

УДК 550.93

**ПАЛЕОАРХЕЙСЬКИЙ ВІК АКЦЕСОРНОГО ЦИРКОНУ  
З ТОНАЛІТОВИХ ГНЕЙСІВ ВЕРХНЬОТКМАЦЬКОЇ ТОВЩІ  
ПРИАЗОВСЬКОГО МЕГАБЛОКА**

**І. Швайка**

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка НАН України  
03680 м. Київ-142, просп. акад. Палладіна, 34  
E-mail: igmr@igmof.gov.ua*

У верхів'ях р. Токмак уперше виявлено останці тоналітових гнейсів з віком за цирконом  $3\ 560 \pm 50$  млн років. Близькі за складом гнейси описано в стратотиповому розрізі верхньоткмацької товщі західноприазовської серії, які складають сірогнейсовий фундамент Приазовського мегаблока. Посткінематичні пегматоїдні граніти, які проривають тоналітові гнейси, мають вік 2 036 млн років.

*Ключові слова:* циркон, монацит, тоналітові гнейси, сірогнейсовий фундамент, палеоархей, ізотопний вік, Приазовський мегаблок.

Вивчали виходи метаморфічних порід західної частини Білоцерківської структури (Приазовський мегаблок Українського щита), яку деякі дослідники трактують як синкліналь (розмір – до  $20 \times 45$  км) [1]. Вона розташована між Куйбишевською і Обіточенською гранітно-купольними структурами [2]. На сході вона обмежена Гурівською антикліналлю, що відокремлює її від Центральноприазовської синклінали. Вісь Білоцерківської структури має субширотне простягання. Вона складена біотитовими й амфіболовими плагіогнейсами, гранітоїдами, породами залізисто-кременисто-метабазитової формації, а також глиноземистими і графітовмісними гнейсами й кальцифірами. Падіння порід Білоцерківської структури по лінії контакту на заході, півночі і півдні дуже круте – від  $70$ – $80$  до  $90^\circ$ . Уздовж лінії контакту Білоцерківської структури виділяють зону, складену смугастими тілами сильно деформованих метаморфічних порід і субзгідних з ними гранітоїдів. Геологічна будова цієї зони, генезис і вік її порід вивчені недостатньо.

Виходи тоналітових гнейсів серед палеопротерозойських мігматитів простежуються протягом близько 3 км уздовж правого берега р. Токмак – від перетину її автошляхом у с. Обіточне до озера “рибгосподарства”. Порівняно великі, слабо перероблені останці тоналітових гнейсів виділені в центрі с. Верхній Токмак і в зливі греблі біля озера “рибгосподарства” (рис. 1). У проміжках між ними також трапляються дрібніші останці сильно деформованих і гранітизованих тоналітових гнейсів. Згідно з даними польових спостережень, у тоналітових гнейсах спостерігають два орієнтування складчастих структур: рання мала напрям північно-західний ( $280$ – $340^\circ$ ), а пізніша – широтний і північно-східний ( $60$ – $82^\circ$ ). Переорієнтування раннього структурного плану з північно-західного простягання на субширотний і північно-східний простежується поблизу зон тектонічних розломів. Вивчені останці тоналітових гнейсів на р. Токмак мають дислокаційні перетворення від низького до середнього ступенів [3].

Найменш деформоване тіло тоналітових гнейсів виявлене у відслоненні в центрі с. Верхній Токмак (N 47°12,041'; E 36°22,034'). У цьому відслоненні серед пегматоїдних гранітів простежено останець тоналітових гнейсів розміром до 25 × 30 м, який складає вторинну монокліналь (див. рис. 1). Елементи залягання гнейсуватості тоналітових гнейсів такі: азимут падіння – південний схід 172°, кут падіння – 75°. З них відібрано пробу для геохронологічних досліджень № 10–318.

