

## U-Pb возраст кластогенного циркона из метапесчаников глееватской свиты Кривбасса — хроностратиграфия и геодинамические следствия (Украинский щит)

© Г. В. Артеменко<sup>1</sup>, Л. В. Шумлянский<sup>1</sup>, А. Ю. Беккер<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт геохимии, минералогии и рудообразования НАН Украины, г. Киев, Украина.

E-mail: regulgeo@gmail.com

<sup>2</sup> Геологический факультет Калифорнийского университета, г. Риверсайд, США. E-mail: andreymb@ucr.edu

В области сноса метатерригенных пород глееватской свиты, слагающей верхнюю часть разреза Криворожско-Кременчугской структуры, значительно преобладали породы тоналит-трондьемит-гранодиоритовой серии Среднеприднепровского кратона (с возрастом 3,0–3,1 млрд лет). В небольшом количестве, вероятно, присутствовали и останцы палеоархейского фундамента (с возрастом 3,2; 3,3–3,4 и 3,5–3,7 млрд лет). В области сноса также могли находиться архейские калиево-натриевые граниты (с возрастом 2,85–2,87 млрд лет). Среди кластогенных цирконов палеопротерозойского возраста пять зерен с конкордантным возрастом 2,09–2,14 млрд лет указывают на присутствие в области сноса палеопротерозойских гранитов. Таким образом, нижняя возрастная граница метатерригенных пород глееватской свиты составляет около 2,1 млрд лет. Эти датировки свидетельствуют о том, что породы глееватской свиты формировались после коллизии Сарматского и Волго-Уральского сегментов Восточно-Европейской кратона. Полученные данные дают основание отнести глееватскую и гданцевскую свиты в ранг отдельной серии.

**Ключевые слова:** Криворожско-Кременчугская структура; Среднеприднепровский мегаблок; глееватская свита; метапесчаники; кластогенный циркон; U-Pb изотопный возраст; палеопротерозой.

## U-Pb age of clastogenic zircon from metasandstones of the Hleyuvatka suite of Kryvbas — chronostratigraphy and geodynamic consequences (Ukrainian Shield)

G. V. Artemenko<sup>1</sup>, L. V. Shumlyansky<sup>1</sup>, A. Yu. Bekker<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation, Kiev, Ukraine. E-mail: regulgeo@gmail.com

<sup>2</sup> Department of Earth Sciences, University of California, Riverside, USA. E-mail: andreymb@ucr.edu

The 3,1–3,0 Ga tonalite-trondhjemite-granodiorite rocks of the Middle Dnieper craton were exposed in the provenance of metaterrigenous rocks of the Hleyuvatka Suite, which forms the upper part of the Kryvyi Rih-Kremenchuk structure. In addition, 3,2; 3,3–3,4 and 3,5–3,7 Ga gneisses were also present in the source area as well as the 2,87–2,85 Ga potassium-sodium granites. Among the Paleoproterozoic detrital zircons, five grains yielded an age of 2,14–2,09 Ga, which indicates the presence of Paleoproterozoic granites in the provenance. The maximum depositional age of the metamorphosed terrigenous rocks of the Hleyuvatka Suite is thus about 2,1 Ga. These datings indicate that the rocks of the Hleyuvatka Suite were formed after the collision of the Sarmatian and Volga-Ural segments of the East European craton. These data gives ground to distinguish the Hdantsivska and Hleyuvatka suites as a separate Series.

**Keywords:** Krivoi Rog-Kremenchug structure, Middle-Dnieper megablock, Hleyuvatka suite, metasandstones, detrital zircon, U-Pb geochronology, Paleoproterozoic.

**Введение.** Криворожско-Кременчугская структура представляет собой узкую (шириной до 7 км) синформную структуру среди архейских ТТГ в западной части Среднеприднепровского мегаблока УЩ. Она включает серию сопряженных чешуйчатых моноклиналиных структур или асимметричных синклиналей, сложенных пестрой по составу толщей слабометаморфизованных вулканогенно-осадочных пород криворожской серии. По хорошей обнаженности и высокой степени изученности разрезы свит криворожской серии рассматриваются как стратотипические для Восточно-Европейской платформы, однако в геохронологическом отношении она изучена еще недостаточно. Минимальный возраст кластогенного монацита из глееватской свиты криворожской серии — 2,8 млрд лет. Породы глееватской свиты — прорываются альбититами с возрастом 1890±75 млн лет [2].

