

U-Pb СИСТЕМА ЦИРКОНУ КАТАКЛАЗОВАНИХ ПЛАГІОГРАНІТОЇДІВ (НОВО-ПАВЛІВСЬКА ЗЕЛЕНОКАМ'ЯНА СТРУКТУРА СЕРЕДНЬОПРИДНІПРОВСЬКОГО МЕГАБЛОКУ)

Г.В. Артеменко¹

E-mail: regulgeo@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-4528-6853>

Л.М. Степанюк¹

E-mail: stepaniuk@nas.gov.ua; <https://orcid.org/0000-0001-5591-5169>

Л.С. Довбиш¹

E-mail: dovbyshls@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0003-4529-448X>

О.В. Зюльцле¹

E-mail: olegzjults@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6204-2009>

А.В. Мартинюк²

E-mail: pravobereg@gmail.com

В.О. Вільковський¹

E-mail: V.vilkovskiy@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-7117-8980>

¹ Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03142, м. Київ, Україна, просп. Акад. Палладіна, 34

² КП «Південукргеологія»
49000, м. Дніпро, вул. Чернишевського, 11

За результатами U-Pb геохронологічних досліджень встановлено, що амфіболіти Ново-Павлівської зеленокам'яної структури Середньопридніпровського мегаблоку мають архейський вік. Вони прориваються катаклазованими низьколужними гранітами віком 2784 ± 45 млн рр. Циркон із них зазнав суттєвого метаморфічного перетворення. Він характеризується сильно заокругленими контурами, часто з шагреневою поверхнею. У внутрішніх частинах кристалів зберігся незмінений зональний циркон, а зовнішні оболонки складені незональним цирконом (на коричневий циркон нарастають оболонки рожевого). Ізохрона, побудована за уран-свинцевими відношеннями цього циркону, має два перетини з конкордією. Верхній перетин відповідає ізотопному віку 2784 ± 45 млн рр., а нижній — 384 ± 273 млн рр. (СКЗВ = 32). Одержані дані вказують на порушеність U-Pb системи циркону, яка виникла в результаті динамометаморфізму низьколужних гранітів. Одержане датування за верхнім перетином ізохрони є, вірогідно, заниженим і не відповідає часу утворення низьколужних гранітів. Тектонічні процеси, з яким пов'язаний цей динамометаморфізм, відбувались, вірогідно, у палеопротерозої під час загальної колізії архейських блоків на Українському щиті 2,10–2,00 млрд рр. тому. Високий ступінь зміненості циркону вказує на суттєвий вплив флюїдів під час динамометаморфізму. У результаті цього з ультрабазит-базитових комплексів сурської світи, які зазнали динамометаморфізму, могли мобілізуватись і переноситись рудні елементи, зокрема золото.

Ключові слова: динамометаморфізм, низьколужні граніти, сурський комплекс, циркон, Ново-Павлівська зеленокам'яна структура, Середньопридніпровський мегаблок.

Вступ. У процесі ГДП-200 були виконані пошукові роботи на золото в межах ділянки Ново-Павлівської зеленокам'яної структури (ЗКС) Середньопридніпровського мегаблоку, яка є північним продовженням Новоросій-

ського прояву золота, виявленого Причорноморською ГРЕ біля південної рамки листа L-36-IV [2] (рис. 1). За результатами буріння шести пошукових свердловин на цій ділянці виявлено дві вузькі (завширшки до 1–1,5 км)

