

состава обыкновенного Pb, по второй – с учетом отношения  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  в современном обыкновенном Pb. Полученные по обеим моделям значения возраста в целом близки и находятся в пределах ошибки. Они составляют соответственно для цирконов из трубки Новоласпинская  $417\pm 15$  и  $425\pm 8$  млн. лет, для цирконов из дайки Новоласпинская  $420\pm 18$  и  $425\pm 11$  млн. лет. Конкордантный возраст циркона из трубки Новоласпинская равен  $428\pm 16$  млн. лет (рис. 2). Конкордантность большинства значений изотопного возраста цирконов из этой трубки свидетельствует о том, что U-Pb система сохранилась почти не нарушенной со времени их кристаллизации. Это позволяет предполагать, что возраст цирконов отражает время формирования протокимберлитового расплава, а не внедрения его в земную кору. Более однозначный вывод можно будет сделать после датирования бадделейта из реакционных кайм на фенокристаллах циркона, а также включений цирконов в мегакристал флогопита с K-Ar возрастом  $598\pm 6$  млн. лет.

Имеющиеся данные о возрасте макро- и мегакристалов флогопита, полученные Rb-Sr изохронным и K-Ar методами, и результаты датирования фенокристаллов циркона из кимберлитов восточной части Приазовского геоблока свидетельствуют о том, что протокимберлитовый расплав начал формироваться не в девоне, а значительно раньше. При этом он уже изначально был обогащен K, Ti, Zr, P3Э, Nb и другими несовместимыми элементами-индикаторами мантийного метасоматоза, что и предопределило минералогические, геохимические, изотопные и другие особенности известных здесь кимберлитов.

#### Литература

1. Дэвис Г.Л., Соболев Н.В., Харьков А.Д. Новые данные о возрасте кимберлитов Якутии, полученные уран-свинцовым методом по цирконам // Докл. АН СССР. 1980. – 254. № 1. – С. 175-179
2. Юткина Е.В., Кононова В.А., Богатилов О.А. и др. Кимберлиты Восточного Приазовья (Украина) и геохимическая характеристика их источников // Петрология. – 2004. – 12, № 2. – С. 159-175.
3. Belousova E.A., Griffin W.L. and Pearson N.J. Trace element composition and cathodoluminescence properties of Southern African kimberlitic zircons // Miner. Magazine. – 1998. – 62 (3). – P. 355-366.

## ЩЕЛОЧНО-УЛЬТРАОСНОВНЫЕ ПОРОДЫ СЕВЕРО-ЗАПАДА УКРАИНСКОГО ШИТА: ВОЗРАСТ, ИЗОТОПИЯ, ГЕОХИМИЯ

Цымбал С.Н.<sup>1</sup>, Шумлянский Л.В.<sup>1</sup>, Богданова С.В.<sup>2</sup>, Биллстрем Ш.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеново НАН Украины. Киев

<sup>2</sup> Департамент геологии Лундского университета. Лунд, Швеция.

<sup>3</sup> Шведский природоведческий музей. Стокгольм, Швеция.

Северо-западную часть Украинского щита составляет Волынский геоблок палеопротерозойского возраста. Здесь известны три проявления щелочно-ультраосновных пород – Городницкая и Глумчанская малые интрузии и Покошевская группа маломощных даек. Они сложены ийолитами, мельтейгитами и якупирангитами гипабиссальной фации глубинности. Петрография, минералогия и петрохимия этих интрузий рассмотрена в работах [2, 3]. В последние годы благодаря использованию прецизионного аналитического оборудования (ICP MS, ион-ионный микрозондовый масс-спектрометр Cameca IMS 1270, мультиколлекторные масс-спектрометры и др.) получена новая информация о возрасте, изотопии и геохимии щелочно-ультраосновных пород.

**Возраст.** Все интрузии прорывают плагиограниты и плагиомигматиты палеопротерозоя возрастом около 2100 млн лет и фенитизируют их.

