

ИГОРЬ БРОСКА* — ФРАНТИШЕК ЦАНЬО**

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ТИПЫ ЦИРКОНОВ В МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ: ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗУЧЕНИЯ НА РАСТРОВОМ ЭЛЕКТРОННОМ МИКРОСКОПЕ

(Рис. 5)

Резюме: Использование растровой электронной микроскопии помогает различать следующие генетические типы циркона в кристаллических сланцах: реликтовой, метаморфогенный и циркон возникающий в этапе ретроградного метаморфизма. Авторы в статье стремятся показать, что часть овальных и шаровидных цирконов в кристаллических сланцах амфиболитовой фации возникает в этапе прогрессивного регионального метаморфизма.

Abstract: Three genetic types of zircon may be distinguished in the crystalline schist by SEM method: relict, metamorphic and zircon originated in retrograd stage of metamorphism. Using SEM method authors try show that not all the oval or round shape zircons in the crystalline schists of amphibolite facies are of relict origin but at least a part of it originated during prograde metamorphism.

Циркон является самым распространенным акцессорным минералом не только в магматических но и в метаморфических породах. Существуют различные мнения о его происхождении в метаморфических породах. Одни авторы считают циркон высоко стабильным минералом и в зоне ультраметаморфизма, другие наоборот считают, что циркон возникает уже на этапе диагенеза (Теодорович, 1963, Saxena, 1966) или регенерируется в самых низких ступенях метаморфизма (Савельев — Шулешко, 1971).

Циркон благодаря своей стабильности в кристаллических сланцах считался реликтовым минералом и предполагалось, что в процессе транспортировки циркон постепенно обрабатывается, обтирается, ломается и приобретает в итоге характерную морфологию (изометрические, иногда и полностью шаровидные формы). Реликтовый циркон определялся обычно только по внешнему облику, что считалось достаточным критерием для отнесения содержащих его пород к первично магматическим или осадочным.

Новейшие наблюдения показывают, что только по облику зерен циркона обсуждение генезиса метаморфических пород явно не достаточно. Овальная форма циркона может быть результатом комбинации и нескольких процессов. Например, он может ее приобрести при частичном растворении в щелочной среде (Dietrich, 1968), при кристаллизации во время диагенеза (Saxena, 1966) а также в процессе прогрессивного метаморфизма (Thiele, 1977, Ono, 1974).

Изометрические метаморфогенные цирконы можно наблюдать и в метаседиментах Западных Карпат.

* Д-р. И. Броска, кан. наук, Геологический институт, Центр геонаучных исследований САН, Дубравска цеста 9, 814 73 Братислава.

