

<https://doi.org/10.15407/dopovidi2019.12.065>

УДК 550.4 (477)

**Г.В. Артеменко¹, Л.В. Шумлянський^{1, 2},
А. Хоффманн³, А.Ю. Беккер³**

¹ Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. Н.П. Семеново НАН України, Київ

² Кертинський університет, Школа наук о Землі та планетах, Перт, Австралія

³ Факультет наук о Землі та планетах, Каліфорнійський університет, Риверсайд, США

E-mail: regulgeo@gmail.com, leonid.shumlyansky@curtin.edu.au, andreymb@ucr.edu

Возраст пород области сноса для кварцитов родионовской свиты ингуло-ингулецкой серии (Желтянский участок Правобережного района)

Представлено академиком НАН Украины А.Н. Пономаренко

Криворожско-Кременчугская структура является частью системы рифтогенных структур, которые образовались в Сарматском сегменте Восточно-Европейского кратона в конце неогархея. Эта область простирается с севера на юг на 800 км, имеет ширину более 800 км. Этапы формирования этих структур изучены еще очень слабо. К числу основных нерешенных проблем относится возраст их фундамента (консолидации) Восточно-Европейского кратона, время заложения рифтов и хроностратиграфическое расчленение слагающих их осадочно-вулканогенных пород. Криворожско-Кременчугская структура образовалась в западной части Среднеприднепровского кратона, тектонические блоки которого прослеживаются до Западно-Ингулецкого разлома. Изучение кластогенного циркона из метатерригенных пород вдоль всей Криворожско-Кременчугской структуры позволяет установить состав и возраст пород консолидированного к концу архея фундамента, на котором она сформировалась. Методом LA-ICP-MS определен U-Pb возраст популяций кластогенного циркона из кварцитов родионовской свиты ингуло-ингулецкой серии (Желтянский участок Правобережного района) – 2,68; 2,93 и 3,2 млрд лет. Кластогенный циркон неогархейского (2,68 млрд лет) возраста в Криворожско-Кременчугской структуре установлен впервые. Близкий к нему возраст имеют интрузии калиево-натриевых гранитов в Восточно-Анновской полосе – 2,62 млрд лет. На Воронежском кристаллическом массиве внутриплитные (анорогенные) метариолиты лебединской серии (2,62 млрд лет) подстилают курскую серию, а гранитоиды атаманского комплекса (2,6–2,4 млрд лет) такого же генезиса слагают многочисленные тела в обрамлении раннепротерозойских складчатых структур. Полученные новые геохронологические данные позволяют предполагать, что в Правобережном районе Криворожско-Кременчугской структуры присутствуют кислые магматические породы, близкие по возрасту с неогархейскими гранитоидами атаманского комплекса и кислыми метавулканитами лебединской серии Воронежского кристаллического массива, которые связаны с ранним этапом формирования неогархейских рифтогенных структур.

Ключевые слова Правобережный район, ингуло-ингулецкая серия, кварцит, кластогенный циркон, U-Pb изотопный возраст.

© Г.В. Артеменко, Л.В. Шумлянський А. Хоффманн, А.Ю. Беккер

ISSN 1025-6415. Допов. Нац. акад. наук Укр. 2019. № 12: 65–74

Криворожско-Кременчугская структура, длиной около 200 км, является частью системы рифтогенных структур, которые образовались в Сарматском сегменте Восточно-Европейского кратона в конце неархея — начале и середине палеопротерозоя. Их образование сопровождалось возникновением морских бассейнов, быстро заполнявшихся вулканогенно-осадочными породами, включая железисто-кремнистые осадки [1, 2]. Эта область имеет размеры около 800 × 800 км. Этапы формирования этих структур изучены еще очень слабо. К числу основных нерешенных проблем относится возраст их фундамента (консолидации) Восточно-Европейского кратона, время заложения рифтов и хроностратиграфическое расчленение слагающих их осадочно-вулканогенных пород.

Криворожско-Кременчугская структура сформировалась в западной части Среднеприднепровского кратона, тектонические блоки которого прослеживаются до Западно-Ингулецкого разлома Ингульского района. Слагающие их осадочно-вулканогенные породы восточнее Криворожского разлома относят к криворожской, а западнее — к ингуло-ингулецкой серии. Породы ингуло-ингулецкой серии отличаются от пород криворожской серии большей степенью метаморфизма, но их разрезы сопоставимы [3].

Геологическое строение участка работ. Правобережный железорудный район приурочен к Ингулецко-Криворожской блоково-складчатой зоне, расположенной между Ингульским и Среднеприднепровским районами Украинского щита [4] (рис. 1). В ее строении выделяются выступы или консолидированные блоки архейского фундамента (иногда ремобилизованные) и межблоковые грабен-синклинальные структуры. Последние сложены метаморфизованными от амфиболитовой до низов гранулитовой фации породами ингуло-ингулецкой серии.

Раннепротерозойский этап завершился коллизией, которая сопровождалась формированием интрузий калиевых и субщелочных гранитов, и проявлением высокотемпературного метаморфизма [4].

На Желтянском участке, расположенном в юго-восточной части Правобережного района, метаморфические породы слагают три полосы субмеридионального простирания — восточную, центральную и западную [3]. Восточная (Желтянская) полоса, в пределах которой были выполнены геохронологические исследования, является непосредственным продолжением складчато-чешуйчатых структур Желтореченского района. На этом участке мощность пород зеленоречинской свиты составляет от 200 до 250 м, артемовской свиты — 150—200 м, тогда как родионовская свита, залегающая на них со стратиграфическим несогласием, достигает мощности 1300 м. Здесь родионовская свита расчленяется на две пачки [3]. Нижняя кварцитовая (от 0 до 300 м) представлена белыми кварцитами с незначительной примесью графита и слюд (до 5%), слюдяными и, реже, силлиманитовыми кварцитами. Верхняя, сланцево-гнейсовая пачка (более 1000 м) на востоке участка сложена углистоглинистыми и филлитовыми слюдяными сланцами, в центре они сменяются биотитовыми, а на западе — графит-биотитовыми, гранат-биотитовыми и силлиманит-биотитовыми гнейсами. В подчиненных количествах присутствуют маломощные прослои силикатных, кальцитовых мраморов.