Изотопный возраст пород Городницкой интрузии определен U-Pb методом по циркону. Исходя из величины отношения  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  он составляет  $2111\pm 12$  млн лет. Низкое

содержание в цирконе U (61 ppm) и Th (43,6 ppm) позволяет предполагать, что он является собственным минералом щелочно-ультраосновных пород интрузии и его возраст отражает время формирования последней. В пользу этого может свидетельствовать и K-Ar возраст породообразующего амфибола (гастингсита) – 2099±23 млн лет. Sm-Nd возраст интрузии, рассчитанный по модели деплетированной мантии, близок к возрасту амфибола – 2087 млн лет. Хорошая сходимости изотопных дат, полученных тремя разными методами, указывает, с одной стороны, на высокую степень их достоверности, с другой – на сохранность изотопных систем в процессе быстрого движения к дневной поверхности мантийной выплавки щелочно-ультраосновного состава.

Возраст пород Глумчанской интрузии определен U-Pb методом по двум зональным кристаллам циркона. Эти цирконы, в отличие от таковых из Городницкой интрузии, значительно обогащены U (168-298 ppm) и Th (87-148 ppm). По ним получены дискордантные значения возраста. Исходя из величины изотопных отношений  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ , они составляют для одного циркона 2016±15 млн лет, для другого – 2151±15 млн лет. Не исключено, что второй циркон имеет ксеногенную природу – захвачен из вмещающих пород при внедрении интрузии.

Следует подчеркнуть, что породы Глумчанской интрузии, в отличие от Городницкой, испытали интенсивную амфиболизацию. K-Ar возраст амфибола из них составляет 1890±80 млн лет, т.е. значительно моложе возраста амфибола из Городницкой интрузии. Он отражает не возраст интрузии, а время ее амфиболизации более поздними наложенными процессами.

Щелочно-ультраосновные породы Покошевской группы даек изменены еще больше, чем Глумчанской интрузии. Они почти нацело замещены амфиболами. Цирконы в них представлены мелкими призматическими кристаллами с заметной зональностью. U-Pb методом продатированы два кристалла. Один из них содержит 190-195 ppm U, 767 ppm Th, другой – 139-144 ppm U и 489 ppm Th. Несмотря на различие в концентрации U и Th, они имеют близкий возраст: первый – 2043±16,1 и 2051±17,6 млн лет, второй – 2067±9,4 млн лет. K-Ar возраст амфибола пока не определен.

Таким образом, щелочно-ультраосновные породы Городницкой и Глумчанской интрузий и Покошевских даек близки по времени образования к щелочно-ультраосновным породам Антоновского и Проскуровского массивов из юго-западной части Украинского щита, имеющих возраст 1940±100 и 2100±40 млн лет соответственно [1].

Изотопия. Впервые изучен изотопный состав Nd и Sr наиболее свежих разновидностей щелочно-ультраосновных пород Городницкой и Глумчанской интрузий. Первичные отношения изотопов рассчитаны с учетом возрастов интрузий, определенных U-Pb методом по циркону. Получены следующие изотопные характеристики:

1. Городницкая интрузия:  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0,510094$ ,  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0,1124$ ,  $\epsilon\text{Nd}=3,46$ ;  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,702614-0,704601$ ,  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}=0,1249-0,1338$ ,  $\epsilon\text{Sr}=6,8-35,1$ .

2. Глумчанская интрузия:  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}=0,509834-0,509997$ ,  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}=0,1106$ ,  $\epsilon\text{Nd}=\text{от } -0,4 \text{ до } 1,5$ ;  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}=0,702054$ ,  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}=0,1425$ ,  $\epsilon\text{Sr}=-1,2$ .

Низкие значения  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  свидетельствуют о мантийной природе этих пород и слабой контаминации их коровым материалом. Близкие к нулевым величины  $\epsilon\text{Nd}$  указывают, что исходные для них щелочно-ультраосновные расплавы образовались в результате плавления умеренно деплетированной верхней мантии. Первичные отношения изотопов Nd и Sr пород Городницкой и Глумчанской интрузий варьируют в незначительных пределах. Это позволяет сделать вывод о том, что интрузии происходят из одного и того же магматического очага и в процессе внедрения их Sm-Nd и Rb-Sr системы не были существенно нарушены.

