

Состав исходной магмы для всех раннеорогенных комплексов отвечает ультрамафитовому или мафитовому, т.е. является мантийным по магматическому источнику. Наиболее близкие к составу исходных магматических расплавов габброиды обладают геохимическими особенностями надсубдукционных образований. Среди этих особенностей отметим отрицательные аномалии на спайдерграмме высокозарядных элементов (Nb, Ti, Zr) и положительные – Ba и Sr. Распределение РЗЭ – типично островодужное (надсубдукционное) с варьирующим La/Lu отношением, как правило, больше 1. Такие геохимические особенности могут свидетельствовать о том, что по своему тектоническому положению этот магматический источник представлял собой метасоматизированный мантийный клин.

Не только геохимические, но и изотопные особенности уральских магматических пород во многом определяются влиянием субдукции. Все породы возрастного интервала 460-290 млн. лет образуют практически единый тренд в координатах $\epsilon\text{Nd}-\epsilon\text{Sr}$, отклонение которого от мантийного можно объяснить именно влиянием субдуцируемого слэба.

Особенности цирконов из мантийных по своему источнику раннепалеозойских пород, в частности, наличие среди них протерозойских разностей, позволяет предположить, что выше метасоматизированного мантийного клина на глубине 40-25 км в ордовикско-силурийское время располагался блок «доуральского» фундамента (возможно, представленный породами Восточно-Европейской платформы), на котором и была заложена Тагильская мегазона. По своей геодинамической природе эта мегазона по-видимому, представляла собой надсубдукционную рифтогенную структуру, южное окончание которой уходило в блок континентальной коры, представленный сейчас Ильменогорским метаморфическим комплексом.

Закономерность развития палеозойского магматизма Урала заключается в смене мантийного ордовик-силур-ранне- и среднедевонского магматизма, кратко рассмотренного в настоящем сообщении, позднедевонско-каменноугольным мантийно-коровым, главными продуктами которого являются габбро-тоналит-гранодиорит-гранитные батолиты, а последнего – коровым гранитным магматизмом пермского возраста. Все мантийные производные послесреднедевонского возраста на Урале являются продуктами кристаллизации богатых водой расплавов и представлены преимущественно роговообманковыми габброидами. Отмеченные выше закономерности эволюции уральского магматизма нарушаются формированием рифтов и дуговых континентальных структур, в которых локализованы специфические магматические комплексы (раннекаменноугольная магнитогорская габбро-гранитоидная серия или раннепермская монцодиорит-гранитная степнинская), не укладывающиеся в отмеченную генеральную схему эволюции.

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГЕНЕЗИСУ УРАЛЬСКИХ ДУНИТОВ ПЛАТИНОНОСНОГО ТИПА: ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ВОЗРАСТА И ГЕОХИМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЦИРКОНОВ

Ферштатер Г.Б., Краснобаев А.А.

*Институт геологии и геохимии УрО РАН, Екатеринбург, Россия
e-mail: fershtater@igg.uran.ru*

NEW DATA ON THE GENESIS OF THE URALIAN «PLATINUM» TYPE DUNITES: INTERPRETATION OF THE AGE AND GEOCHEMICAL FEATURES

Fershtater G.B., Krasnobaev A.A.

*Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Ekaterinburg, Russia
e-mail: fershtater@igg.uran.ru*

The zircons from dunites of Kos'va, Sakhara and East Khabarn Uralian-Alaska type massifs belong to the same groups which are as follow: 1) Archaean, mantle in origin, >2800 Ma; 2) Proterozoic,

extracted by the parental melt from basement, 1200-2400 Ma and 3) Paleozoic, magmatic and post-magmatic, 430-360 Ma.

Представлены результаты изотопного (ионные зонды Cameca IMS1270–NORDSIM и SHRIMP-II) и геохимического (LA-ICP MS) изучения цирконов из трех проб дунитов из уральских массивов урало-аляскинского типа – Косьвинского, Сахаринского и Восточно-Хабарнинского. Цирконы дунитов обладают общими особенностями. В каждом образце выявлены следующие генетические и возрастные группы цирконов: 1) остаточные, мантийные (?) архейского возраста, 2) ксеногенные протерозойского возраста, 3) цирконы магматического облика, близкие по возрасту и геохимическим особенностям к цирконам из габброидов, ассоциированных с дунитами, и 4) постмагматические цирконы, кристаллизовавшиеся, по-видимому, из гидротерм, сопровождавших перекристаллизацию дунитов.