Методика исследований. Циркон выделяли из пробы весом 5 кг по стандартной методике в лаборатории обогащения Института геохимии, минералогии и рудообразования

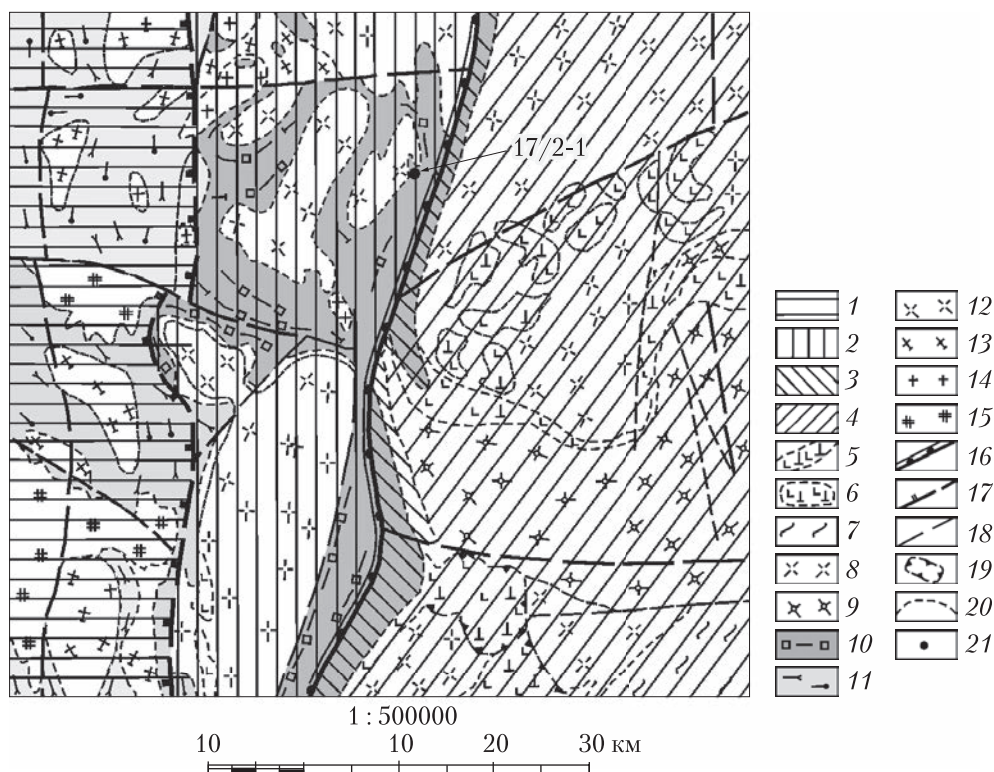


Рис. 1. Схема тектонического строения Северного Криворожья и южной части Правобережного района [4]. **Структурно-формационные зоны (СФЗ):** 1 – Ингуло-Ингулецкая; 2 – Ингулецко-Криворожская; 3 – Криворожско-Кременчугская; 4 – Верховцевско-Чертомлыкская. **I. Структурно-вещественные комплексы архейского возраста:** 5 – зеленокаменные структуры; 6 – вулканотектонические депрессии. **II. Гранитоидные куполовидные структуры:** 7 – реликты протокоры; 8 – плагиогранит-мигматитовая формация; 9 – ремобилизованные гранитные купола. **III. Структурно-вещественные комплексы протерозойского возраста. I. Грабен-синклинальные структуры:** 10 – линейные килеподобные синклинали Ингулецко-Криворожской и Криворожско-Кременчугской СФЗ, сложенные железисто-кремнистыми и углеродисто-карбонатными формациями; 11 – овалы корытоподобные синклинали Ингуло-Ингулецкой СФЗ, выполненные высокометаморфизованными породами флишеидных формаций (карбонатно-терригенной и терригенной). **II. Гранитоидные куполовидные структуры:** 12 – куполоподобные выступы консолидированных блоков; 13 – гранит-мигматитовые куполоподобные выступы; 14 – гранит-мигматитовые куполовидные массивы. **III. Тектоно-магматогенные структуры:** 15 – приразломные зональные массивы чарнокит-гранитного состава; 16 – Криворожско-Кременчугский глубинный разлом; 17 – Ингулецкий региональный разлом; 18 – локальные разломы; 19 – фрагменты дуговых и кольцевых разломов; 20 – границы групп формаций и комплексов пород. 21 – место отбора пробы

им. Н.П. Семененко НАН Украины. Морфологию циркона изучали в проходящем и отраженном свете. Внутреннее строение циркона исследовали методом катодолюминесценции.

Цирконы помещали в эпоксидную шайбу и приполировывали до вскрытия их внутренних участков. Далее они анализировались на изотопы U и Pb методом LA-ICP-MS в лаборатории Калифорнийского университета, г. Санта Барбара. Измерения выполняли на приборе Nu Plasma HR MC-ICP-MS с использованием системы лазерной абляции Photon Machines Excite 193 excimer ArF. Абляцию производили в течение 15 с с частотой лазерных импульсов 4 Гц и энергией импульсов ~1 Дж/см². Глубина полученных кратеров