**Д-р. Ф. Цаньо, Геологический институт им. Д. Штура, Млынска долина 1, 817 04 Братислава.

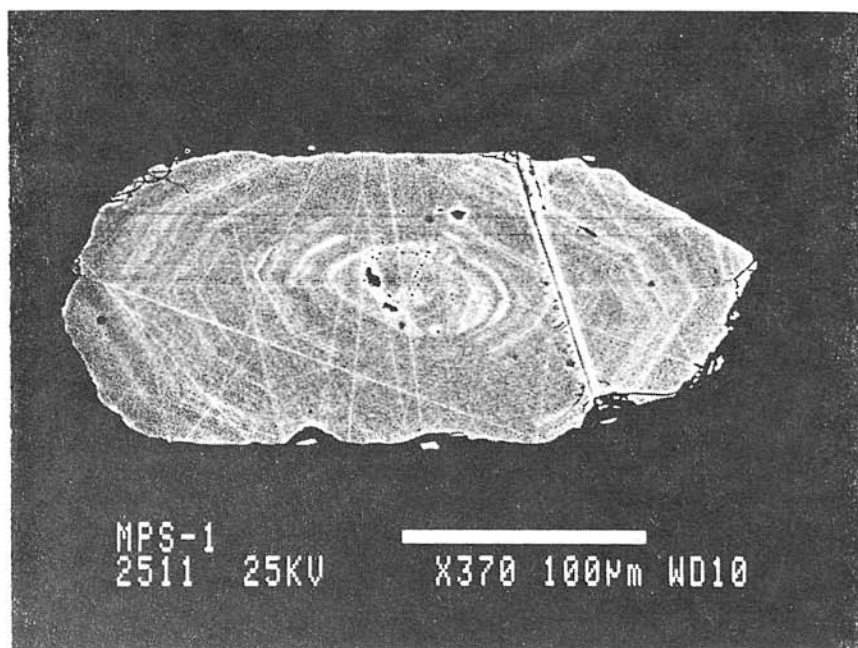


Рис. 1. Кластогенный циркон из кристаллических сланцев амфиболитовой фации из горной цепи Сухи. Вероятно кластогенный циркон представляет первично магматический кристалл. Он имеет зональное внутреннее строение, поверхность имеет «случайно сошлифованную».

Методика исследований

Изучение морфологии и внутреннего строения цирконов из метаморфитов производилось в изолированных зернах, выделенных методом тяжелых фракций (Ляхович — Родионов, 1961). Морфология, детали поверхностей и внутреннее строение изучались на растровом электронном микроскопе Jeol JSM 840. Сначала снимался целый кристалл циркона во вторичных электронах и затем изучались детали поверхностей. На третьем этапе те же зерна цирконов сошлифовывались в центральной части и методом отраженных электронов изучалось внутреннее строение кристаллов. В виду высокого атомного веса циркония и гафния, на снимках хорошо различаются сложенные или отдельные участки с разными концентрациями образующихся в процессе роста кристаллов. Идентификация некоторых цирконов была проверена на энерго-дисперсионной системе Edax PV 9100.

Овальные или шаровидные цирконы находящиеся в метаседиментах, не смотря на их внешнюю морфологию не всегда являются результатом длительной транспортировки. При выявлении критериев различия между кластогенными и метаморфогенными цирконами мы исходили из предположения о том, что циркон находящийся в породах первично магматичес-