Установленный факт является новым и имеет большое значение для понимания петрогенезиса дунитов в комплексах урало-аляскинского типа, важных в металлогеническом отношении, поскольку с ними ассоциированы месторождения платиноидов, железа, меди, ванадия и других металлов.

Цирконы архейского возраста, представленные осколками прозрачных, бедных ураном кристаллов, по-видимому, представляют собой *остаточные* разности, заимствованные из мантийного субстрата дунитов. Мы полагаем, что именно низкое содержание урана, близкое к таковому в кимберлитовых цирконах, способствовало хорошей сохранности этих кристаллов. Таких зерен немного, и нам не всегда удавалось определить возраст и геохимические параметры в одних и тех же зернах.

Цирконы второй группы распространены более широко. Они имеют протерозойский возраст и, по-видимому, *ксеногенную* природу. В большинстве своем они представлены овальными зернами с абразивными следами на поверхности, свидетельствующими об их переотложении. Нередко такие зерна обрастают каймами палеозойского возраста и входят в состав полигенных кристаллов. Часть из них неустойчива в расплаве, из которого образовался оливин дунита, и сильно корродирована. Морфология протерозойских зерен наряду с их геохимическими особенностями не оставляют сомнений в их принадлежности к породам коры, скорее всего континентального типа. Из этого следует важный вывод о движении расплава, из которого выделился оливин дунитов, сквозь кору и контаминации этого расплава коровым веществом.

Из исходного для дунита предположительно базитового или тылаитового расплава кристаллизовались цирконы *магматического облика*, которые обладают идиоморфизмом, варьирующей прозрачностью. Их специфика – зональное строение, обусловленное чередованием зон различной четкости, а иногда и диффузные (размытые) контуры секториальности. Во всех изученных пробах дунита они имеют примерно тот же возраст, что и цирконы из ассоциированных с ними габброидов: 435-432 млн. лет в дуните Косьвинского массива, 378-374 млн. лет в дуните из Сахаринского массива и 407-402 млн. лет в дуните Восточно-Хабарнинского массива. В этих же интервалах находятся и возрасты цирконов из габброидов соответствующих массивов. Генетическую связь цирконов из габбро и ассоциированных с ними дунитов подчеркивает и их геохимическое сходство (рис. 1). Цирконы из габброидов и дунитов одноименного массива на большинстве диаграмм образуют единые поля, отличные от минералов из другого массива. Цирконы из дунита и монцогаббро Сахаринского массива заметно беднее Hf, Th, U по сравнению с палеозойскими магматическими цирконами из дунита и габбро-норита Восточно-Хабарнинского массива. Этот факт свидетельствует о генетической связи дунитов и габброидов, образующих единые геологические тела – массивы урало-аляскинского типа. Содержания Р и У в изученных цирконах связаны прямой зависимостью, в которой Р/У отношение примерно соответствует таковому в ксенотиме и, следовательно, можно полагать, что уровень содержаний этих элементов определяется степенью замещения цирконов ксенотимом. В то же время различный химический состав дунитов и габброидов определил и некоторые важные особенности состава первичных цирконов, например, пониженное содержание Ti, Nb, Ta в цирконе из дунитов.

Постмагматические цирконы имеют более молодой возраст по сравнению с цирконами магматического облика. Наиболее детально они изучены в дуните из Восточно-Хабарнинского

массива, где резко отличаются от ксеногенных и магматических цирконов высокими содержаниями всех редких элементов и большими вариациями концентраций. Предполагается их кристаллизация из флюидной фазы, появляющейся на постмагматической стадии эволюции дунита.

