, тория, свинца и повышенным (>2) отношением Y/Yb , а также Th/U , что несомненно свидетельствует об их генетическом родстве и подтверждает высказанное выше предположение о дифференциационном происхождении трондьемита. Цирконы тоналитов, в свою очередь, образуют единое поле в области меньших значений отмеченных элементов, что также свидетельствует об их генетическом родстве. Отношение R/Y в цирконах из пород Рефтинского массива довольно устойчиво и близко к таковому в ксенотиме.

Черноисточинский массив. Цирконы в роговообманковом габбро к513 показаны на рис. 3, зерна 1-8. Основная специфика цирконов, как и в габбро к934 Рефтинского массива, – разнообразие морфотипов. Среди них выделяются идиоморфные кристаллы с совершенными ограничениями (1), зерна округлой формы со следами коррозии (2-4), в которых абразивное воздействие исключается (5). Отмечаются кристаллы с ядрами, трещины в которых перекрываются оболочкой (6). Часть раздробленных и изогнутых кристаллов регенерирована (7), часть зерен испытала метасоматические изменения (8). Популяция является полигенной и представлена зернами с возрастными 1604, 585 и 400 млн лет [Краснобаев и др., 2004]. Эти возрастные группы обладают определенными геохимическими особенностями (рис. 4). Наибольшим содержанием легких лантаноидов, урана и тория отличаются ксеногенные зерна с возрастом 1600 млн лет, заимствованные из пород допалеозой-

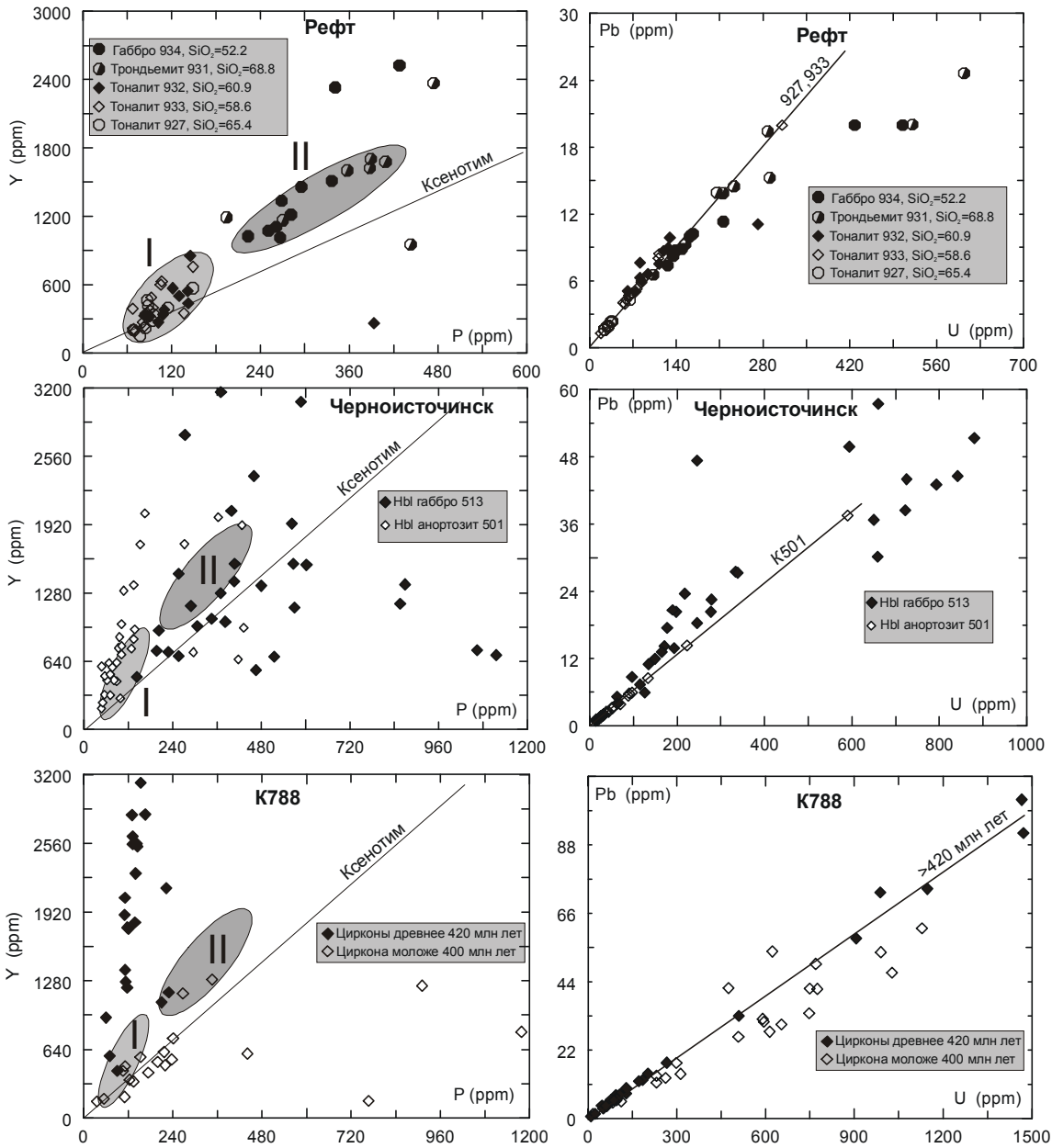
Рис. 1. Морфология цирконов из пород Рефтинского массива. Пояснения в тексте.