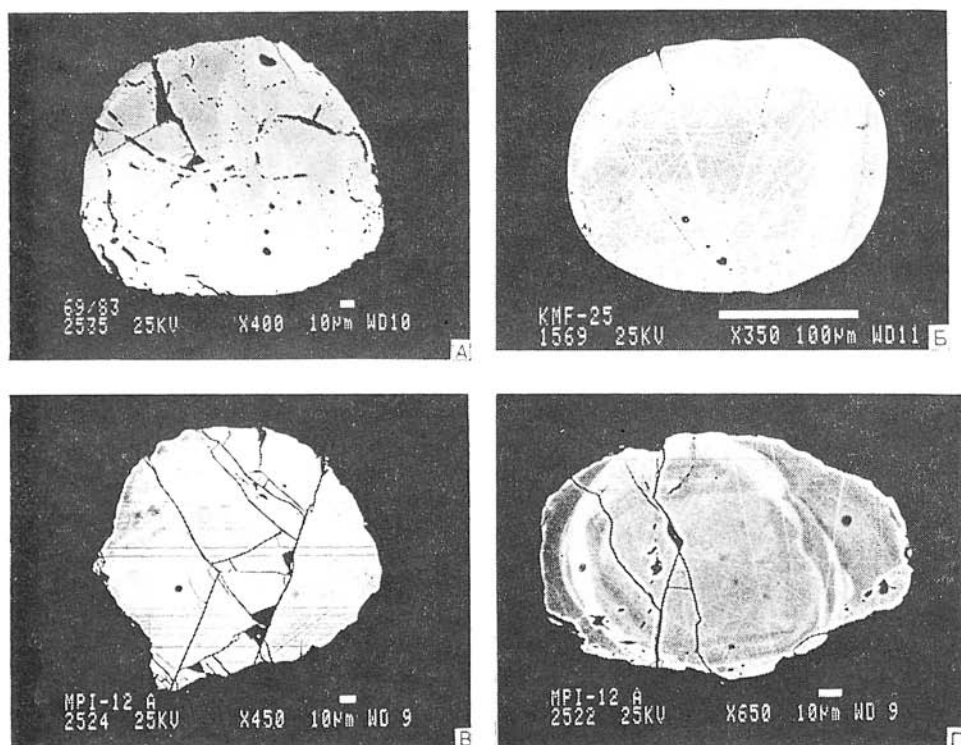


Рис. 2. Примеры шаровидных форм циркона амфиболитовой фации из горной цепи Малые Карпаты (а), Малая Фатра (б) и Поважски Иновец (в, г). У цирконов равномерный, в случае пробы циркона из горной цепи Поважски Иновец концентрический рост (г).

кого происхождения должен иметь следы внутреннего зонального строения. При размыве такой породы с последующей транспортировкой, зерна зонального первично магматического циркона частично окатывались (рис. 1). Такие явления ясного происхождения можно наблюдать в современных аллювиальных отложениях развитых в долинах потоков и рек.

Снимки сделаны на растровом электронном микроскопе показали, что цирконы с шаровидным обликом с удлинением 1 : 1 не имеют зонального строения, в некоторых случаях они обладают концентрической зональностью (рис. 2). Правильный и относительно гомогенный рост характерен и для овальных цирконов с удлинением 2 : 1. В этих овальных цирконах часто наблюдаются ростовые грани, копирующие внешнюю морфологию зерен, что свидетельствует о их росте „in situ“ — вероятно всего при метаморфизме (рис. 3). Демонстрированные шаровидные и овальные цирконы (рис. 2) не имеют следов зонального строения вероятно благодаря пониженному колебанию макро и микро компонентов циркона при его росте. Относительно слабое колебание химического состава циркона в метаморфитах в сравнении с цирконами из гранитоидных пород

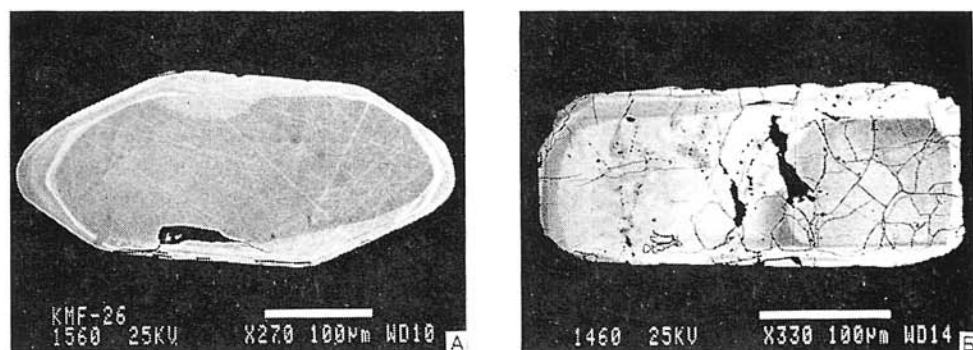


Рис. 3. Метаморфогенные цирконы из горной цепи Малая Фатра (а) и Малые Карпаты (б). Удлинение цирконов через 2 : 1. Заметите, что ростовые грани циркона копируют его внешнюю современную морфологию.