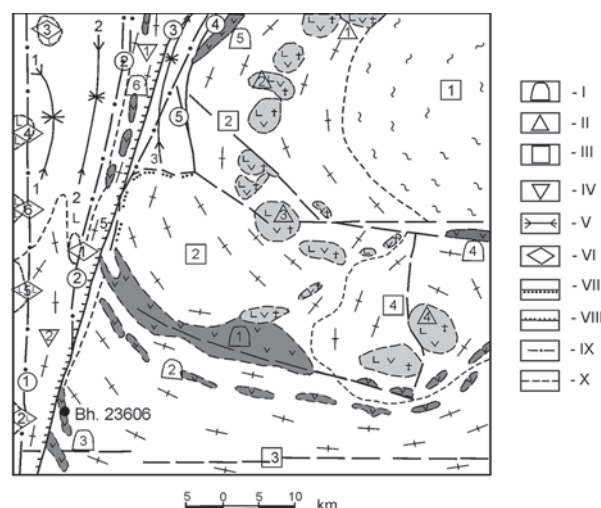


Рис. 1. Тектонічна схема південно-західної частини Середньопридніпровського мегаблоку (Захаров, 1998, зі змінами) [2]: I — зеленокам'яні структури рифтогенного типу: 1 — Високопільська, 2 — Миколаївська, 3 — Ново-Павлівська, 4 — Чортомлицька, 5 — Криворізька, 6 — Карачунівська; II — інтрузії ультрабазит-базит-діорит-плагіогранітоїдного складу: 1 — Авдотівська, 2 — Довгинцівська, 3 — Олександрівська, 4 — Токівська; III — діапірові куполовидні структури: 1 — Базавлуцька, 2 — Саксаганська, 3 — Архангельська, 4 — Токівська; IV — блоково-купольні структури: 1 — Ігулецька, 2 — Сергіївська; V — нижньопротерозойські грабен-синклінальні структури: 1 — Михайлівська, 2 — Родіонівська, 3 — Криворізька; VI — нижньопротерозойські магматогенні тектонічні структури: 1 — Карпівська, 2 — Калузька, 3 — Кудашівська, 4 — Ново-Володимірівська, 5 — Вербівська, 6 — Графська; VII — межа архей — палеопротерозой; VIII — Тарапаківська частина Криворізько-Кременчуцького глибинного розлому; IX — регіональні розломи: 1 — Західно-Ігулецький, 2 — Ігулецький, 3 — Західний, 4 — Саксаганський, 5 — Східний; X — інші розломи

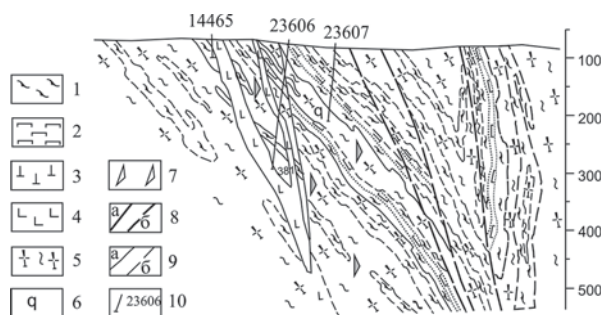


Рис. 2. Схематичний геологічний розріз через Ново-Павлівську зеленокам'яну структуру (Захаров, 1998, зі змінами) [2]: 1 — амфіболіти; 2 — тремоліти; 3 — горнблендіти; 4 — габро-діабази; 5 — плагіогранітоїди амфібол-біотитові; 6 — окварцювання порід; 7 — прояви катаклазу порід; 8 — розривні порушення: а — достовірні, б — передбачувані; 9 — геологічні межі: а — достовірні, б — передбачувані; 10 — свердловини та їх номери

синклінальні складки, складені переважно амфіболітами, залізистими кварцитами, тремолітитами та горнблендитами (рис. 2). Глибина замикання кілевидних синкліналей Ново-Павлівської структури, ймовірно, не перевищує 500—700 м, на відміну від глибших (до 2—3 км), розвинених на південь, у межах Новоросійського прояву золота [2].

Амфіболіти та інші породи, які складають Ново-Павлівську зеленокам'яну структуру, прорвані плагіогранітоїдами сурського комплексу, які часто формують амфіболові мігматити. Пізніше, вірогідно у палеопротерозой, вони зазнали дислокаційного метаморфізму. За пошаровими проявами тріщинуватості та розсланцювання серед амфіболітів і залізистих кварцитів спостерігаються дрібні (перші міліметри) кварцові прожилки з піритовою мінералізацією. У геохронологічному відношенні цей район вивчено ще дуже слабо.

Основною проблемою, що вирішена у цьому дослідженні, є визначення вікових взаємовідношень метаморфічних порід «хвостоподібних» структур — Ново-Павлівської, а також аналогічних їй за будовою — Високопільської, Жовторіченської і Східно-Ганнівської, які простягаються до «внутрішніх» зеленокам'яних структур Середньопридніпровського мегаблоку з Криворізько-Кременчуцькою. До цього часу метаморфічні породи цих структур розділяються умовною межею.