ского фундамента, ксенногенные цирконы с возрастом около 580 млн лет (венд) характеризуются большими вариациями в содержаниях редких элементов, а в «магматических», собственно габбровых, цирконах эти вариации существенно сужаются.

В роговообманковом анортозите к501 большая часть цирконов обладает высоким идиоморфизмом, прозрачностью, четким зональным строением (рис. 1, 9-11), т.е. представлена монотипом (возраст 422 ± 11 млн лет), характерным для большинства интрузивных пород [Краснобаев, 1986]. Такие кристаллы отвечают этапу кристаллизации из анортозитового расплава (генерация II). Примерно 5-7% зерен представляют собой реликтовые (ранние) образования (генерация I), возможно унаследованные от субстрата, каковым является габбро к513. Для них характерны замутненность, повышенная метамиктность. В отдельных кристаллах генерации II сохраняются фрагменты I генерации, являющиеся метастабильными. В оптическом варианте процесс замещения циркона генерации I цирконом генерации II показан на рис. 1, 14-20). У конечных членов этого ряда лишь незначительные структурные признаки (тени) или контуры точечных включений указывают на бывшее присутствие генерации I.



Максимальной геохимической гетерогенностью обладают цирконы, у которых центральная часть сложена генерацией I, а краевая – генерацией II. При этом обычно центр зерна (с) обогащен практически всеми элементами, а край (г) – обеднен (рис. 4, Б). Наибольшими вариациями состава в пределах отдельно взятого зерна обладают цирконы генерации I, а минимальными – генерации II. В процессе замещения циркона I цирконом II происходит постепенная гомогенизация состава, показанное на рис. 2Б контуром III. Конечным продуктом этого процесса являются практически гомогенные зерна II, состав которых близок к составу краевых частей гетерогенных зерен.



110

Рис. 2 А. Диаграммы Y-P, Pb-U для изученных цирконов.

Затемненными овалами на диаграмме А показаны области составов цирконов из тоналитов (I) и из габбро и трондjemита (II). Линиями на диаграммах показаны соотношения соответствующих элементов в тех или иных группах цирконов, которые обозначены около линий. Линия «ксенотим» показывает соотношение Y и P в ксенотиме. Остальные пояснения в тексте.

Решительно преобладающие среди цирконов анортозита зерна генерации II характеризуются устойчивым и низким содержанием Pb, U, Th, P, чем резко отличаются от цирконов из габбро к513, которые имеют более высокие содержания этих элементов и гораздо больший разброс их содержаний (рис. 2, А, Б). P/Y отношение в большинстве цирконов из

габбро отличается от такового в ксенотиме. Большая же часть анортозитовых цирконов имеет такие же концентрации этих элементов, что и цирконы из тоналитов Рефтинского массива, для которых предполагается анатектическое происхождение, как и для анортозитов. По-видимому, низкие содержания большинства редких элементов – это характерная особен-