Глееватская свита сложена преимущественно метатерригенными породами — метаконгломератами, метапесчаниками, метаалевролитами с редкими маломощными линзами карбонатных пород (мраморизованных доломитов). Максимальная мощность глееватской свиты составляет около 2000 м в центральной части Криворожской структуры [1]. Породы глееватской свиты метаморфизованы в условиях зеленосланцевой фации; в Анновском районе степень метаморфизма повышается до эпидот-амфиболитовой фации.

**Постановка проблемы.** Определение возраста формирования осадочно-вулканогенной толщи Криворожско-Кременчугского района, включающей богатую железорудную формацию, является важной задачей как с точки зрения хроностратиграфия докембрия, так и геодинамических рекон-

струкций. Ранее описывалось [1], что гданцевская и глееватская свиты криворожской серии отлагались на железорудной толще саксаганской свиты после значительного перерыва и со стратиграфическим несогласием. Отложение грубообломочного материала глееватской свиты связывается авторами [2] с быстрым подъемом горных массивов со стороны Ингулецкого поднятия.

Поскольку в глееватской свите кислые вулканиты отсутствуют, то объектом геохронологических исследований являются только кластогенные циркон и монацит.

**Методика исследований.** Циркон выделен из пробы массой 5 кг по стандартной методике в лаборатории обогащения ИГМР НАН Украины. Внутреннее строение циркона изучено методом катодолюминесценции. U-Pb изотопные исследования выполнялись методом LA-ICP-MS в лаборатории Калифорнийского университета, Санта Барбара на приборе Nu Plasma HR MC-ICP-MS с использованием системы лазерной абляции Photon Machines Excite 193 excimer ArF. Абляция выполнена на протяжении 15 с с частотой лазерных импульсов 4 Гц и энергией импульсов  $\sim 1$  Дж/см<sup>2</sup>. Глубина полученных кратеров составляла  $\sim 5$   $\mu\text{m}$ , а размеры кратера — 15  $\mu\text{m}$ . Полученные результаты корректировались с помощью стандартного циркона 91500, который анализировался после каждых 10 измерений исследуемых цирконов. Точность измерений была лучше 2% для отношения  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ . Все погрешности измерений приведены на уровне  $2\sigma$ .

**Результаты исследований и обсуждение результатов.** Наиболее полно геологический разрез глееватской свиты изучен по скв. «Спутник-1» (скв. 20500) и Криворожской сверхглубокой скважине СГ-8, которые пройдены на западном крыле Саксаганского (Криворожского) синклинория. Здесь вскрытая мощность глееватской свиты составляет около 750 м. Образцы для геохронологических исследований метапесчаников глееватской свиты отобраны по скв. 20500 (Спутник-1), инт. 814-864 м.

Главные разновидности пород этой свиты представлены метаконгломератами (50%), металевролитами (32%) и средне-тонкозернистыми метапесчаниками (18%). Метаконгломераты полимиктовые [2]. Они включают гальки (%): серых, светло-серых кварцитов — 48; темно-серых кварцитов — 26; сахаровидных белых, светло-серых, буровато-серых кварцитов — 6,8; кварца — 2,9; плагиогранитоидов — 7,1; карбонат-тремолитовой породы — 4,5; доломитов и доломитовых мраморов — 3,5; амфиболитов (метабазитов) — 1,5; железистых кварцитов — 0,5; кварцевых метапесчаников-метагравелитов с базальным серицитовым цементом — 0,2. Заполнитель метаконгломератов представлен разнозернистым, преимущественно средне-тонкозернистым метапесчаником с большой примесью алевритовых зерен и слюдястого (исходного глинистого) цемента.

По индикаторному отношению  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Na}_2\text{O}=4,0\text{--}8,2$  метапесчаники глееватской свиты относятся к незрелым осадкам. Они формировались, вероятно, на флангах крупных поднятий в прибрежной части пресноводного или морского бассейна.

#### **Минералогическая характеристика и изотопный возраст циркона**

Было выполнено изотопное датирование 124 зерен циркона, из них три анализа выполнено с невысокой точностью и восемь анализов оказались сильно дискордантными. Эти результаты анализов (11) были проигнорированы и не использованы в дальнейшем обсуждении. Результаты датирования 113 кристаллов циркона рассмотрены ниже.