Мета досліджень. Визначити вік метаморфічних порід Ново-Павлівської зеленокам'яної структури. Дослідити U-Pb ізотопну систему січних до метаморфічних порід катаклазованих низьколуужних гранітів.

Методика досліджень. Циркон був виділений із проби масою 10 кг за стандартною методикою в лабораторії збагачення Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка (ІГМР) НАН України. Внутрішню будову циркону вивчено у штучних шліфах під мікроскопом *ECLIPSE LV100 POL*. Циркон датували уран-свинцевим ізотопним методом (*TIMS*) у відділі радіогеохронології ІГМР НАН України. Для визначення вмісту урану та свинцю використали змішаний $^{235}\text{U} + ^{208}\text{Pb}$ трасер. Ізотопні аналізи свинцю та урану виконані на восьми-колекторному маспектрометрі MI-1201AT

у мультиколекторному статичному режимі. Математична обробка експериментальних даних здійснена за допомогою програм PbDat та *ISOPLOT* [4, 5].

Результати досліджень. Для геохронологічних досліджень була відібрана проба низьколуужних гранітів сурського комплексу, які є січними до амфіболітів Ново-Павлівської зеленокам'яної структури (св. 23606, інт. 181—183 м, проба 93-200), оскільки в розрізі цієї структури відсутні вулканічні породи з цирконом.

Петрографічна та петрохімічна характеристика досліджуваної породи (пр. 93-200). За петрографічними даними це плагіограніт лейкократовий. Структура катакластична (рис. 3, а, б). Мінеральний склад: плагіоклаз 70 — 80 %; кварц 20 — 30 %, біотит до 1 %; рудний пил у поодиноких зернах. Кристали кварцу подрібнені на уламки та характеризуються хвилястим згасанням. У кристалах плагіоклазу двійникова будова зберіглась лише фрагментарно. В поодиноких криста-

Таблиця 1. Силікатні хімічні аналізи гранітоїдів ділянки Ново-Павлівської ЗКС

Оксид, %	1 /93-200	2 /93-201
SiO ₂	73,65	68,92
TiO ₂	0,17	0,57
Al ₂ O ₃	14,22	15,09
Fe ₂ O ₃	0,11	1,71
FeO	1,29	1,94
MnO	сл.	0,06
MgO	1,73	2,06
CaO	2,74	3,05
Na ₂ O	3,60	3,94
K ₂ O	1,42	1,42
S _{заг}	сл.	сл.
P ₂ O ₅	0,08	0,18
CO ₂	Не визн.	Не визн.
H ₂ O ⁻	0,19	0,21
В. п. п.	0,38	0,51
Сума	99,58	99,66
An, %	30	29,5

Примітка: 1 — низьколуужний граніт, св. 23606, інт. 181 — 183 м (проба 93-200); 2 — низьколуужний граніт, св. 23606, інт. 240-241,3 м (проба 93-201). Лабораторія ІГМР НАН України, аналітик Ренкас А.В.

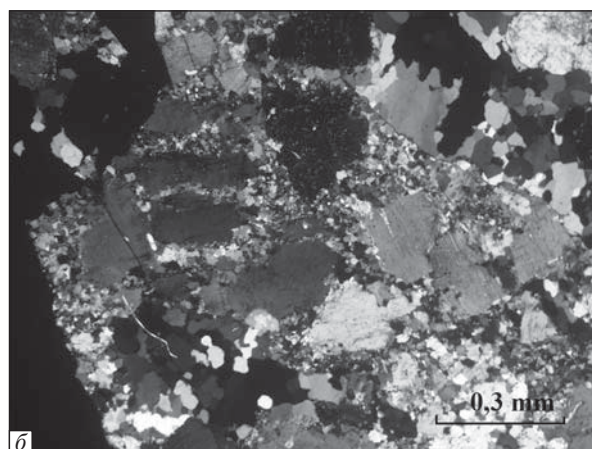
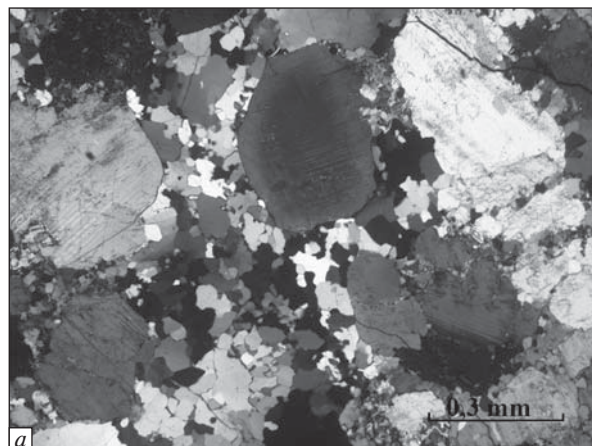


