

УДК 549.514.81 (477)

Панов Ю.Б., Черныш О.Г.

Особенности изотопного состава цирконов россыпных титан-циркониевых месторождений Украины

Рассмотрены результаты определения содержания элементов-примесей, соотношения изотопов гафния в составе циркона из россыпных месторождений центральной части Украинского щита – Самотканского, Волчанского, Тарасовского и Зеленоярского. Приведены данные определения возраста цирконов U-Pb-методом. На основе полученных данных сделаны выводы о широком диапазоне возраста циркона из россыпей (от мезоархей до фанерозоя) и разнообразии состава материнских пород (гранитоиды, базиты, ультрабазиты, щелочные габброиды, карбонатиты).

В Украине известны 11 древних комплексных месторождений, около 280 рудопроявлений и 1400 пунктов минерализации титан-циркониевых руд. Запасами титановых и циркониевых руд Украина обеспечена на значительный период времени и является монополистом в СНГ. Она обеспечивает сырьем собственные предприятия, и значительное количество его экспортирует в другие государства. В настоящее время эксплуатируются Самотканское (Малышевское) месторождение и еще четыре месторождения, входящих в Иршанскую группу [1]. Разрабатываются древние погребенные (на глубине 10-100 м) россыпи.

Крупнейшими россыпными месторождениями Украинского щита (УЩ) являются Самотканское (Малышевское), Волчанское, Тарасовское и Зеленоярское. Наиболее глубоко изучено разрабатываемое Самотканское месторождение. На его базе с конца 50-х годов работает Вольногорский горно-металлургический комбинат, который производит титановые и цирконовые концентраты и более сорока продуктов их первичной обработки. Но, несмотря на относительно высокую степень геологической изученности упомянутых россыпей, не до конца решены вопросы коренных источников рудных минералов, особенностей генезиса залежей.

Россыпной район Среднего Приднепровья расположен в зоне сочленения УЩ и Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ). Он представлен погребенными прибрежно-морскими россыпями, приуроченными к отложениям полтавской серии (верхний олигоцен-нижний и средний миоцен) и сарматского яруса (верхний миоцен) [2]. В геологическом строении района принимают участие докембрийский фундамент, сложенный разными по составу кристаллическими породами, и покрывающий его палеозой-мезозой-кайнозойский осадочный чехол. В пределах района выявлены Самотканское (Правобережное), Волчанское (Левобережное)

и Росинское месторождения. Основные рудные минералы – ильменит, лейкоксен, рутил, циркон, дистен, ставролит, силлиманит и другие.

Волчанский (Левобережный) участок расположен в зоне сочленения Синельниковского и Волчанского выступов УЩ и ДДВ. Он охватывает бассейн нижнего и среднего течения реки Волчьей и среднего течения реки Самары. По строению, условиям образования и составу россыпи участка близки к Самотканской россыпи. Основным продуктивным горизонтом россыпи являются пески среднесарматского подъяруса. Судя по минеральному составу, коренными источниками россыпи служили разные по составу и возрасту магматические и метаморфические породы УЩ – граниты, мигматиты, гнейсы, сланцы, амфиболиты, кварциты.

Россыпи Днепровско-Донецкого россыпного района относятся к отложениям полтавской серии. На большей части территории они залегают на глауконит-кварцевых песках и алевритах харьковской свиты, иногда на более древних отложениях палеогена и мезозоя. Перекрыты толщей пестрых и красно-бурых глин, лессовидными породами четвертичного возраста. Главные минералы россыпи, изученной в бассейне реки Мерлы (приток р.Ворсклы) – измененный ильменит, рутил, циркон; второстепенные минералы – дистен, силлиманит, ставролит и турмалин. Все залежи однотипны по минеральному составу. Источником питания этой россыпи служили осадочные породы палеогена и мезозоя, широко развитые на северо-восточном склоне ДДВ и прилегающих к нему с востока участках Восточно-Европейской платформы. В этих породах в повышенном количестве присутствуют ильменит, рутил, циркон, дистен, силлиманит и другие минералы.