Среди 113 продатированных кристаллов три кристалла имеют  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  возраст в диапазоне 3520–3685 млн лет, еще три — в пределах 3325–3371 млн лет, семь кристаллов — в диапазоне 3205–3264 млн лет. Самая многочисленная группа (90 зерен) проанализированных цирконов имеет  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  возраст в 2841–3151 млн лет. Кристаллы с меньшим возрастом сравнительно малочисленны: из них три зерна имеют  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  возраст в пределах 2702–2794 млн лет, одно зерно — 2548 млн лет и шесть зерен — 2087–2138 млн лет.

Исследованные нами кристаллы сравнительно слабо окатаны, независимо от возраста. Даже наиболее древние зерна часто угловатые и имеют кристаллические грани хорошей сохранности. Форма кристаллов от овальной до слабо удлиненной призматической, с максимальным коэффициентом удлинения около трех. Размер изученных кристаллов варьирует от 30 до 200–250  $\mu\text{m}$ , преобладают кристаллы размерами около 100  $\mu\text{m}$ .

Наибольший интерес для данного исследования имеет группа палеопротерозойских цирконов, представленные изометрическими до короткопризматическими кристаллами, имеющими сравнительно темный вид на CL изображениях и неясную, до концентрическую, зональность. Содержания урана (152–792 г/т) и тория (86–520 г/т) сравнительно высокие, отношение U/Th варьирует в узких пределах от 0,42 до 0,68. По своему внешнему виду, CL характеристикам и содержанию урана, тория и их отношению изученные детритовые кристаллы циркона, скорее всего, первично-магматические. Циркон явно метаморфогенного генезиса не был диагностирован.

**Возможные источники детритового материала и возраст осадконакопления.** По результатам многочисленных геохронологических исследований, в пределах Среднеприднепровского мегаблока Украинского щита преобладают породные комплексы с возрастом около 3000–3200 млн лет, относящиеся к конкской и аульской сериям, а также к гранитоидам сурского и днепропетровского комплексов. Очевидно они являлись источником цирконов соответствующего возраста, присутствующих в метатерригенных породах глееватской свиты. Цирконы значительно древнее 3200 млн лет, могли поступать из Орехово-Павлоградской зоны или Днестровско-Бугского блока. Наиболее значимый пик цирконов в метапесчаниках глееватской свиты имеет возраст около 2840–3000 млн лет. Их источником могли быть гранитоиды саксаганского, демуринского, токовского и мокромосковского комплексов, широко распространенные в Среднеприднепровском мегаблоке. Немногочисленные цирконы с возрастом 2700–2800 и около 2550 млн лет не имеют прямых возрастных аналогов среди породных комплексов Среднеприднепровского мегаблока. Наконец, небольшая группа палеопротерозойских цирконов примерно соответствует возрасту метаморфизма, связанного с коллизией Сарматского и Волго-Уральского сегментов Восточно-Европейского кратона, а также возрасту палеопротерозойских метаморфических пород и гранитидов, широко распространенных в пределах всей Сарматии. Присутствие палеопротерозойского детритового материала в этих породах указывает на то что их возраст, очевидно, не древнее чем 2090 млн лет. Соответственно, возраст свиты может быть определен примерно в 2090 млн лет.

Полученные данные дают основание выделить гданцевскую и глееватскую свиты в составе отдельной серии, как это ранее предлагалось Я. Н. Белевцевым [1].

#### *Литература*

1. Белевцев Я. Н. Стратиграфічні підрозділи, стратиграфічна номенклатура докембрію Кривого Рогу // Геол. журн. 1955. Т. 15. № 4. С. 30–40.
2. Глееватские метаконгломераты Кривбасса — континентальные молассы или мелководно-бассейновые отложения? / Е. А. Кулиш [и др.] // Геохімія та екологія: Зб. наук. праць Ін-ту геохімії навколишнього середовища. Київ. 2010. Вип. 18. С. 7–26.
3. Сусллова С. Н., Чухонин А. П., Прулуцкий Р. Е. Результаты геохронологического и изотопного исследования пород по КСГС. Отчет «Провести комплексное геологическое исследование по разрезам СГС Кольской, Криворожской, Саатлинской, Уральской, Мурунтаусской» / отв. исп. Э. Б. Наливкина Книга III, глава 7. Криворожская СГС. Ленинград, 1988. Мин. геологии СССР. ВСЕГЕИ.

**Артеменко Геннадий Владимирович**, доктор геологических наук, профессор, заведующий отделом Геологии и хроностратиграфии докембрия ИГМР НАН Украины, г. Киев.