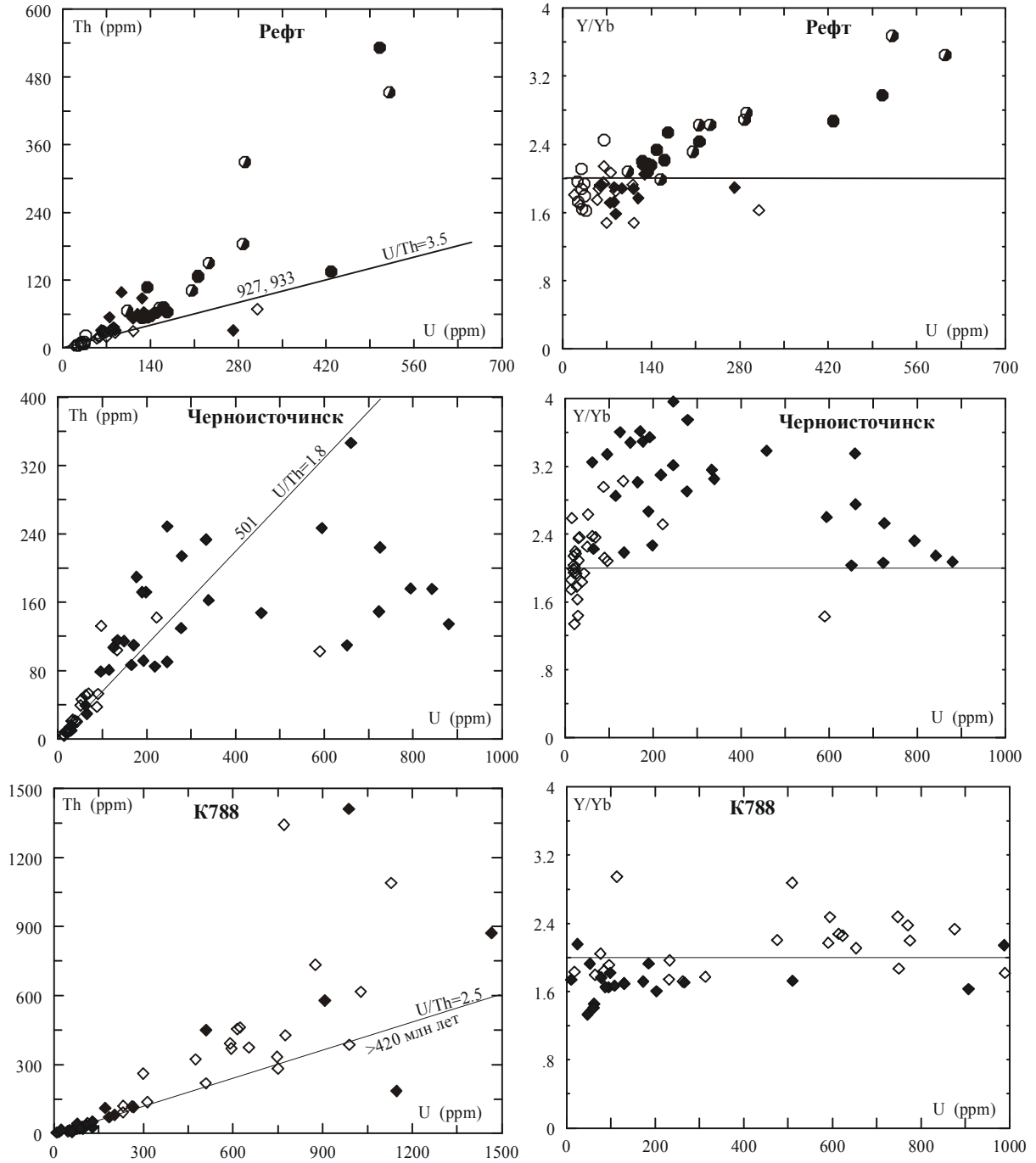


Рис. 2 Б. Диаграммы Th-U, Y/Yb-U для изученных цирконов.

ность цирконов из пород, образованных частичным плавлением базитов.

Обращает на себя внимание идеальная положительная корреляция Pb и U в цирконах из роговообманкового анортозита к501, свидетельствующая о происхождении подавляющей части свинца в результате радиоактивного распада урана. В габбро столь совершенная корреляция

отмечается только в области составов с низкими содержаниями этих элементов, которыми обладают зерна, непосредственно кристаллизовавшиеся из габбрового расплава.