Североприазовский россыпной район охватывает Конкско-Ялыньскую впадину и примыкающий к ней северный склон Приазовского массива. В зоне сочленения этих структур сосредоточены титан-циркониевые россыпи. На кристаллических породах докембрия развита кора выветривания площадного типа. В долинах рек и приподнятых участках фундамента, составляющих около 20% общей площади Приазовского массива, она размыта. Преобладающий тип коры выветривания – каолиновый. Россыпи Северного Приазовья сформированы за счет продуктов выветривания магматических пород Октябрьского и Екатерининского массивов, что отразилось на составе аксессуарных минералов россыпей. Основными минералами россыпей являются ильменит и циркон. В подчиненных количествах встречены рутил, лейкоксен, анатаз, корунд, гранат, апатит, турмалин, слюды, касситерит, молибденит, редкоземельные минералы (монацит, а также примеси Sm, Nd, Y, Yb и др.) [2].

В химическом составе циркона заключена информация о флюидном этапе его развития, включая переплавление и метасоматоз. Поэтому результаты обработки данных о составе минерала были использованы авторами для определения возраста и источника магматического мате-

риала материнских пород титан-циркониевых россыпей Среднеприднепровского региона УЩ.

Макроскопические исследования показали, что кристаллы циркона испытали механическую обработку и в значительной мере потеряли свою первичную форму (рис. 1).

Сотрудники GEMOC Key Centre при университете Макуори (Австралия) Е.А.Белоусова и В.Л.Гриффин с помощью электронного микронзонда Camebax SX-50 и лазерных микронзондов LAM-ICP MS и LAM-MS-ICP MS провели изучение 42 кристаллов циркона Самотканского месторождения, 40 кристаллов Волчанской россыпи и 46 кристаллов циркона Тарасовской и Зеленоярской россыпей. Размер кристаллов составлял менее 0,3 мм. Определялось содержание элементов-примесей в составе циркона. С использованием Hf-изотопного и U-Pb-методов был определен возраст кристаллов циркона и их материнских источников.

Проблемы эволюции земной коры в пределах региона, возраста материнских пород, источника магматического материала можно решить, проанализировав результаты определения U-Pb-возраста цирконов и данные определения соотношения Sm-Nd во вмещающих их породах. Циркон очень устойчив к метаморфической перекристаллизации даже на высоких стадиях метаморфизма. Поскольку первичное отношение $^{176}\text{Hf} / ^{177}\text{Hf}$ магматического источника сохраняется во время кристаллизации, его можно использовать для определения возраста циркона. Кроме того, сведения о содержании в его составе элементов-спутников в комплексе с данными о соотношениях U и Pb, а также изотопов Hf позволяют судить о составе магмы, из которой кристаллизовался каждый кристалл циркона.

В процессе исследований определялось также соотношение $^{176}\text{Lu} / ^{177}\text{Hf}$, которое использовалось для подсчета первичных отношений $^{176}\text{Hf} / ^{177}\text{Hf}$, поскольку Lu и Hf имеют похожие характеристики распада, а отношения $^{176}\text{Lu} / ^{177}\text{Hf}$, измеренные с помощью микронзонда LAM-MS-ICPMS, не имеют явных отклонений.

С учетом значений соотношения $^{176}\text{Lu} / ^{177}\text{Hf}$ циркона была разработана методика определения возраста (T_{DM}), основанная на использовании компонентов деплетированной мантии. Но с ее помощью определим только наиболее ранний возраст источника магмы, из которой кристаллизовался циркон. Поэтому возникла необходимость в расчете «коровой модели» возраста (T_{DM}^C), которая допускает происхождение материнской магмы из средней континентальной коры, которая имела первичное происхождение из деплетированной мантии.

Из полученных результатов видно (табл. 1), что показатели цирконов из разных по составу материнских пород всех исследованных россыпей изменяются в широких пределах.