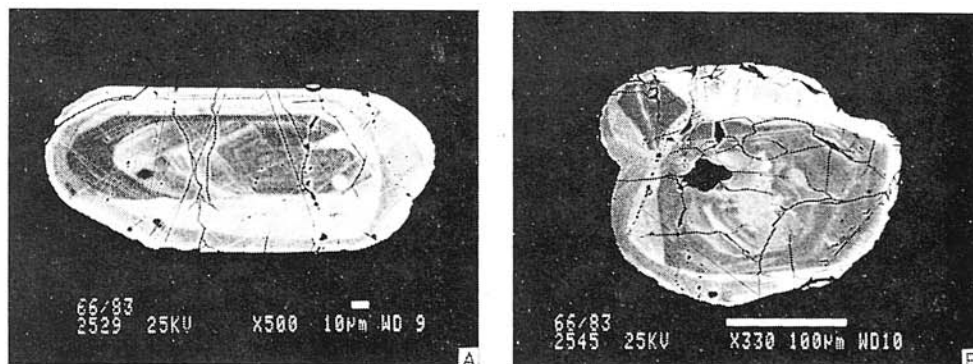


Рис. 4. Примеры метаморфогенных цирконов с ядрами реликтовых цирконов. Ядра сохраняющие зональное строение вероятно представляют магматические цирконы (а). На снимке (б) метаморфогенная оболочка интегрирует 2 ядра.

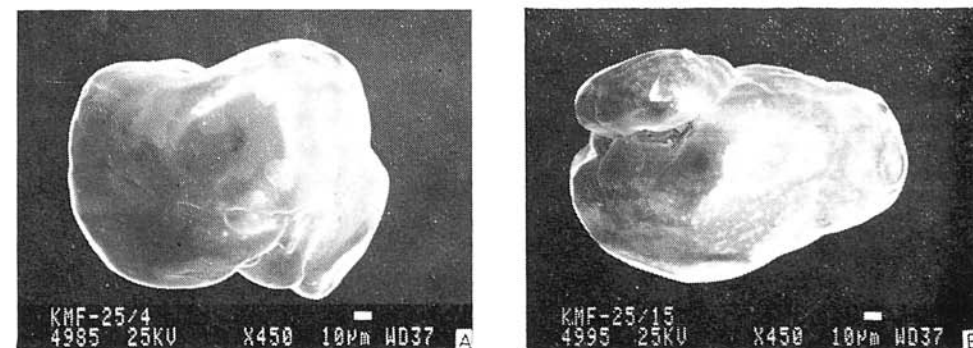


Рис. 5. Морфологические формы цирконов возникших срастанием нескольких зародышевых центров. (Горная цепь Малая Фатра).

(Броска, 1986) вызвано их ростом в твердофазной среде метаморфизма, где по сравнению с магматической средой можно предполагать относительно пониженную способность к миграции элементов.

Кроме внутренней не зональной или слабо зональной структуры не характерной для кластогенного происхождения «шаровидных цирконов», проблематичным является и механизм возникновения шаровидного облика в осадочной среде. По Белову и кол. (1985) мелкие цирконы (менее 0,05 мм) способны переноситься уже в слабом водном потоке, что ограничивает возможность их механического обтирания. Такие мелкие не обработанные идиоморфные цирконы вместе с мелкими обработанными цирконами находящиеся в осадочной породе часто становятся реликтивными зародышевыми центрами для новообразованных цирконов. Зародышевые центры являющиеся ядрами для метаморфогенных цирконов, имеющие зональное строение, вероятно всего, магматического происхождения (рис. 4). При дорастании циркона в процессе метаморфозы могут возникать и овальные формы циркона, причем конечный облик зерен, их морфология в большей мере зависит от первичного облика зародышного зерна. Удлинение таким образом образованных метаморфогенных цирконов достигает часто величины через 2 : 1. В случае, когда при регенерации и дорастании новых форм циркона на старые ядра, соприкасается несколько зерен, возникают сростки нескольких зерен (рис. 4б, 5). Таким образом некогда возникают грозневидные агрегаты цирконов, которые ни каким способом не могли возникнуть при транспортировке хотя их поверхности овальные. Метаморфогенное происхождение овального циркона в кристаллических сланцах, подтверждается и включениями в них других метаморфогенных минералов.