Рис. 3. Катаклазовані низьколуужні граніти, св. 23606: а — гл. 182 м; б — 240,5 м. Ніколі схрещені

лах плагіоклазу спостережено освітлені оболонки розкисленого плагіоклазу.

За хімічним складом (SiO₂ 68,92 — 73,65 %; Na₂O + K₂O 5,02—5,36 %; Na₂O/K₂O 2,5—2,8) досліджувані породи відповідають низьколуужним гранітам нормального ряду калієво-натрієвої серії (табл. 1) [3].

Мінералогічна характеристика циркону. Кристали циркону з катаклазованих низьколуужних гранітів (пр. 93-200) світло-коричневі, коричневі до темно-коричневих (близько 60 %), менш поширеними (біля 40 %) є рожеві та рожево-бурі, напівпрозорі та непрозорі. Грані кристалів невиразні і, ймовірно, кристали зазнали обростання та/чи розчинення. Поверхня кристалів нерівна. Внутрішня будова кристалів циркону є складною: у них є реліктові ядра, переважно забарвлені в коричневий колір, і тонкі оболонки зазвичай рожевого кольору.

У перерізі циркону в штучних шліфах спостерігається облямівка незонального цирко-

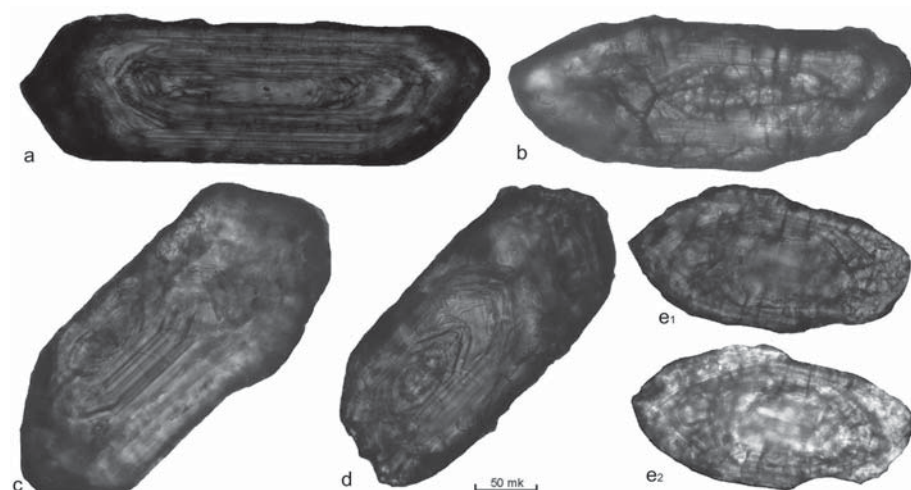


Рис. 4. Зображення під мікроскопом кристалів циркону з катаклазованих низьколуужних гранітів (проба 93-200). Мікроскоп *ECLIPSE LV100 POL*: *a, b, c, d, e₁* — за одного ніколя; *e₂* — ніколі схрещені

ну, а у внутрішній зберігся зональний циркон (рис. 4 *a, b, c, d, e₁, e₂*).