Высокобарический метаплагиогранит (к788) образует жилы и небольшие интрузивные тела в амфиболитах зоны Главного Уральского разлома. Амфиболиты – это преобразо-

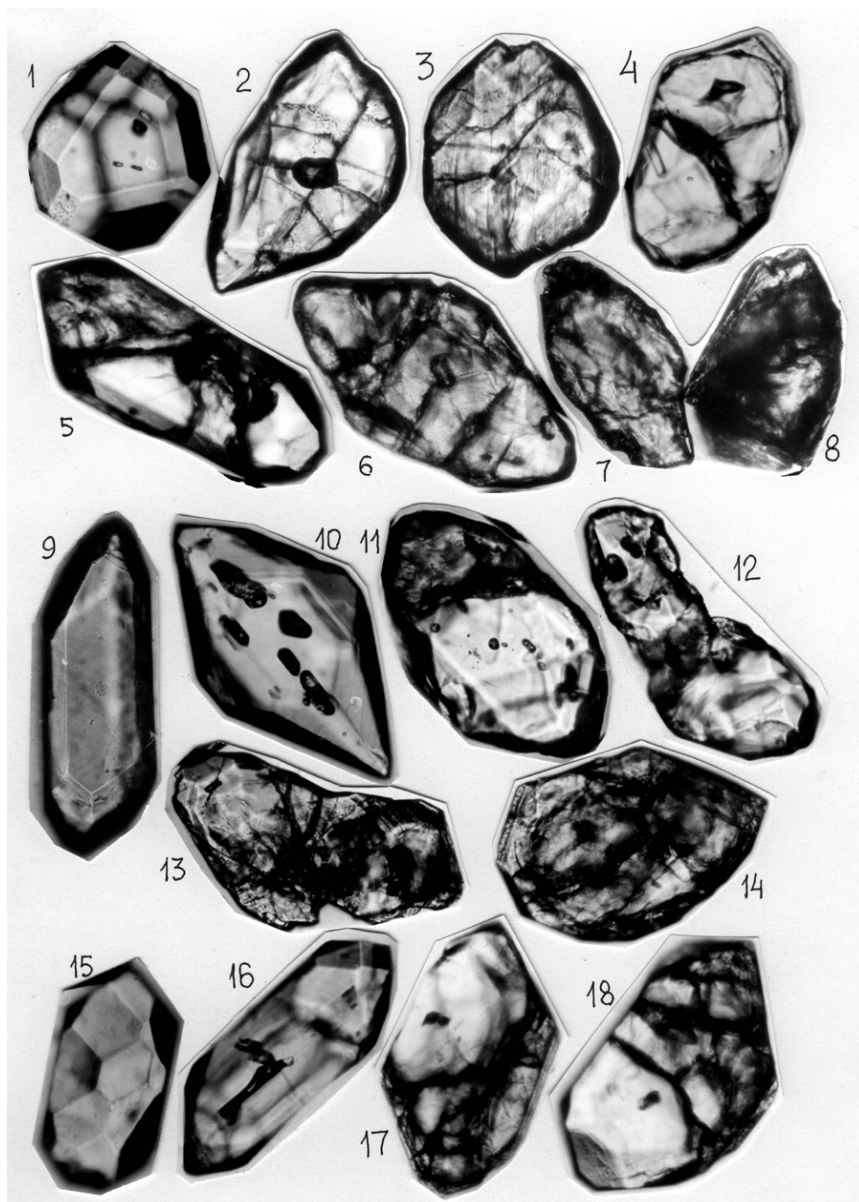


Рис. 3. Морфологические типы цирконов из габбро и анортозита Черноисточинского массива. Пояснения в тексте.

У отношение отвечает ксенотимовому. Зерна с возрастом древнее 420 млн лет (первичные), как и цирконы в анортозите к501, характеризуются хорошей положительной корреляцией U-Pb, которая становится значительно хуже в молодых преобразованных цирконах.

Из сопоставления диаграмм Y-P, Th-U, Y/Yb-U (рис. 2) следует вывод о первичной ксенотимизации цирконов рефтинского комплекса, снижающейся в ходе частичного плавления габбро (цирконы из тоналитов) и возрастающей в процессе фракционной кристаллизации габбрового расплава (трондьемит к931).

ванная базальтоидная часть офиолитового комплекса, а плагиограниты – анатектические выплавки из мигматизированных амфиболитов [Ферштатер и др., 2002]. Цирконы пород гетерогенны и отвечают трем возрастным группам – 440, 400 и 307 млн лет, первая из которых, по видимому, отвечает возрасту офиолитового субстрата, вторая – времени анатексиса, а третья фиксирует поздние преобразования цирконов [Краснобаев и др., 2004].