Отсортированные по убыванию $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ возраста результаты U-Pb изотопного датирования кластогенного циркона из кварцитов рудоносной свиты ингуло-ингулецкой серии (проба 17/2-1)

| Точка | Концентрация, ррп | | Изотопные отношения | | | | | | Изотопный возраст, млн лет | | | | | | |
|-------|-------------------|-----|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------|------|-----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|-----------|----------------------------------|-----------|-----------------------------------|-----------|
| | U | Th | Th/U | $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | 2σ | Rho | $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ | 2σ | $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ | 2σ | $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ | 2σ | $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ | 2σ |
| 77 | 367 | 780 | 2,2 | 11,78 | 0,3140 | 7,2 | 0,93 | 0,28020 | 2,7 | 2554 | 184 | 1730 | 115 | 3360 | 42 |
| 64 | 144 | 265 | 2,2 | 15,95 | 0,4388 | 3,5 | 0,81 | 0,26470 | 2,1 | 2870 | 101 | 2346 | 67 | 3273 | 32 |
| 79 | 181 | 561 | 3,1 | 11,29 | 0,3270 | 5,3 | 0,90 | 0,25460 | 2,3 | 2536 | 134 | 1811 | 86 | 3211 | 37 |
| 46 | 74 | 34 | 0,5 | 20,18 | 0,5880 | 3,4 | 0,80 | 0,24890 | 2,0 | 3096 | 106 | 2979 | 82 | 3177 | 32 |
| 75 | 166 | 345 | 2,4 | 17,86 | 0,5260 | 3,8 | 0,84 | 0,24574 | 2,0 | 2976 | 112 | 2724 | 87 | 3157 | 32 |
| 1 | 88 | 51 | 0,7 | 22,06 | 0,6495 | 3,2 | 0,77 | 0,24560 | 2,0 | 3186 | 103 | 3223 | 80 | 3156 | 32 |
| 76 | 20 | 24 | 0,7 | 21,92 | 0,6500 | 4,3 | 0,90 | 0,24510 | 2,1 | 3162 | 153 | 3215 | 139 | 3151 | 34 |
| 14 | 225 | 546 | 2,8 | 15,00 | 0,4620 | 3,3 | 0,83 | 0,23660 | 2,2 | 2813 | 111 | 2440 | 80 | 3096 | 35 |
| 20 | 140 | 203 | 1,5 | 17,26 | 0,5400 | 3,7 | 0,78 | 0,22990 | 2,3 | 2952 | 109 | 2784 | 79 | 3047 | 37 |
| 82 | 158 | 412 | 3,2 | 8,39 | 0,2720 | 6,0 | 0,86 | 0,23040 | 3,0 | 2268 | 136 | 1545 | 80 | 3039 | 48 |
| 2 | 111 | 127 | 1,4 | 15,17 | 0,4900 | 4,4 | 0,88 | 0,22610 | 2,1 | 2824 | 123 | 2564 | 98 | 3023 | 34 |
| 95 | 69 | 43 | 0,7 | 16,42 | 0,5428 | 3,3 | 0,79 | 0,21780 | 2,1 | 2901 | 96 | 2799 | 73 | 2964 | 33 |
| 21 | 30 | 14 | 0,5 | 18,42 | 0,6210 | 4,2 | 0,87 | 0,21520 | 2,1 | 3011 | 127 | 3099 | 113 | 2944 | 34 |
| 22 | 56 | 14 | 0,4 | 17,83 | 0,6030 | 3,4 | 0,79 | 0,21370 | 2,1 | 2979 | 102 | 3040 | 82 | 2934 | 34 |
| 86 | 104 | 45 | 0,5 | 17,53 | 0,5914 | 3,1 | 0,76 | 0,21343 | 2,0 | 2963 | 92 | 2993 | 70 | 2931 | 33 |
| 58 | 76 | 25 | 0,4 | 16,63 | 0,5669 | 3,1 | 0,75 | 0,21297 | 2,1 | 2916 | 91 | 2893 | 68 | 2927 | 33 |
| 72 | 111 | 100 | 1,1 | 16,57 | 0,5666 | 3,1 | 0,76 | 0,21228 | 2,0 | 2908 | 91 | 2892 | 68 | 2923 | 33 |
| 49 | 51 | 23 | 0,5 | 15,99 | 0,5479 | 3,3 | 0,78 | 0,21200 | 2,1 | 2872 | 96 | 2813 | 74 | 2921 | 34 |
| 50 | 33 | 12 | 0,5 | 16,51 | 0,5700 | 3,9 | 0,85 | 0,21130 | 2,1 | 2900 | 113 | 2889 | 95 | 2915 | 34 |
| 57 | 48 | 20 | 0,6 | 16,77 | 0,5780 | 3,4 | 0,78 | 0,21110 | 2,1 | 2921 | 99 | 2937 | 78 | 2914 | 34 |
| 73 | 89 | 160 | 2,2 | 16,57 | 0,5706 | 3,1 | 0,76 | 0,21103 | 2,0 | 2909 | 91 | 2911 | 69 | 2913 | 33 |
| 96 | 44 | 13 | 1,1 | 16,42 | 0,5640 | 3,7 | 0,83 | 0,21060 | 2,1 | 2898 | 107 | 2876 | 88 | 2909 | 34 |
| 54 | 222 | 104 | 0,6 | 15,29 | 0,5329 | 3,4 | 0,79 | 0,20980 | 2,1 | 2820 | 95 | 2750 | 73 | 2903 | 34 |
| 44 | 100 | 241 | 2,9 | 12,66 | 0,4790 | 3,2 | 0,77 | 0,19135 | 2,0 | 2655 | 85 | 2521 | 62 | 2753 | 34 |
| 63 | 140 | 200 | 1,7 | 13,42 | 0,5140 | 3,1 | 0,76 | 0,19046 | 2,0 | 2716 | 85 | 2672 | 64 | 2746 | 33 |
| 83 | 82 | 92 | 1,3 | 11,21 | 0,4030 | 5,4 | 0,90 | 0,20200 | 2,3 | 2543 | 138 | 2172 | 106 | 2843 | 38 |
| 48 | 37 | 51 | 1,6 | 11,67 | 0,4580 | 3,9 | 0,84 | 0,18620 | 2,1 | 2579 | 101 | 2427 | 80 | 2710 | 35 |
| 52 | 200 | 210 | 1,3 | 12,61 | 0,4915 | 3,0 | 0,73 | 0,18616 | 2,0 | 2651 | 79 | 2578 | 56 | 2708 | 33 |
| 42 | 75 | 73 | 1,2 | 12,97 | 0,5047 | 3,2 | 0,76 | 0,18623 | 2,0 | 2674 | 85 | 2632 | 64 | 2708 | 34 |
| 62 | 86 | 81 | 1,2 | 12,99 | 0,5032 | 3,1 | 0,75 | 0,18578 | 2,1 | 2677 | 84 | 2629 | 62 | 2704 | 34 |
| 88 | 44 | 42 | 1,1 | 12,99 | 0,5120 | 3,7 | 0,83 | 0,18490 | 2,1 | 2679 | 100 | 2659 | 82 | 2696 | 35 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-------|-----|--------|-----|------|---------|-----|------|-----|------|-----|------|----|