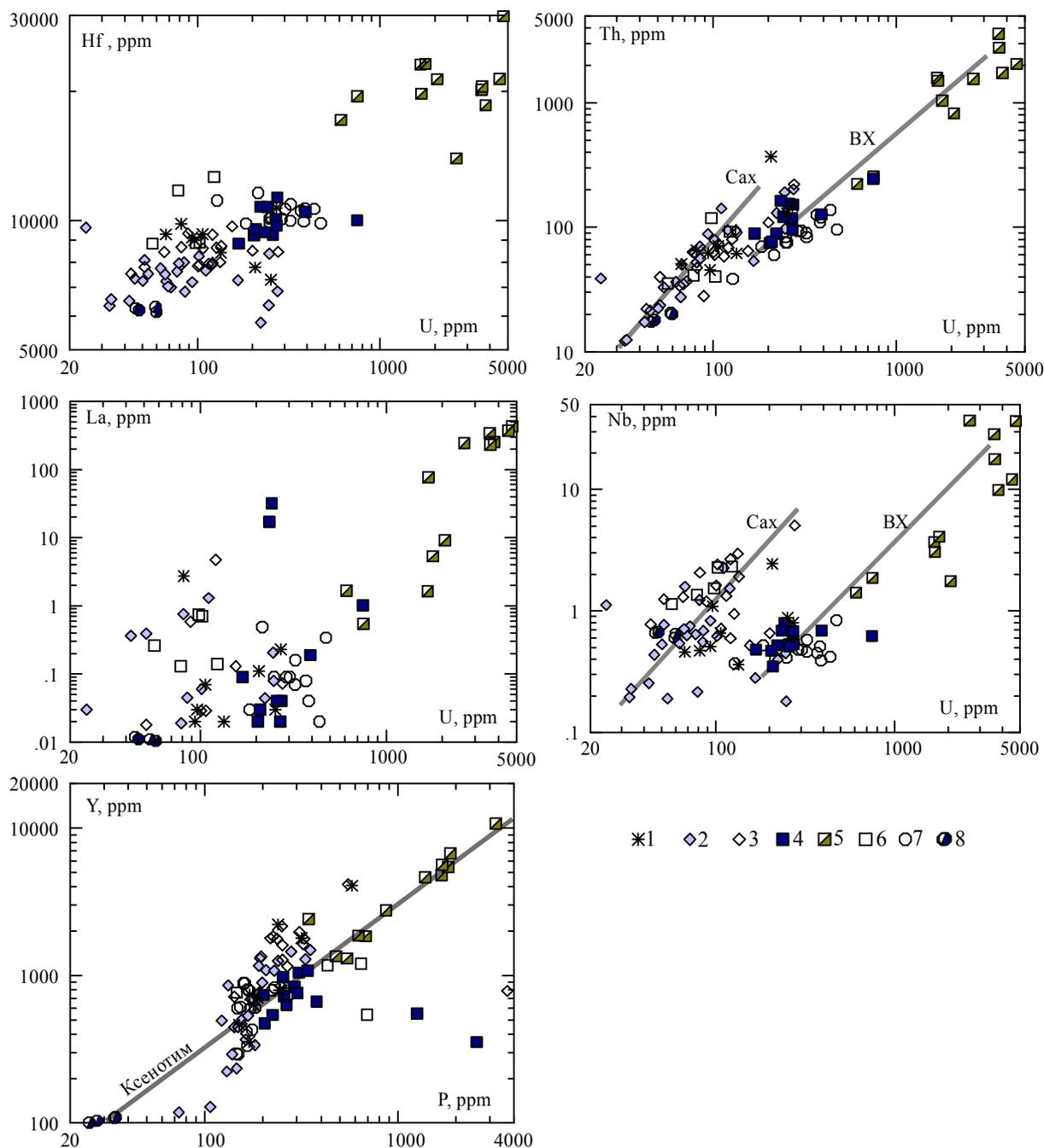


Рис. 1. Диаграммы U–Hf, U–La, U–Th, U–Nb, P–Y для цирконов из дунита (проба Kт355) Косьювинского массива и дунитов и ассоциированных с ними габброидов Сахаринского (пробы K1836 и K1848) и Восточно-Хабарнинского (пробы K1832 и K1835) массивов.

Цирконы: 1 – из дунита Косьювинского массива; 2, 3 – из дунита (2) и монцогаббро (3) Сахаринского массива; 4–8 – из дунита и габбронорита Восточно-Хабарнинского массива: магматический (4), постмагматический (5) и ксеногенный (6) из дунита, палеозойский, магматический (7) и протерозойский, ксеногенный (8) из габбронорита.

Индексами Сах и ВХ обозначены вариационные линии составов цирконов соответственно из Сахаринского и Восточно-Хабарнинского массивов.