Большие различия наблюдаются и в возрасте элементов-примесей циркона из разных россыпей. К примеру, цирконы Самотканской россыпи мезоархейского возраста (4 зерна) близки по возрасту к плагио-

гранитам саксаганского возраста, плагиомикроклиновым гранитам мокромосковского, токовского и demuринского комплексов и кварцевым диоритам сурского комплекса. Следовательно, мезоархейские магматические породы Среднеприднепровского блока принимали участие в питании россыпи. Среди палеопротерозойских цирконов россыпи (15 зерен) преобладают кристаллы с возрастом 1790-1990 млн. лет. Их коренными породами были граниты кировоградского комплекса.

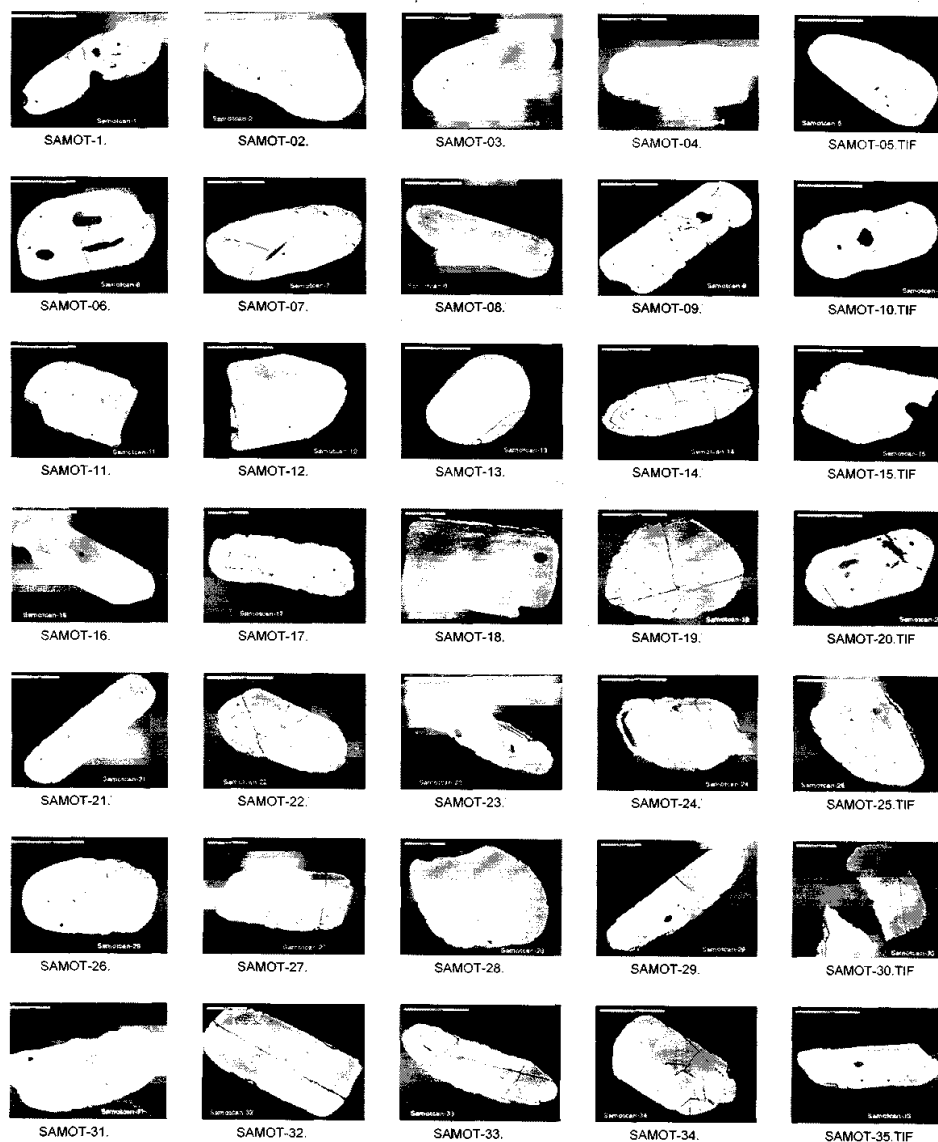


Рис. 1. В разной степени окатанные кристаллы циркона Самотканской россыпи, изученные авторами.

Таблица 1.