| 5 | 52 | 40 | 0,8 | 12,92 | 3,8 | 0,5040 | 3,1 | 0,83 | 0,18480 | 2,1 | 2673 | 100 | 2637 | 82 | 2695 | 35 |
| 28 | 46 | 47 | 1,2 | 13,03 | 3,5 | 0,5090 | 2,8 | 0,80 | 0,18480 | 2,1 | 2680 | 94 | 2653 | 74 | 2694 | 35 |
| 89 | 59 | 73 | 1,5 | 13,31 | 3,2 | 0,5206 | 2,4 | 0,76 | 0,18421 | 2,1 | 2702 | 85 | 2703 | 65 | 2692 | 34 |
| 32 | 118 | 80 | 0,8 | 12,62 | 3,1 | 0,4970 | 2,3 | 0,75 | 0,18425 | 2,0 | 2650 | 81 | 2600 | 59 | 2692 | 34 |
| 23 | 57 | 96 | 2,0 | 12,75 | 3,4 | 0,5048 | 2,7 | 0,79 | 0,18440 | 2,1 | 2665 | 90 | 2639 | 71 | 2691 | 34 |
| 16 | 173 | 95 | 0,6 | 12,34 | 3,1 | 0,4861 | 2,3 | 0,76 | 0,18424 | 2,0 | 2629 | 81 | 2552 | 59 | 2690 | 33 |
| 24 | 44 | 92 | 2,5 | 12,89 | 3,6 | 0,5100 | 2,9 | 0,81 | 0,18410 | 2,1 | 2670 | 97 | 2660 | 78 | 2689 | 35 |
| 43 | 91 | 92 | 1,2 | 12,98 | 3,1 | 0,5119 | 2,4 | 0,76 | 0,18403 | 2,0 | 2676 | 84 | 2663 | 63 | 2688 | 34 |
| 93 | 66 | 59 | 1,0 | 13,12 | 3,2 | 0,5136 | 2,4 | 0,76 | 0,18384 | 2,1 | 2685 | 85 | 2670 | 65 | 2687 | 34 |
| 45 | 106 | 160 | 1,8 | 12,57 | 3,1 | 0,4979 | 2,3 | 0,75 | 0,18381 | 2,0 | 2649 | 82 | 2607 | 60 | 2686 | 34 |
| 41 | 75 | 106 | 1,7 | 13,39 | 3,2 | 0,5301 | 2,5 | 0,77 | 0,18371 | 2,1 | 2706 | 87 | 2739 | 68 | 2686 | 34 |
| 84 | 101 | 106 | 1,3 | 13,31 | 3,1 | 0,5235 | 2,4 | 0,76 | 0,18371 | 2,0 | 2702 | 85 | 2712 | 65 | 2686 | 34 |
| 87 | 83 | 86 | 1,3 | 13,18 | 3,3 | 0,5204 | 2,5 | 0,78 | 0,18366 | 2,1 | 2694 | 88 | 2698 | 68 | 2686 | 34 |
| 29 | 73 | 139 | 2,2 | 12,52 | 3,3 | 0,4971 | 2,5 | 0,77 | 0,18353 | 2,1 | 2641 | 86 | 2602 | 66 | 2685 | 34 |
| 67 | 72 | 81 | 1,4 | 12,95 | 3,2 | 0,5124 | 2,5 | 0,77 | 0,18351 | 2,1 | 2674 | 87 | 2664 | 67 | 2684 | 34 |
| 6 | 54 | 44 | 0,9 | 13,17 | 3,5 | 0,5210 | 2,8 | 0,80 | 0,18351 | 2,1 | 2691 | 93 | 2707 | 75 | 2683 | 34 |
| 27 | 54 | 70 | 1,5 | 12,89 | 3,4 | 0,5098 | 2,7 | 0,79 | 0,18330 | 2,1 | 2673 | 91 | 2652 | 71 | 2683 | 35 |
| 80 | 39 | 61 | 1,9 | 12,75 | 3,9 | 0,5030 | 3,3 | 0,84 | 0,18350 | 2,1 | 2652 | 103 | 2621 | 86 | 2683 | 35 |
| 68 | 29 | 57 | 2,5 | 13,00 | 4,1 | 0,5150 | 3,5 | 0,86 | 0,18360 | 2,1 | 2670 | 110 | 2674 | 94 | 2683 | 35 |
| 15 | 241 | 108 | 0,5 | 12,24 | 3,0 | 0,4844 | 2,2 | 0,74 | 0,18323 | 2,0 | 2622 | 79 | 2545 | 57 | 2682 | 34 |
| 25 | 126 | 118 | 1,1 | 13,09 | 3,0 | 0,5207 | 2,3 | 0,74 | 0,18333 | 2,0 | 2686 | 82 | 2701 | 61 | 2682 | 34 |
| 81 | 22 | 30 | 1,5 | 13,21 | 5,4 | 0,5270 | 5,0 | 0,92 | 0,18340 | 2,2 | 2670 | 145 | 2691 | 134 | 2681 | 36 |
| 70 | 51 | 63 | 1,5 | 13,41 | 3,4 | 0,5305 | 2,7 | 0,79 | 0,18300 | 2,1 | 2708 | 91 | 2744 | 73 | 2680 | 34 |
| 85 | 105 | 118 | 1,4 | 12,99 | 3,1 | 0,5136 | 2,3 | 0,75 | 0,18282 | 2,0 | 2681 | 83 | 2673 | 62 | 2678 | 34 |
| 66 | 69 | 71 | 1,2 | 13,14 | 3,2 | 0,5175 | 2,4 | 0,77 | 0,18276 | 2,0 | 2688 | 85 | 2690 | 65 | 2677 | 34 |
| 94 | 41 | 36 | 1,0 | 13,30 | 3,7 | 0,5240 | 3,0 | 0,82 | 0,18240 | 2,1 | 2700 | 100 | 2712 | 82 | 2675 | 35 |
| 90 | 78 | 78 | 1,2 | 13,28 | 3,3 | 0,5289 | 2,6 | 0,78 | 0,18250 | 2,1 | 2698 | 89 | 2733 | 70 | 2674 | 34 |
| 34 | 80 | 96 | 1,4 | 12,86 | 3,2 | 0,5130 | 2,4 | 0,76 | 0,18229 | 2,1 | 2670 | 85 | 2667 | 64 | 2673 | 34 |
| 39 | 68 | 50 | 0,9 | 13,17 | 3,3 | 0,5264 | 2,6 | 0,78 | 0,18213 | 2,1 | 2691 | 89 | 2723 | 70 | 2671 | 34 |
| 71 | 52 | 67 | 1,5 | 13,25 | 3,3 | 0,5261 | 2,6 | 0,78 | 0,18212 | 2,1 | 2694 | 90 | 2726 | 71 | 2671 | 34 |
| 74 | 39 | 43 | 1,3 | 12,92 | 3,9 | 0,5130 | 3,2 | 0,84 | 0,18220 | 2,1 | 2669 | 103 | 2661 | 86 | 2671 | 35 |
| 65 | 52 | 55 | 1,3 | 12,68 | 3,5 | 0,5064 | 2,8 | 0,80 | 0,18210 | 2,1 | 2655 | 92 | 2637 | 73 | 2670 | 34 |
| 51 | 40 | 56 | 1,7 | 12,79 | 3,7 | 0,5130 | 3,1 | 0,83 | 0,18170 | 2,1 | 2661 | 99 | 2666 | 82 | 2669 | 35 |
| 26 | 37 | 36 | 1,0 | 13,26 | 4,0 | 0,5310 | 3,5 | 0,86 | 0,18100 | 2,1 | 2684 | 109 | 2736 | 95 | 2661 | 35 |
| 33 | 113 | 115 | 1,2 | 12,49 | 3,0 | 0,5018 | 2,3 | 0,75 | 0,18086 | 2,0 | 2640 | 81 | 2620 | 60 | 2660 | 34 |
| 69 | 18 | 33 | 1,9 | 13,36 | 5,0 | 0,5390 | 4,5 | 0,90 | 0,18040 | 2,2 | 2691 | 136 | 2757 | 125 | 2658 | 36 |
| 47 | 33 | 35 | 1,1 | 12,55 | 4,1 | 0,5110 | 3,6 | 0,86 | 0,18040 | 2,1 | 2638 | 109 | 2657 | 94 | 2656 | 35 |