Вероятность такой интерпретации подтверждают исследования хромитовой и платиноидной минерализации в дунитах Платиноносного пояса Урала, выполненные Е.В. Аникиной и Е.В. Пушкаревым, которые показали наличие в хромититах низкотемпературных и низкобарических минеральных парагенезисов, сопровождающих процессы перекристаллизации дунита и сегрегации хромшпинелида и платиноидов. Наличие таких парагенезисов свидетельствует о большой роли флюида в постмагматической эволюции дунита, а концентрация циркона именно в дунитовых хромититах указывает на возможность связи рассматриваемых постмагматических цирконов именно с процессами перекристаллизации дунитов в местах их современного залегания. Если подобная интерпретация верна, то разрыв во времени между магматической стадией формирования дунита и постмагматическими процессами, с которыми связана хромшпинелидовая и платиноидная минерализация составляет не менее 20 млн. лет.

В последнее время в связи с развитием локальных методов изучения индивидуальных зерен циркона появляется все больше данных о том, что субсолидусная и постмагматическая перекристаллизация циркона – широко распространенное явление для всех типов пород. Изучение цирконов позволяет датировать этапы преобразований и связать их с геологическими событиями. В частности, широкое развитие цирконов с возрастом около 360 млн. лет и моложе в дунитах Косьвинского массива, возможно, обусловлено формированием в западной части Платиноносного пояса ассоциации мелкозернистых роговообманковых габбро, возраст которых составляет 350 млн. лет. Наличие в дуните Косьвинского массива таких специфических постмагматических минералов, как андрадит-гроссуляровый гранат, шпинель, рутил, частично циркон, свидетельствует о реальности процессов гидротермального преобразования дунитов, а цирконы позволяют датировать эти процессы. Цирконы с возрастом 397-384 млн. лет в дуните Восточно-Хабарнинского массива, по-видимому, связаны с этапом амфиболитизации габбро-норитов и образованием анатектических обдукционных гранитов, т.е. с событиями, имеющими тот же возраст.

О ГЕНЕЗИСЕ ДУНИТОВ В МАГМАТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ УРАЛО-АЛЯСКИНСКОГО ТИПА

Концентрически зональное строение дунит-клинопироксенит-габбровых массивов Платиноносного пояса, изометричная форма большинства из них, элементы залегания полосчатости в массивах, данные площадных магнитометрических, гравиметрических и профильных сейсмических исследований позволяют предположить, что наблюдаемые на современном эрозионном срезе массивы представляют собой сечения трубообразных тел примерно одинакового первичного строения. Центральная часть таких трубок была сложена дунитами, затем следовали клинопироксениты и габброиды. Это модельное первичное строение предполагает, что главные разновидности пород магматической серии – это продукты динамического фракционирования в процессе внедрения вдоль протяженного канала, при котором ранние дунитовые кумуляты концентрируются в центральной части магматической колонны и окружаются более поздними породами – верлитами и оливинowymi клинопироксенитами. Данные по редким элементам, в том числе РЗЭ и платиноидам, подтверждают предположение о ведущей роли кристаллизационной дифференциации в генезисе серии. Главным вопросом остается проблема состава исходного расплава. Надежных геологических данных для решения этой проблемы нет. Можно лишь предполагать на основе особенностей структуры и минерального состава плагиоклазовых оливиновых пироксенитов – тылаитов, что именно они в первом приближении и представляют собой такой расплав.

Таким образом, приведенные данные по цирконам подтверждают высказанное ранее предположение о том, что дуниты массивов урало-аляскинского типа, в отличие от одноименных пород в офиолитовых дунит-гарцбургитовых комплексах, представляют собой не мантийные релиты, а кумулятивные образования, контаминированные коровым материалом. В рамках кумулятивной модели можно следующим образом объяснить все общие особенности цирконов из дунитов, изложенные выше.

Ксеногенные цирконы были заимствованы расплавом из прорываемых им пород, которые принадлежали, судя по возрасту и геохимическим особенностям цирконов, протерозойскому фундаменту Уральского орогена. Наличие в дунитах всех трех проб такого минерала, как кианит,

служит подтверждением заключения о ксеногенной природе цирконов. В процессе дальнейшей кристаллизации эти минералы осаждались из высокотемпературной маловязкой магмы вместе с оливином и хромшпинелидом, входя в состав дунита.

Возраст протерозойских ксеногенных цирконов в дунитах неодинаков (рис. 2). Дуниты из западной части Урала содержат цирконы с возрастом более 1800 млн. лет, а дуниты Сахаринского массива из восточной части Урала – более молодые разности. На основании этих фрагментарных данных можно предположить различный возраст (а возможно, и природу) кристаллического фундамента в западной и восточной частях Урала, представленного в первом случае основанием Восточно-Европейского, а во втором – Казахстанского континентов.