Результаты изотопных анализов цирконов россыпных месторождений Украины

| Место отбора циркона | Значение | $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ | $^{176}\text{Lu}/^{177}\text{Hf}$ | $^{176}\text{Yb}/^{177}\text{Hf}$ | $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ | $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ | $^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$ |
|---|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Самотканская россыпь (Малышевский ГОК), 42 пробы | min. | 0,280806 | 0,000107 | 0,004225 | 0,05153 | 0,29765 | 0,04189 | 0,01363 | 274 |
| | max. | 0,28284 | 0,002858 | 0,125352 | 0,2118 | 16,45381 | 0,56344 | 0,15523 | 2917 |
| | сред. | 0,281845 | 0,000836 | 0,032709 | 0,108832 | 5,08949 | 0,293754 | 0,085505 | 1648,405 |
| Зеленоярская россыпь, 36 проб | min. | 0,281101 | 0,000016 | 0,000701 | 0,04998 | 0,21083 | 0,03059 | 0,00839 | 169 |
| | max. | 0,282867 | 0,001894 | 0,086861 | 0,18774 | 13,2323 | 0,51124 | 0,14192 | 2628 |
| | сред. | 0,28173378 | 0,0006405 | 0,024014 | 0,110740278 | 5,0864683 | 0,30019889 | 0,08419694 | 1627,444 |
| Тарасовская россыпь, 10 проб | min. | 0,281077 | 0,00002 | 0,000786 | 0,05608 | 0,56612 | 0,07322 | 0,0205 | 410 |
| | max. | 0,282512 | 0,005213 | 0,079434 | 0,1901 | 13,71461 | 0,52329 | 0,13996 | 2648 |
| | сред. | 0,2817427 | 0,0010514 | 0,032269 | 0,109231 | 5,05156 | 0,272241 | 0,071995 | 1390,2 |
| Волчанская россыпь, 40 проб | min. | 0,280686 | 0,000028 | 0,00155 | 0,04904 | 0,16343 | 0,02328 | 0,00652 | 131 |
| | max. | 0,282811 | 0,001948 | 0,075891 | 0,25018 | 21,13272 | 0,61263 | 0,16294 | 3051 |
| | сред. | 0,28149336 | 0,000609 | 0,021898 | 0,13957975 | 8,338697 | 0,378222 | 0,1064315 | 2031,175 |

Анализы выполнены в лабораториях университета Макуори (Австралия) в 2004 г.

Часть кристаллов циркона имеют возраст 2165 млн. лет. Они, по-видимому, поступали из гранитоидов и габброидов Новоукраинского массива. Неизвестны коренные породы цирконов возрастом 2360-2500 млн. лет из восточной части Кировоградского блока. Значительно распространение имеют мезопротерозойские цирконы (9 зерен) возрастом 1414-1658 млн. лет и 12 неопротерозойских зерен с абсолютным возрастом 698-1229 млн. лет. Их материнскими породами являлись, по-видимому, дайки основных и гранитоидных пород восточной части Кировоградского блока. Выявлены также 2 кристалла циркона фанерозойского возраста.

Из 40 кристаллов циркона Волчанской россыпи 6 имеют мезоархейский, 9 – неоархейский, 14 – палеопротерозойский, 5 – мезопротерозойский, 3 – фанерозойский возраст. По особенностям состава неоархейских цирконов (возраст 2622-2688 и 2716-2771 млн. лет) можно заключить, что их материнскими породами были мафиты, гранитоиды и, возможно, карбонатиты. Встречены также цирконы возрастом 1800-1930 млн. лет, реже 2000-2500 и 1750 млн. лет. Их источник – гранитоиды палеопротерозойского возраста западной части блока.

Из Тарасовской и Зеленоярской россыпей U-Pb-методом были изучены 46 кристаллов циркона. Из них 7 имеют неоархейский, 19 – палеопротерозойский, 7 – мезопротерозойский, 12 – неопротерозойский возраст. Неоархейские цирконы имеют возраст 2600-2740 млн. лет и соответствуют гранитоидному типу. Материнскими породами палеопротерозойских кристаллов возрастом 1700-2000 и 2100-2300 млн. лет, по геохимическим данным, являлись гранитоиды. Для некоторых цирконов источником были, вероятно, карбонатиты возрастом около 1900 млн. лет. Для мезопротерозойских цирконов возрастом 1425-1630 млн. лет и неопротерозойских возрастом 930-1150 млн. лет коренными источниками являлись жильные гранитоиды среднего и кислого состава, геохронология которых неясна. Сделан вывод, что Зеленоярская и Тарасовская россыпи имели общую область питания, расположенную в центральной части Подольского блока.