Ранние (первичные) цирконы по своим геохимическим особенностям близки к цирконам из офиолитовых комплексов и отличаются от более поздних низкими содержаниями Pb, U, Th, а также статистически более низкими Y/Yb и Th/U отношениями (рис. 2). Корреляция содержаний P и Y в них отсутствует, а в поздних P/

Аитиподом служат цирконы из метаплагиогранита к788, у которых проявлена корреляционная связь Y с тяжелыми лантаноидами (Yb), что реализуется в относительном постоянстве Y/Yb отношения, не зависящем от содержания урана. В цирконах из пород Черноисточинского массива проявлены обе отмеченные выше закономерности. Некоторое снижение величины Y/Yb в части цирконов из габбро по мере роста концентрации урана может служить хорошим подтверждением изложенных выше данных о полигенности цирконов в роговообманковом габбро к513.

Геохимическая гетерогенность цирконов в магматических породах Урала на базе современных аналитических возможностей только начинает изучаться. По мере накопления данных, станет яснее, насколько рассмотренные в

Рис. 4. Распределение редких элементов в цирконах разных генераций из габбро и анортозита Черноисточинского массива.

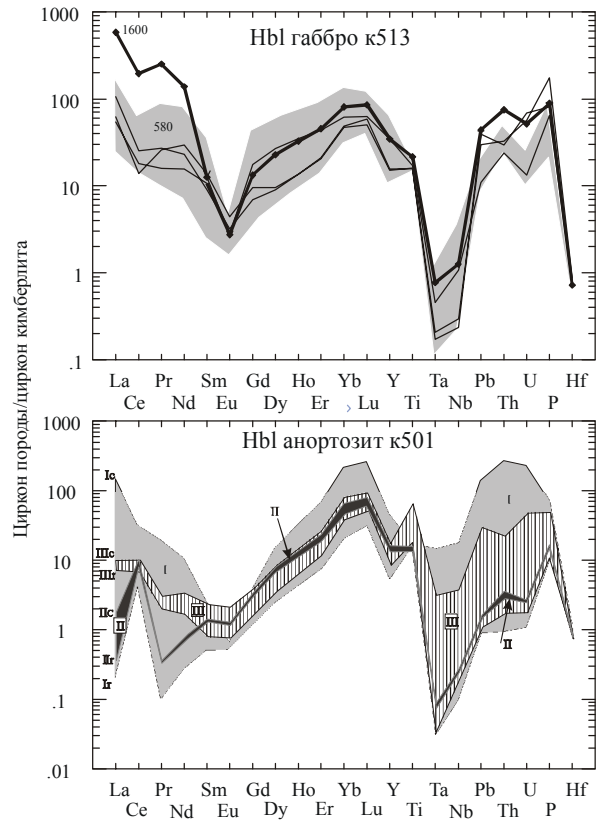
Содержания элементов нормированы по циркону из Южноафриканских кимберлитов [Belousova et al., 1998].

настоящей статье геохимические особенности разновозрастных и морфологически различных цирконов типичны и информативны.

Исследования выполнены при финансовой поддержке программ № 7 ОНЗ РАН, НШ-85.2003.5 и гранта Урал-РФФИ 04-05-96068.

Список литературы

Краснобаев А.А. Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука. 1986.
Краснобаев А.А., Беа Ф., Ферштатер Г.Б., Монтеро П. Возраст, морфология, геохимические особенности цирконов из базитов Урала (офиолиты и Платиноносный пояс) и ассоциированных с ними кислых пород // Геология и металлогения ультрамафитовых и гранитоидных интрузивных ассоциаций складчатых областей (Материалы международной научной конференции «Х чтения А.Н.Заварицкого») Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2004. С. 211-216.
Ферштатер Г.Б., Беа Ф., Бородина Н.С., Монтеро М.П. Анатексис базитов в зоне палеосубдукции и происхождение анортозит-плагиогранитной серии Платиноносного пояса Урала // Геохимия. 1998. № 8. С. 768-781.



Ферштатер Г.Б., Бородина Н.С., Осипова Т.А., Шардакова Г.Ю. Минеральный состав и условия формирования высокobarических метагранитов (Урал) // Зап. ВМО. 2002. Ч. СXXXI. № 3. С. 1-22.
 Эвгеосинклинальные габбро-гранитоидные серии // Ферштатер Г.Б., Малахова Л.В., Бородина Н.С. и др. М.: Наука, 1984. 264 с.
Belousova E.A., Griffin W.L. and O'Reilly S.Y. Cathodoluminescence and geochemical properties of kimberlitic and lamproitic zircons // Proceedings of the VIIth international kimberlite conference. J.B. Dawson volume. Cape Town. 1998. P. 23-29.