Предположительно мантийные по природе архейские цирконы заимствованы, по-видимому, просачивающимся сквозь мантию расплавом, из которого кристаллизовался оливин дунитов. Во всех трех пробах они представлены единичными зернами, на основании которых рано делать заключение о природе и составе материнских для них мантийных пород.

Магматические цирконы дунитов представляют собой попавшие в кумулус зерна, кристаллизовавшиеся из исходного расплава, который после выделения оливина, был уже близок по составу к габбро. Этим, видимо, объясняется близкий возраст и геохимические характеристики таких цирконов из дунитов и ассоциированных с ними габброидов. Эти особенности цирконов не оставляют сомнений в генетическом родстве дунитов и габброидов.

И, наконец, широкое развитие в дунитах постмагматических цирконов объясняется интенсивной перекристаллизацией дунитов в присутствии флюида, сопровождающейся структурной перестройкой и сегрегацией хромшпинелида и минералов платиновой группы в интервале температур 900-400°C. Длительность такого процесса остывания и приспособления дунита к условиям его локализации в структурах коры, судя по приведенным данным, может достигать 50 млн. лет.

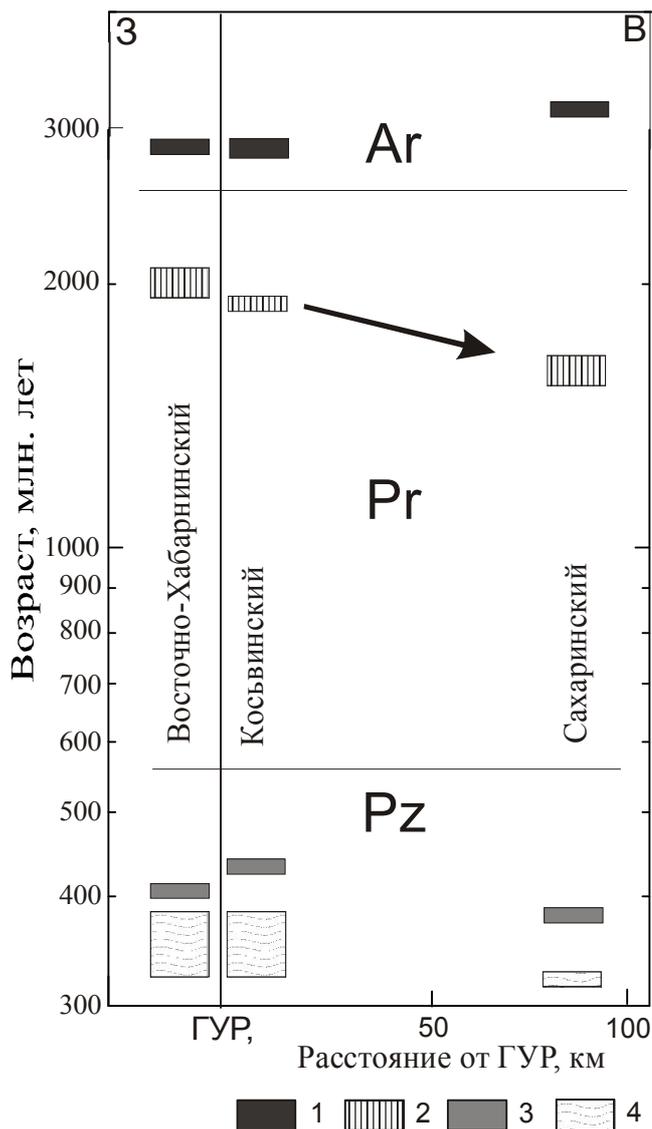


Рис. 2. Диаграмма U-Pb возраст цирконов из дунитов-расстояние массивов на запад (З) и восток (В) от Главного Уральского разлома (ГУР).

Популяции цирконов: 1 – мантийные, 2 – ксеногенные (заимствованные предположительно из фундамента Уральского орогена), 3 – магматические, фиксирующие время кристаллизации и кумуляции оливина из расплава базитового состава, 4 – постмагматические, отвечающие времени перекристаллизации дунита и сегрегации хромшпинелида и платиноидов.

Стрелкой показано возможное изменение возраста фундамента в поперечном сечении Урала.