Полученные данные показали, что во всех россыпных месторождениях преобладают цирконы из разновозрастных основных и кислых пород. Реже встречаются кристаллы циркона из карбонатитов и очень редко – из кимберлитов. Наиболее затруднено было определение материнских пород кристаллов циркона из Самотканской и Волчанской россыпей.

Из полученных данных следует, что соотношение состава и возраста кристаллов циркона из разных по составу материнских пород изменяется в широких пределах (рис. 2). Широкие колебания этих показателей характерны также для цирконов из разных россыпей. Это отражает особенности состава и время образования пород УЩ в областях питания каждой россыпи.

Поскольку центральная часть Среднеприднепровского блока сложена разными по составу и происхождению породами мезоархейского возраста, а протерозойские образования представлены дайками диабаз и гранита возрастом 2600, 2300 и 1800 млн. лет, можно предположить, что она была областью питания Самотканской россыпи. Материнскими породами циркона Самотканского месторождения являлись также породы ингуло-ингулецкой серии (возраст 2050-2600 млн. лет), гранитоиды кировоградского комплекса (2000-2100 млн. лет), рапакиви и габбро-анортозиты (1720-1750 млн. лет), а также диабазы, пикриты, субщелочные габброиды, псевдолейцитовые лампроиты и кимберлиты (1100-1380 и 1550-1800 млн. лет) восточной части Кировоградского блока.

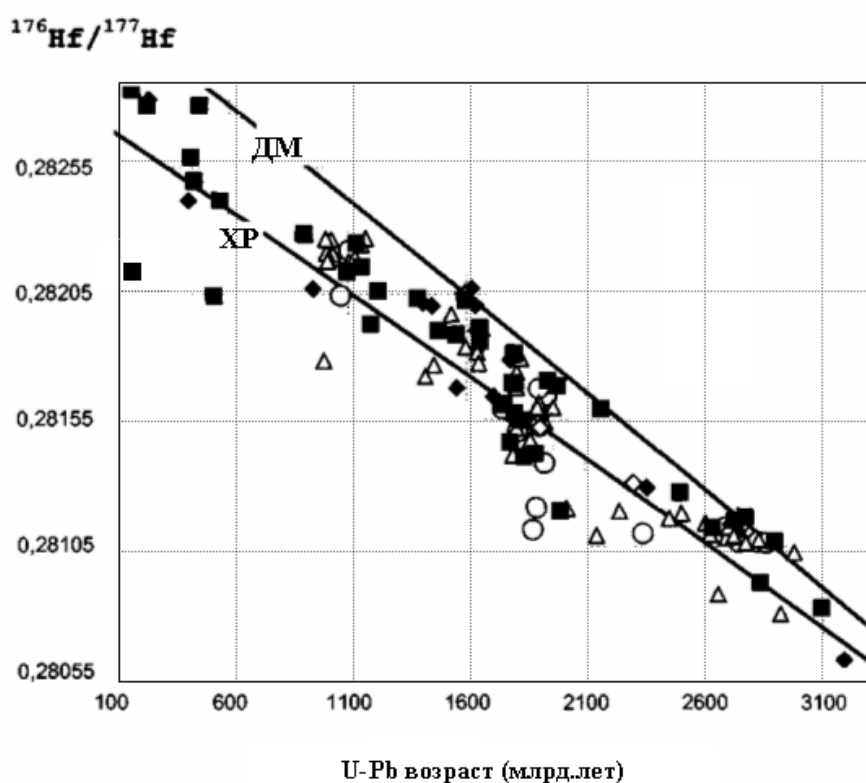


Рис. 2. Характер связи возраста и отношения $^{176}\text{Hf} / ^{177}\text{Hf}$ кристаллов циркона Самотканского, Тарасовского, Волчанского и Зеленоярского месторождений.