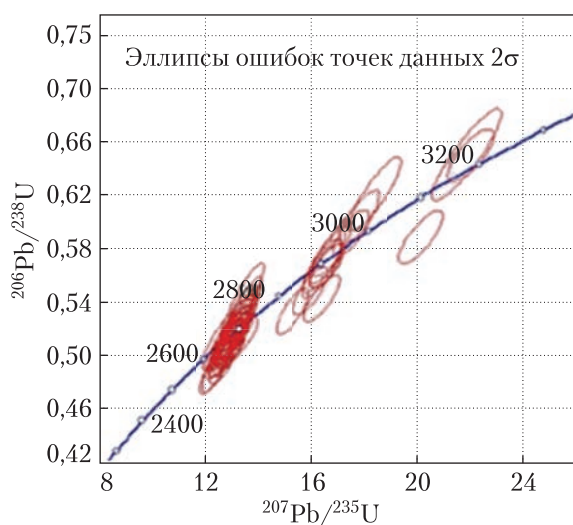


Рис. 2. U-Pb изохрона с конкордией для кластогенного циркона из кварцитов родионовской свиты ингуло-ингулецкой серии

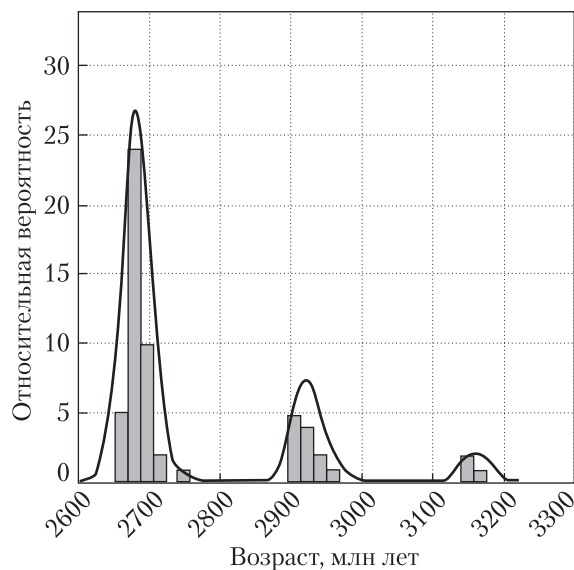


Рис. 3. Гистограмма распределения возрастов кластогенного циркона из кварцитов родионовской свиты ингуло-ингулецкой серии

составляла ~5 мкм, а размеры кратера — 15 мкм. Измерения образцов проводили после холостых фоновых замеров продолжительностью 15 с. Полученные результаты корректировали с помощью стандартного циркона 91500 (возраст 1062 млн лет) [5], который анализировали после каждых 10 измерений исследуемых цирконов. Все погрешности измерений приведены на уровне 2σ.

Результаты исследований. Проба (17/2-1) белых кварцитов для геохронологических исследований отобрана в небольшом карьере в центральной части с. Желтое, где его пересекает дорога Александрия — Пятихатки по дамбе через р. Желтая; в 400 м ниже дамбы на склоне бугра выше жилых домов (N 48° 28,959'; E 33° 32,262').