Результати U-Pb ізоотопних досліджень циркону. Уран-свинцеві дослідження циркону виконано за різнорозмірними фракціями (табл. 2). У фракціях 1a, 1b та 2 — світло-коричневі та коричневі кристали циркону з сильно заокругленими контурами, часто з шагреневою поверхнею і дрібнішими кристалами. Фракції циркону 3a—b — це розмірні фракції світло-коричневих, рожево-бурих і рожевих кристалів циркону. У 3a переважають коричневі, а в 3b — рожеві кристали. Оболонки рожевого циркону нарастають на коричневий циркон.

За всіма фракціями циркону отримані сильно дискордантні значення ізоотопного віку (табл. 2). За уран-свинцевим відношенням розрахована ізохрона з двома перети-

нами з конкордією. Верхній перетин відповідає віку — 2784 ± 45 млн рр. (рис. 5a, b), а нижній — 384 ± 273 млн рр. Одержані дані вказують на порушеність U-Pb системи циркону, насамперед оболонку, у результаті дислокаційного метаморфізму низьколуужних гранітів сурського комплексу, який супроводжувався, вірогідно, привнесенням урану.

Обговорення результатів і висновки. За результатами геохронологічних досліджень встановлено, що амфіболіти Ново-Павлівської зеленокам'яної структури Середньопридніпровського мегаблоку мають архейський вік і прорвані катаклазованими низьколуужними гранітами віком 2784 ± 45 млн рр. Циркон із них зазнав суттєвого метаморфічного перетворення. Він характеризується сильно заокругленими

Таблиця 2. Результати U-Pb ізоотопного дослідження циркону з катаклазованих низьколуужних гранітів сурського комплексу (пр. 93-200)

Zircon fraction	Concentration, ppm		Isotope ratio					Isotopic age, Ma			Disc., %
	U	Pb	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{208}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}_r}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}_r}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}_r}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}_r}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	
1a	1895,4	911,50	8040	5,2529	9,3756	0,43009	11,212	2306	2541	2734,0	15,7
1b	1701,9	813,63	10200	5,2029	11,604	0,43405	11,444	2324	2560	2752,6	15,6
2	1785,4	869,50	3200	5,1608	10,662	0,43762	11,476	2340	2563	2743,9	14,7
3a	2091,0	895,01	4200	5,2726	8,5741	0,37943	9,7816	2074	2414	2715,7	23,6
3b	1659,6	712,40	4130	5,2296	9,5166	0,38347	9,9660	2092	2432	2729,0	23,3
3c	1407,5	623,78	3710	5,1991	8,9008	0,39319	10,262	2138	2459	2736,0	21,9

Примітка. Поправка на звичайний свинець введена за Стейсі та Крамерсом [5] на вік 2750 млн рр. Вік: 2784 ± 45 млн рр. і 384 ± 273 млн рр. (СКЗВ = 32).