Материнские породы: ○ – карбонаты; ◆ – гранитоиды (70-75% SiO_2); △ – гранитоиды (<65% SiO_2); ◇ – кимберлиты; ■ – мафические породы.

DM – деплетированная мантия; XP – хондритовый резервуар.

Полученные данные позволили не только определить возраст кристаллов циркона из россыпей и их материнских пород, но и уточнить некоторые детали геохронологии и историю развития магматизма в пределах Украинского щита.

Авторы выражают благодарность за предоставленные материалы кандидату геолого-минералогических наук С.Н.Цымбалу, за проведенные анализы доктору Е.А.Белουσовой и проф. В.Л.Гриффину, а также научному руководителю работы проф. Б.С.Панову.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геологія і корисні копалини України. Атлас / *Ред. Л.С.Галецький* // Київ: Такі справи, 2001.– 168 с.
2. *Цымбал С.Н., Полканов Ю.А.* Минералогия титано-циркониевых россыпей Украины // Киев: Наукова думка, 1975.– 248 с.
3. *Belousova E.A., Griffin W.L., O'Reilly S.Y. and Fisher N.I.* Igneous zircon: trace-element composition as an indicator of source rock type // Contributions to Mineralogy and Petrology – 2002.– 143.– P. 602-622.
4. *Griffin W.L., Belousova E.A., Shee S.R., Pearson N.J., O'Reilly S.Y.* Archean crustal evolution in the northern Yilgarn Craton: U-Pb and Hf-isotope evidence from detrital zircons // Precambrian Research.– 2004.– 131.– P. 231-282.

ПАНОВ Ю.Б., ЧЕРНИШ О.Г. Особливості ізотопного складу цирконів розсипних титан-цирконійових родовищ України.

РЕЗЮМЕ. Проведене U-Pb-датування, визначене співвідношення ізотопів Hf, вміст елементів-домішок у складі понад 200 кристалів циркону Самоцького, Зеленоярського, Тарасівського і Вовчанського титан-цирконійових розсипних родовищ. Вік циркону коливається від мезоархейського до неопротерозойського і фанерозойського. Материнськими породами циркону були гранітоїди, базити, меншою мірою ультрабазити, карбонатити. Одержані результати дозволили визначити зони зносу циркон-вмісних осадків, уточнити деякі питання магматизму Українського щита, вік зон його тектоно-магматичної активізації.

ПАНОВ Ю.Б., ЧЕРНЫШ О.Г. Особенности изотопного состава цирконов россыпных титан-циркониевых месторождений Украины.

РЕЗЮМЕ. Проведено U-Pb-датирование, определено соотношение изотопов Hf, содержание элементов-примесей в составе более 200 кристаллов циркона Самоцького, Зеленоярского, Тарасовского и Волчанского титан-циркониевых россыпных месторождений. Возраст циркона колеблется от мезоархейского до неопротерозойского и фанерозойского. Материнскими породами циркона были гранитоиды, базиты, в меньшей мере ультрабазиты, карбонатиты. Полученные результаты позволили определить зоны сноса циркон-содержащих осадков, уточнить некоторые вопросы магматизма Украинского щита, возраст зон его тектоно-магматической активизации.

PANOV Yu.B., CHERNYSH O.G. Peculiarities of isotopic composition of zircons from placer titanium-zirconic deposits of Ukraine.

SUMMARY. U-Pb dating was carried out, Hf isotopes correlation was determined, content of admixture elements in more than 200 crystals of zircons from Samotkans, Zelenoyarsk, Tarasivka and Volchansk placer deposits was defined. The age of zircons varies from Meso-Archean to Neo-Proterozoic and Phanerozoic. The source rock of zircons were granitoids, basites and to smaller extent ultrabasites and carbonatites. The results obtained allowed to define zones of zircon-containing sediments removal, to precise some problems of the Ukrainian Shield magmatism, age of its tectonic-magmatic intensification zones.

*Надійшла до редакції 5 березня 2007 р.
Представив до публікації доц. О.М.Трунін.*