Кварциты характеризуются крупнозернистой структурой с размером зерен до 1 мм и светло-серой, иногда почти белой окраской. Кроме кварца в них содержится мусковит (10–15 %), реже биотит (2–3 %), иногда силлиманит (до 20 %) и почти постоянно графит (1–2 %). В переменных количествах (от 0 до 20 %) в кварцитах встречается плагиоклаз.

На диаграмме $\log(\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3) - \log(\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O})$ [6] фигуративные точки кварцитов родионовской свиты попадают в поле субаркозов и кварцевых аренитов ($\text{SiO}_2 = 97,38\%$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,01\%$; $\text{Na}_2\text{O} = 0,34\%$; $\text{K}_2\text{O} = 0,13\%$).

Согласно результатам U-Pb изотопного датирования (таблица), цирконы с дискордантностью менее 5 % могут быть отнесены к трем четко выраженным возрастным популяциям (рис. 2, 3).

Наиболее древняя популяция (3 кристалла) имеет $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ возраста 3140–3180 млн лет, что примерно соответствует возрасту тоналитовых гнейсов аульской серии [7]. Следующая популяция (12 кристаллов) имеет диапазон $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ возрастов 2900–2960 млн лет (возраст по пересечению дискордии 2929 ± 16 млн лет), примерно соответствующий

возрасту гранитоидов demuриновского и сурского комплексов [8], широко распространенных в пределах Среднеприднепровского района Украинского щита.

Наконец, третья, самая молодая и самая распространенная (42 кристалла), группа цирконов имеет $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ возраста в диапазоне 2650–2750 млн лет (возраст по пересечению дискордии 2682 ± 5 млн лет). Важно отметить, что цирконы второй и третьей групп образуют очень тесные скопления на U-Pb диаграмме с конкордией (см. рис. 2), что свидетельствует об ограниченном числе источников детритовых цирконов — скорее всего, одном для каждой группы цирконов.

Следует отметить, что столь молодые цирконы до сих пор не были обнаружены в кварцитах и сланцах новокриворожской, скелеватской и саксаганской свит криворожской серии; наиболее молодые цирконы из этих свит имеют возраст около 2950 млн лет [9, 10, неопубликованные данные авторов]. В то же время кварциты родионовской свиты по характеру распределения возрастов детритовых цирконов проявляют некоторое сходство с кварцитами кошаро-александровской свиты бугской серии [11, 12]. Этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Обсуждение результатов и выводы. Методом LA-ICP-MS определен U-Pb возраст популяций кластогенного циркона из кварцитов родионовской свиты ингуло-ингулецкой серии (Желтянский участок Правобережного района) — 2,68; 2,93 и 3,2 млрд лет. Цирконы возрастом 3,2 и 2,93 млрд лет, присутствующие в небольшом количестве, соответствуют возрасту тоналитовых гнейсов аульской серии и тоналит-трондьемит-гранодиоритовой серии сурского комплекса, широко распространенных в пределах Среднеприднепровского района Украинского щита. Значительно преобладает кластогенный циркон возрастом 2,68 млрд лет, источник которого находился, вероятно, в ближней области сноса. Близкий к этому интервалу возраст имеют интрузии калиево-натриевых гранитов в Восточно-Анновской полосе — 2,62 млрд лет [8]. К ним могут также относиться небольшие интрузии гранитоидов в Попельнастовской и других структурах Правобережного района [3], которые еще геохронологически не изучены.

На Воронежском кристаллическом массиве близкий возраст имеют метариолиты лебединской серии (2,62 млрд лет) в рифтогенных структурах, являющиеся внутриплитными (анорогенными) кислыми ультракалиевыми магматическими породами [2, 13]. Они с размывом и угловым стратиграфическим несогласием перекрываются метаконгломератами и метапесчаниками стойленской свиты курской серии [2], возможного стратиграфического аналога скелеватской свиты криворожской серии. Гранитоиды атаманского комплекса (2,6–2,4 млрд лет) [14] такого же генезиса слагают многочисленные тела с площадью в первые сотни км² в обрамлении раннепротерозойских складчатых структур северо-западного простирания.

Полученные новые геохронологические данные позволяют предполагать, что в Правобережном районе Криворожско-Кременчугской структуры присутствовали кислые магматические породы, близкие по возрасту гранитоидам атаманского комплекса и кислым метавулканикам лебединской серии Воронежского кристаллического массива, которые связаны с ранним этапом формирования неархейских рифтогенных структур.

ЦИТИРУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Минц М.В., Буш В.А., Агеев С.Н. Брянск-Курск-Воронежский внутриконтинентальный коллизионный ороген (Восточно-Европейский кратон). *Geodynamics & Tectonophysics*. 2014. **5**, № 3. С. 717–742.
2. Савко К.А., Самсонов А.В., Холин В.М., Базиков Н.С. Мегаблок Сарматия как осколок суперкратона Ваалбара: корреляция геологических событий на границе архея и палеопротерозоя. *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. 2017. **25**, № 2. С. 3–26.
3. Железисто-кремнистые формации Украинского щита. Т. 2. Киев: Наук. думка, 1978. 367 с.
4. Захаров В.В., Мартынюк А.В., Веклич Ю.М. и др. Отчет о результатах геологического доизучения площадей масштаба 1 : 200 000 (ГДП-200) листов М-36-XXXIV, L-36-IV, проведенных в 1991–98 г.г. Кн. 1 / Фонды КП “Южургеология”. Кривой Рог: Криворожская КГП, 1998. 425 с.
5. Wiedenbeck M., Alle P., Corfu F., Griffin W.L., Meier M., Oberli F., Von Quadt A., Roddick J.C., Spiegel W. Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analyses. *Geostand. Newslett*. 1995. **19**. P. 1–23.
6. Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р. Пески и песчаники. Москва: Мир, 1976. 536 с.
7. Самсонов А.В., Пухтель И.С., Журавлев Д.З., Чернышев И.В. Геохронология архейского аульского гнейсового комплекса и проблема фундамента зеленокаменных поясов Украинского щита. *Петрология*. 1993. **1**, №1. С. 29–49.
8. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Архей. Киев: Наук. думка, 2005. 244 с.
9. Бобров О.Б., Степанюк Л.М., Паранько І.С., Пономаренко О.М., Шумлянський Л.В., Дьюйм Б. Генезис та вік циркону із “латівського” горизонту криворізької серії Українського щита. *Мінерал. журн.* 2011. **33**, № 1. С. 30–40.
10. Shumlyansky L., Hawkesworth C., Dhuime B., Billström K., Claesson S., Storey C. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ages and Hf isotope composition of zircons from sedimentary rocks of the Ukrainian shield: crustal growth of the southwestern part of East European craton from Archaean to Neoproterozoic. *Precambrian Res.* 2015. **260**. P. 39–54.
11. Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Пономаренко О.М., Довбуш Т.І., Висоцький О.Б., Дьюйм Б. До питання про вікові межі формування кошаро-олександрівської світи бузької серії Побужжя. *Геохімія та рудоутворення*. 2010. **28**. С. 4–10.
12. Шумлянський Л.В. Вік та ізотопний склад гафнію цирконів з кварцитів Середнього Побужжя Українського щита. *Геохімія та рудоутворення*. 2012. **31–32**. С. 136–143.
13. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Бартницький Е.Н., Сергиенко В.Н., Татарінова Е.А. Возраст кислых метавулканитов Александровского и Коробковского участков КМА. *Докл. АН Украины*. 1992. № 6. С. 120–123.
14. Найденов И.В., Деревянкин Ю.А., Деревянкина Л.Ф., Архипова А.А. Новые данные по радиологическому возрасту гранитоидов центральной части Курской магнитной аномалии. *Докл. АН*. 1996. **351**, № 6. С. 802–805.

Поступило в редакцию 09.10.2019

REFERENCES

1. Mints, M. V., Bush, V. A. & Ageyev, S. N. (2014). Bryansk-Kursk-Voronezh intracontinental orogen (East European craton). *Geodynamics & Tectonophysics*, 5, No. 3, pp. 717-742 (in Russian).
2. Savko, K. A., Samsonov, A. V., Holin, V. M. & Bazikov, N. S. (2017). Megablock Sarmatia as a fragment of the supercraton Vaalbara: correlation of geological events on the border of Archean and Paleoproterozoic. *Stratigrafiya. Geologicheskaya korrelatsiya*, 25, No. 2, pp. 3-26 (in Russian).
3. Ferruginous-siliceous formations of the Ukrainian shield. (1978). (Vol. 2). Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
4. Zaharov, V. V., Martynyuk, A. V., Veklich, Yu. M. et al. (1998). Report on the results of geological exploration of areas of scale 1: 200000 (GDP-200) sheets M-36-XXXIV, L-36-IV, carried out in 1991-98. (Vol. 1). The Funds of KP “Yuzhukrgeologiya”. Kryvyi Rih: Kryvyi Rih KGP (in Russian).
5. Wiedenbeck, M., Alle, P., Corfu, F., Griffin, W. L., Meier, M., Oberli, F., Von Quadt, A., Roddick, J. C. & Spiegel, W. (1995). Three natural zircon standards for U-Th-Pb, Lu-Hf, trace element and REE analysis. *Geostand. Newslett*, 19, pp. 1-23.
6. Pettidzhon, F., Potter, P. & Siver, R. (1976). Sands and Sandstones. Moscow: Mir (in Russian).

7. Samsonov, A. V., Puhtel, I. S., Zhuravlev, D. Z. & Chernyishev, I. V. (1993). Geochronology of the Archean auly gneiss complex and the problem of the basement of the greenstone belts of the Ukrainian shield. *Petrologiya*, 1, No. 1, pp. 29-49 (in Russian).
8. Scherbak, N. P., Artemenko, G. V., Lesnaya, I. M. & Ponomarenko, A. N. (2005). Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield. *Archean*. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
9. Bobrov, O. B., Stepanyuk, L. M., Paran'ko, I. S., Ponomarenko, O. M., Shumlyansky, L. V. & Dhuime, B. (2011). Genesis and age of zircon from the "Lativka" horizon of the Krivoy Rog series of the Ukrainian Shield. *Mineral. Zhurn.*, 33, No. 1, pp. 30-40 (in Ukrainian).
10. Shumlyansky, L., Hawkesworth, C., Dhuime, B., Billström, K., Claesson, S. & Storey, C. (2015). $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ages and Hf isotope composition of zircons from sedimentary rocks of the Ukrainian shield: crustal growth of the south-western part of East European craton from Archaean to Neoproterozoic. *Precambrian Res.*, 260, pp. 39-54.
11. Stepanyuk, L. M., Shumlyansky, L. V., Ponomarenko, O. M., Dovbush, T. I., Vysotsky, O. B. & Dhuime, B. (2010). To the question of the age limits of formation of the Koshara-Alexandrovka suite of Bug Series. *Geokhimiya ta rudoutvorennnya*, 28, pp. 4-10 (in Ukrainian).
12. Shumlyansky, L. V. (2012). Age and isotopic composition of hafnium from zircons quartzites of the Middle Bug region of the Ukrainian Shield. *Geokhimiya ta rudoutvorennnya*, 31-32, pp. 136-143 (in Ukrainian).
13. Shcherbak, N. P., Artemenko, G. V., Bartnitskiy, E. N., Sergiyenko, V. N. & Tatarinova, E. A. (1992). Age of felsic metavulcanites of Alexandrovka and Korobkovka sections of KMA. *Dokl. AN Ukrainy*, No. 6, pp. 120-123 (in Russian).
14. Naydenkov, I. V., Derevyankin, Yu. A., Derevyankina, L. F. & Arkhipova, A. A. (1996). New data on the radiological age of granitoids in the central part of the Kursk magnetic anomaly. *Dokl. AN*, 351, No. 6, pp. 802-805 (in Russian).