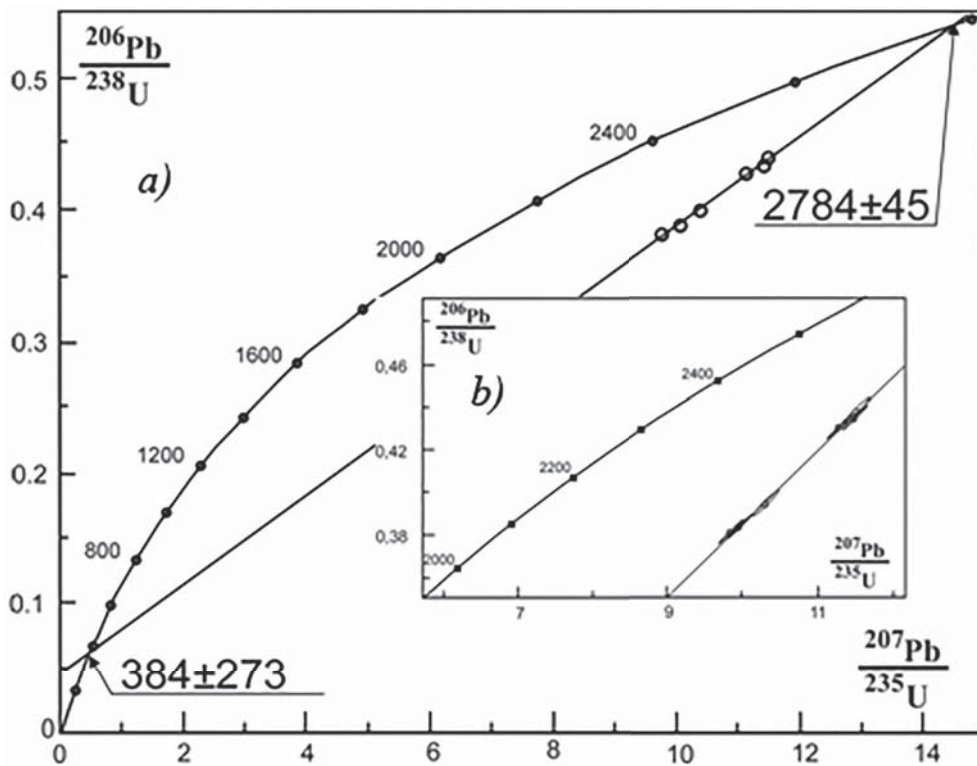


Рис. 5. Результати U-Pb датування циркону з катаклазованих низькоколужних гранітів сурського комплексу: *a* — U-Pb діаграма з конкордією для циркону з катаклазованих низькоколужних гранітів сурського комплексу (проба 93-200); *b* — збільшена частина діаграми з аналітичними точками

контурами, часто з шагреневою поверхнею. У внутрішніх частинах кристалів зберігся незмінений зональний циркон, а зовнішні оболонки складені незональним цирконом (на коричневий циркон наростають оболонки рожевого). Ізохрона, побудована за уран-свинцевими відношеннями цього циркону, має два перетини з конкордією. Верхній перетин відповідає ізотопному віку 2784 ± 45 млн рр., а нижній — 384 ± 273 млн рр. (СКЗВ = 32). Одержані дані вказують на порушеність U-Pb системи циркону, яка виникла в результаті динамометаморфізму низькоколужних гранітів. Результати датування за верхнім перетином ізохрони є, вірогідно, заниженими: дата не відповідає часу утво-

рення низькоколужних гранітів. За умови прямої дискордантності, коли U-Pb аналітичні точки зміщені нижче перетину з конкордією, датування, визначене за верхнім перетином, є мінімальним. Тектонічні процеси, з яким пов'язаний цей динамометаморфізм, відбувались, вірогідно, у палеопротерозої під час загальної колізії архейських блоків на Українському щиті 2,10 — 2,00 млрд рр. тому [1]. Високий ступінь змінності циркону вказує на суттєвий вплив флюїдів під час динамометаморфізму. У результаті цього з ультрабазит-базитових комплексів сурської світи, які зазнали динамометаморфізму, могли мобілізуватись і переноситись рудні елементи, зокрема золото.

Література

1. Артеменко Г.В., Самборская И.А., Швайка И.А., Гоголев К.И., Довбуш Т.И. Этапы раннепротерозойского коллизийного гранитоидного магматизма и метаморфизма на Приазовском и Среднеприднепровском мегаблоках Украинского щита. *Мінерал. журн.* **40**, № 2. С. 45–62. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.045>
2. Захаров В.В. Геологическое строение, полезные ископаемые и геоэкологическая обстановка Криворожского железорудного района. Отчет о результатах геологического доизучения площадей масштаба 1 : 200000 (ГДП – 200) листов М-36-XXXIV, L-36-IV, произведенного в 1991–1998 гг. (в 3 кн.). Кривой Рог, 1998.
3. Магматические горные породы: Классификация, номенклатура, петрография. Под ред. О.А. Богатикова, В.И. Гоньшаковой. Москва: Наука, 1983. Т. 1. Часть 1. 365 с.
4. Ludwig K.R. ISOPLOT for MS-DOS. A Plotting and Regression Program for Radiogenic-Isotope data, Berkeley Geochronology Center: revision of U.S. *Geol. Survey Open-File Rept.* 1991. № 88-557.
5. Ludwig K.R. PbDAT Computer Program for Processing Pb-U-Th Isotope Data. Version 1.24, Berkeley Geochronology Center: revision of U.S. *Geol. Survey Open-File Rept.* 1993. № 88-542.
6. Stacey J.S., Kramers I.D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1975. **26**. P. 207–211.