Геохимия. Ранее [2, 3] подчеркивалось, что щелочно-ультраосновные породы Городницкой и Глумчанской интрузий и Покошевской группы даек близки по минералогическим и петрохимическим особенностям. Вместе с тем, они значительно отличаются от подобных пород этой формации из других регионов. В числе петрохимических и геохимических особенностей их назывались повышенная кремнекислотность, высокая

магнезиальность, низкие титанистость и агапитность, преобладание натрия над калием, малое содержание фосфора, редких и редкоземельных элементов.

Проведенное нами изучение геохимии щелочно-ультраосновных пород Городницкой и Глумчанской интрузий с использованием метода ICP MS показало, что эти породы в целом бедны как когерентными, так и несовместимыми элементами-примесями. Среди когерентных элементов в повышенных количествах в них установлены Cr (до 0,25 %), Ni (200-450 ppm), Co (45-65 ppm) и V (100-180 ppm). Основные носители хрома – хромшпинелиды, хромдиопсид и амфиболы, никеля и кобальта – оливин и сульфиды, ванадия – ильменит и магнетит. Из несовместимых элементов в повышенных количествах отмечены только Sr (300-760 ppm) и Ba (60-220 ppm), однако их содержание значительно ниже, чем в подобных породах других регионов. Характерной геохимической особенностью щелочно-ультраосновных пород Городницкой и Глумчанской интрузий является очень низкое содержание литофильных элементов, в частности Nb (3,5-12,5 ppm), Ta (0,1-0,7), Zr (19-73, иногда до 125), Hf (0,7-1,9), Rb (14-66), Y (8-15), PЗЭ (60-82 ppm). Среди PЗЭ легкие лантаноиды заметно преобладают над тяжелыми ( $La_N/Yb_N = 6,0-8,5$ ). На спектрах нормированного по хондриту распределения PЗЭ имеется положительная аномалия Nd и отрицательная аномалия Sm. Иногда фиксируется также слабая Eu аномалия. Из халькофильных элементов отмечены Cu (39-132 ppm) и Zn (20-30 ppm). Содержание Ag достигает 0,2 ppm, Au – 1-2 ppb. В породах Городницкой интрузии установлены также Hg (0,15-0,45 ppm), As (до 0,7 ppm) и Pb (1-2 ppm). Примесь Th и U составляет 0,3-1,2 и 0,1-0,3 ppm соответственно.

Петро- и геохимические особенности щелочно-ультраосновных пород Городницкой и Глумчанской интрузий и даек Покошевской группы свидетельствуют о слабой дифференцированности исходных для них расплавов и образовании последних в результате частичного плавления деплетированных перидотитов верхней мантии без привноса флюидами несовместимых элементов. По составу расплав соответствовал оливиновому меланефелиниту. Находки в породах этих интрузий хромита алмазной ассоциации дунит-гарцбургитового парагенезиса ( $Cr_2O_3 - 62,21$  %,  $MgO - 14,62$  %,  $Al_2O_3 - 8,72$  %,  $TiO_2 - 0,15$  %) дают основания предполагать, что магматический очаг располагался вблизи области устойчивости алмаза.

### Литература

1. Кривдик С.Г., Ткачук В.И. Петрология щелочных пород Украинского щита. Киев: Наук. думка. 1990. – 407 с.
2. Кривдик С.Г., Цымбал С.Н., Гейко Ю.В. Протерозойский щелочно-ультраосновной магматизм северо-западной части Украинского щита как индикатор кимберлитобразования // Минерал. журн. – 2003. – **25**, № 5/6. – С. 57-69.
3. Цымбал С.Н., Щербаков И.Б., Кривдик С.Г., Лабунный В.Ф. Щелочно-ультраосновные породы Городницкой интрузии (северо-запад Украинского щита) // Минерал. журн. – 1997. – **19**, № 3. – С. 61-80.