Образование шаровидного циркона Белов — Соношкин (1986) в метаседиментах Анабарского щита связывают как с твердофазовым характером метаморфизма так и с повышенной температурой, но предполагают, что главным фактором возникновения метаморфогенного циркона является высокое давление. Высокое давление неравномерно сокращает межатомные расстояния — большие расстояния со слабыми связями в кристаллической структуре сокращаются интенсивнее — что способствует изотропизацию структуры кристаллов и выравнивание поверхностного напряжения разных кристаллографических поясов, что в итоге вызывает и выравнивание скоростей роста кристаллов циркона в различных направлениях (Белов — Соношкин, л. ц.).

По нашему мнению, давление не всегда является определяющим фактором вызывающим возникновение шаровидных форм зерен. Определяющим фактором возникновения шаровидных форм циркона метаморфического происхождения, скорее всего являются условия твердофазовой кристаллизации с низкой способностью миграции ионов, слабого поверхностного напряжения изометрических форм циркона, характером структуры кристаллов с отношением c/a близким 1 (Hazen — Finger, 1979) и кроме того частичным сходством некоторых мотивов структуры граната и циркона (Robinson et al., 1971). Против давления, как самого главного фактора при образовании изометрических форм цирконов свидетельствует присутствие шаровидных цирконовых форм и в породах более низких фации метаморфизма чем гранулитовая. Метаморфоген-

ные шаровидные формы цирконов, в том числе и регенерированные цирконы, в Западных Карпатах появляются уже в условиях амфиболитовой фации, что подтверждается многочисленными наблюдениями (Taubeneck, 1957; Malcut — Heimlich, 1972; Ono, 1974; Wehlin et al., 1982). Источником циркония при метаморфогенной рекристаллизации и новообразовании зерен цирконов, вероятно являются пороодообразующие минералы, прежде всего биотит, или цирконий высвободившийся при растворении древних цирконов.

Кроме овальных или полностью шаровидных форм цирконов в кристаллических сланцах в ассоциации с ними встречаются и идиоморфные цирконы. Идиоморфные цирконы вероятно представляют продукты регрессивного метаморфизма при пониженном давлении и повышенной активности флюидов. Подвижность циркония в таких условиях приводит к росту кристаллов цирконов морфологических похожих на цирконы магматических пород. На этом этапе метаморфизма в кристаллических сланцах кроме идиоморфных цирконов образуются также идиоморфные турмалины, рудные минералы, лейкоксен и др. (Broska — Janák, 1985).

Закключение

Эллиптический и шаровидный облик циркона часто априори считается характерным для кластогенных цирконов. Интерпретация морфологии циркона как главного критерия для суждения о его происхождении может привести к неправильным петрологическим выводам. Присутствие кластогенного циркона в кристаллических сланцах не вызывает сомнения. Однако метаморфогенный циркон, который может быть легко спутан с кластогенными формами, в некоторых случаях составляет основную часть ассоциации цирконов в кристаллических сланцах. Метаморфогенные цирконы могут преобладать над кластогенными, последние образуют главным образом ядра новообразованных форм. Перекристаллизация циркона и новообразование метаморфогенных цирконов возможно при средних ступенях метаморфизма, причем изометрические и овальные цирконы возникают прежде всего при прогрессивном метаморфизме, идиоморфные формы цирконов при регрессивном метаморфизме.

По нашему мнению использование растровой электронной микроскопии помогает различать следующие три генетические типа циркона: реликтовой, метаморфогенный и циркон возникающий в этапе ретроградного метаморфизма.