Надійшла 18.06.2023

References

1. Artemenko, G.V., Samborska, I.A., Shvaika, I.A., Gogolev, K.I. and Dovbush, T.I. (2018). Stages of Early Proterozoic collisional granitoids magmatism and metamorphism in the Azov and Middle-Dnieper megablocks of the Ukrainian shield. *Mineral. Journ. (Ukraine)*, **40**, No. 2, P. 45-62. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.045> [in Russian].
2. Zakharov, V.V. (1998). Geological, structure, minerals and geocological situation of the Krivyi Rig iron ore region. 1 : 200000 (Geological study of areas- 200) sheets M-36-XXXIV, L-36-IV, produced in 1991-1998. (in 3 books). Krivyi Rig [in Russian].
3. Bogatikova, O.A., Gonshakova, V.I. (Eds). (1983). Igneous rocks: Classification, nomenclature, petrography. Nauka, Moscow. Part 1. 365 p. [in Russian].
4. Ludwig, K.R. (1991). ISOPLOT for MS-DOS. A Plotting and Regression Program for Radiogenic-Isotope data, Berkeley Geochronology Center: revision of U.S. *Geol. Survey Open-File Rept.* No. 88-557.
5. Ludwig, K.R. (1993). PbDAT Computer Program for Processing Pb-U-Th Isotope Data. Version 1.24, Berkeley Geochronology Center: revision of U.S. *Geol. Survey Open-File Rept.* No. 88-542.
6. Stacey, J.S., Kramers, I.D. (1975). Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model. *Earth Planet. Sci. Lett.* **26**. P. 207-211.

Received 18.06.2023.

G.V. Artemenko¹, <https://orcid.org/0000-0002-4528-6853>

L.M. Stepanyuk¹, <https://orcid.org/0000-0001-5591-5169>

L.S. Dovbysh¹, <https://orcid.org/0000-0003-4529-448X>

O.V. Sülzle¹, E-mail: olegzjults@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6204-2009>

A.V. Martynyuk², E-mail: pravobereg@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3542-4685>

V.O. Vilkovskiy¹, E-mail: V.vilkovskiy@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0007-7117-8980>

¹ M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine 03142, ave. Acad. Palladina 34, Kyiv, Ukraine

² State enterprise “Pivdenukrgeologiya” 49000, Chernyshevsky Str., 11, Dnipro, Ukraine

U-Pb SYSTEM ZIRCON FROM CATACLAZED PLAGIOGRANITOIDS (NOVO-PAVLIVKA GREENSTONE STRUCTURE OF THE MIDDLE-DNIEPER MEGABLOCK)

According to the results of U-Pb geochronological studies, it was established that the amphibolites of the Novo-Pavlivka greenstone structure of the Middle Dnieper megablock formed in Archean. They are broken through by cataclased low-alkaline granites aged 2784 ± 45 Ma. Zircon from them has undergone significant metamorphic transformation. In the internal structure of the zircon, it is observed that the peripheral parts are illuminated, non-zonal, and in the central parts - unchanged zonal zircon is preserved. The isotopic age values for different uranium-lead ratios are characterized by a significant direct discordance, which indicates a disturbance of U-Pb zircon system. The isochron constructed from the uranium-lead ratios of this zircon has two intersections with concordia. The upper section corresponds to the isotopic age — 2784 ± 45 Ma, and the lower one — 384 ± 273 Ma. The obtained data indicate a violation of the U-Pb system of zircon, which arose as a result of dynamometamorphism. Zircon dating is probably underestimated and does not correspond to the age of formation of the investigated plagiogranites. The tectonic processes associated with this dynamometamorphism probably took place in the Paleoproterozoic during the general collision of Archean blocks on the Ukrainian Shield. The high degree of alteration of zircon indicates a significant influence of fluids during dynamometamorphism. As a result, ore elements, including gold, could be mobilized and transported from the ultrabasic-basic complexes of the Sura suite, which underwent dynamometamorphism.

Keywords: dynamometamorphism, low-alkaline granites, Sura complex, zircon, Novo-Pavlivka greenstone structure, Middle-Dnieper megablock.