Received 09.10.2019

Г.В. Артеменко¹, Л.В. Шумлянський^{1, 2},
А. Хоффманн³, А.Ю. Беккер³

¹ Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, Київ

² Кертинський університет, Школа наук про Землю і планети, Перт, Австралія

³ Факультет наук про Землю і планети, Каліфорнійський університет, Ріверсайд, США

E-mail: regulgeo@gmail.com, leonid.shumlyansky@curtin.edu.au, andreyb@ucr.edu

ВІК ПОРІД ОБЛАСТІ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ КВАРЦИТІВ РОДІОНІВСЬКОЇ СВІТИ ІНГУЛО-ІНГУЛЕЦЬКОЇ СЕРІЇ (ЖОВТЯНСЬКА ДІЛЯНКА ПРАВОБЕРЕЖНОГО РАЙОНУ)

Криворізько-Кременчуцька структура є частиною системи рифтогенних структур, які утворилися в Сарматському сегменті Східноєвропейського кратону в кінці неoarхею. Ця область простягається з півночі на південь на 800 км, має ширину понад 800 км. Етапи формування цих структур вивчені ще дуже слабо. До числа основних невіршених проблем належать вік їх фундаменту (консолідації) Східноєвропейського кратону, час закладення рифтів та хроностратиграфічне розчленування осадово-вулканогенних порід, що їх складають. Криворізько-Кременчуцька структура утворилася в західній частині Середньопридніпровського кратону, тектонічні блоки якого простежуються до Західноінгулецького розлому. Вивчення кластогенного циркону з метатеригенних порід вздовж всієї Криворізько-Кременчуцької структури дає змогу встановити склад і вік порід консолідованого до кінця архею фундаменту, на якому вона сформувалася. Методом LA-ICP-MS визначено U-Pb вік популяції кластогенного циркону з кварцитів родіонівської світи інгуло-інгулецької серії (Жовтянська ділянка Правобережного району) – 2,68; 2,93 та 3,2 млрд років. Кластогенний циркон неoarхейського (2,68 млрд років) віку в Криворізько-Кременчуцькій структурі встановлений вперше. Близький до нього вік мають інтрузії калієво-натрієвих гранітів у Східноганнявській смузі – 2,62 млрд років. На Воронезькому кристалічному масиві внутрішньоплитні (анорогенні) метаріоліти лебединської серії (2,62 млрд років) підстеляють курську серію, а гранітоїди атаманського комплексу (2,6–2,4 млрд років) такого ж генезису складають численні тіла в обрамленні ранньопротерозойських складчастих структур. На підставі одержаних нових геохронологічних даних можна припустити, що в Правобережному районі Криворізько-Кременчуцької структури присутні кислі магма-

тичні породи, близькі за віком до неоархейських гранітоїдів атаманського комплексу і кислих метавулканітів лебединської серії Воронежського кристалічного масиву, які пов'язані з раннім етапом формування неоархейських рифтогенних структур.

Ключові слова: Правобережний район, інгуло-інгулецька серія, кварцит, кластогенний циркон, U-Pb ізотопний вік.

G.V. Artemenko¹, L.V. Shumlyansky^{1, 2},
A. Hoffmann³, A.Yu. Bekker³

¹ M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine, Kyiv

² Curtin University, School of Earth and Planetary Sciences, Perth, Australia

³ Department of Earth and Planetary Sciences, University of California, Riverside, USA

E-mail: regulgeo@gmail.com, leonid.shumlyansky@curtin.edu.au, andreyb@ucr.edu

AGE OF THE SOURCE ROCKS FOR QUARTZITE OF THE RODIONIVKA SUITE OF THE INHUL-INHULETS SERIES (ZHOVTE AREA OF THE PRAVOBEREZHZHNYI REGION)

The Kryvyi Rih-Kremenchug structure is a part of the system of riftogenic structures that formed in the Sarmatian segment of the East European craton at the end of the Neoproterozoic. This area extends from north to south for 800 km, has a width of more than 800 km. The stages of formation of these structures are still poorly studied. The main unsolved problems include the age of their basement (consolidation) of the East European Craton, the rift initiation time and the chronostratigraphic division of sedimentary-volcanogenic rocks composing them. The Kryvyi Rih-Kremenchug structure has been formed in the western part of the Middle-Dnieper craton, whose tectonic blocks are traced up the West-Ingulets fault. The study of clastogenic zircon from metaterrigenous rocks along the entire Kryvyi Rih-Kremenchug structure allows us to establish the composition and age of the rocks of the basement on which it was formed. The La-ICP-MS method was applied to define the U-Pb age of detrital zircon populations from quartzite of the Rodionivka Suite of the Inhul-Inhulets Series (Zhovte area of the Pravoberezhnyi region) – 2.68; 2.93 and 3.2 Ga. Zircons of 3.2 and 2.93 Ga are present in small amount and correspond to tonalite gneisses of the Auly Series and TTG of the Sura Complex. Detrital zircons of 2.68 Ga predominate. A similar age of 2.62 Ga was defined for the intrusions of Na-K granites in the East-Hannivka band. In the Voronizh crystalline massif, the within-plate (anorogenic) metarhyolites of the Lebedin Series (2.62 Ga) underlie the Kursk Series, whereas granitoids of the Ataman complex (2.6–2.4 Ga) of the similar origin constitute numerous bodies in the framing of the Early Proterozoic folded structures. The new geochronological data suggest that felsic igneous rocks, close in age to the Neoproterozoic granitoids of the Ataman Complex and to felsic metavolcanics of the Lebedin Series of the Voronezh Crystalline Massif, that are likely linked to the early stage of Neoproterozoic rifting, were present in the Pravoberezhnyi region of the Kryvyi Rih-Kremenchug structure.

Keywords: Pravoberezhnyi region, Inhul-Inhulets Series, quartzite, clastogenic zircon, U-Pb isotope age.