Перевод Я. Броскова

ЛИТЕРАТУРА

- БЕЛОВ, А. Н. — ГРИНБЕРГ, Б. А. — МУХИНА, М. А. — СОНЮШКИН, В. Е., 1985: К вопросу об использовании изометричного и шаровидного циркона в качестве показателя осадочного происхождения пород гранулитовой фации метаморфизма (на примере Анарабского массива). В сбор.: *эд. ЛЯХОВИЧ, В. В.: Циркон в породах докембрия и фанерозоя*. Наука, Москва, с. 125—135.
- БЕЛОВ, А. Н. — СОНЮШКИН, В. Е., 1986: Электронная микроскопия циркона метаморфических пород докембрия: Опыт генетического подхода. Изд. Акад. Наук СССР, Сер. геол., (Москва), 7, с. 82—93.
- БРОСКА, И., 1986: Типоморфные акцессорные минералы гранитоидов кристалликума Малой Фатры. *Geol. Zbor. Geol. carpath. (Bratislava)*, 37, 6, с. 693—707.
- ЛЯХОВИЧ, В. В. — РОДИОНОВ, Д. А., 1961: О методике изучения акцессорных минералов в изверженных породах. *Труды ИМГРЕ (Москва)*, 6, с. 17—55.
- САВЕЛЬЕВ, А. А. — ШУЛЕШКО, К. К., 1971: Обломочные акцессории в метаморфических породах. *Литол. полезн. Ископ. (Москва)*, 2, с. 62—73.
- ТЕОДОРОВИЧ, Г. М., 1963: К геохимии аутигенных минералов осадочных отложений. *Сов. Геол. (Москва)*, 12, с. 3—18.
- BROSKA, I. — JANÁK, M., 1985: Akcesorické minerály metapelitov a ich vzťah k metamorfóze v oblasti Záhorskej Bystrice (Malé Karpaty). In *zb.: Akcesorické minerály ich petrogenetický a metalogenetický význam*. Geol. ústav D. Stúra, Bratislava, с. 101—106.
- DIETRICH, R. V., 1968: Behaviour of zirconium in certain artificial magmas under diverse P-T conditions. *Lithos (Oslo)*, 1, с. 20—29.
- HAZEN, R. M. — FINGER, L. W., 1979: Crystal structure and compressibility of zircon at high pressure. *Amer. Mineralogist (Washington)*, 64, с. 196—201.
- MALCUT, R. J. — HEIMLICH, R. A., 1972: Zircons from Precambrian gneiss, southern Bighorn Mountains, Wyoming. *Amer. Mineralogist (Washington)*, 57, 7—8, с. 1109—1209.
- ONO, A., 1974: Zircons from the Ryoke metamorphic rocks in the Takato — Shiojiri areas, Central Japan. *J. Geol. Soc. Jap. (Tokyo)*, 80, 4, с. 187—191.
- POLDERVAART, A., 1955: Zircon in rocks. I. Sedimentary rocks. *Amer. J. Sci. (new Haven)*, 253, с. 453—461.
- ROBINSON, K. — GIBBS, G. V. — RIBBE, P. H., 1971: The structure of zircon: a comparison with garnet. *Amer. Mineralogist (Washington)*, 56, с. 782—790.
- SAXENA, S. K., 1966: Evolution of zircons in sedimentary and metamorphic rocks. *Sedimentology (Amsterdam)*, 6, с. 1—33.
- TAUBENECK, W. H., 1957: Zircons in the metamorphic aureole of the Bald Mountain batholith, Elkhorn Mountains, Northeastern Oregon. *Bull. Geol. Soc. Amer. (Washington)*, 68, с. 1803—1804.
- THIELE, O., 1977: Studien an Akzessorien und Zirkontrachten von Gföhlergneis und ähnlichen Gesteinen und ihr Bezug auf Tektonik des Drosendorfer Fensters (Waldviertel, Niederösterreich). *Verh. Geol. Bundesanst. (Wien)*, 2, с. 53—67.
- WEHLIN, E. — GORBATSCHIEV, R. — KÄHR, A. M., 1982: Zircon dating of poly-metamorphic rocks in southwestern Sweden. *Sver. geol. Unders., Upsala*, 76, 10, с. 34.

Рукопись получена 24 ноября 1986 г.