У тоналітових гнейсах виділяють будиноподібні тіла гранодіоритів розміром до 20 × 30 см, які утворилися внаслідок будинажу жильних тіл гранодіоритів; тіла гранітів, що залягають згідно з тоналітовими гнейсами, потужністю до 5 см (синкінематичні) і жильні тіла пегматоїдних гранітів, які проривають їх (посткінематичні) (рис. 1, 2).

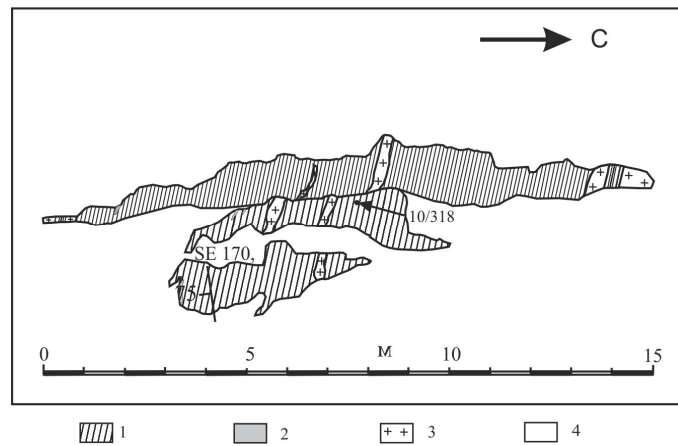


Рис. 1. Схематична карта відслонення:  
1 – тоналітовий гнейс; 2 – гранодіорит; 3 – пегматоїдний мікрокліновий граніт;  
4 – невідслонена місцевість.



Рис. 2. Вікові співвідношення тоналітових гнейсів з палеопротерозойськими гранітами.

Тоналітові гнейси (проба 10/318) – дрібнозерниста порода гнейсоподібної текстури. Мінеральний склад, %: плагіоклаз – 55, кварц – 15, біотит – 13, амфібол – 7, клінопіроксен – до 5, апатит – 1–2, рудний мінерал і циркон – одиничні зерна. Простежуються антипертитові вростки у плагіоклазі. Піроксен заміщений амфіболом і біотитом.

За хімічним складом тоналітові гнейси відповідають кварцовим діоритам нормально-го ряду натрієвої і калієво-натрієвої серій:  $\text{SiO}_2 = 61,95\text{--}64,92\%$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 14,88\text{--}16,01\%$ ;  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 5,30\text{--}7,31\%$ ;  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 2,48\text{--}4,30$  (табл. 1) [4]. Це середньокалієві породи з високою залізистістю, високоглиноземисті ( $\text{al}' = 1,95\text{--}2,04$ ). За петрохімічними характеристиками тоналітові гнейси близькі з породами ТТГ асоціації [5].

Таблиця 1

Хімічний склад гранітоїдів у верхів'ях р. Токмак, мас. %

Оксиди	1	2	3	4	5	6	7
$\text{SiO}_2$	62,93	63,51	61,95	62,27	66,82	75,51	71,97
$\text{TiO}_2$	0,57	0,47	0,74	0,94	0,47	0,21	0,11
$\text{Al}_2\text{O}_3$	16,01	15,76	14,98	15,77	16,53	12,87	14,81
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1,16	1,16	0,34	1,86	<0,10	<0,10	0,25
FeO	4,81	4,67	5,03	4,17	3,45	2,66	1,94
MnO	0,08	0,08	0,24	0,05	<0,02	<0,02	0,03
MgO	1,89	1,97	2,30	2,04	1,18	0,31	0,47
CaO	5,70	5,06	5,52	5,17	3,99	3,57	1,27
$\text{Na}_2\text{O}$	4,30	4,62	5,21	4,90	4,32	3,65	4,20
$\text{K}_2\text{O}$	1,00	1,24	2,10	1,24	2,00	0,88	3,90
$\text{S}_{\text{зг}}$	< 0,02		< 0,02		< 0,02	< 0,02	< 0,02
$\text{P}_2\text{O}_5$	0,11	0,23	0,08	0,33	0,15	0,02	0,02
$\text{H}_2\text{O}^-$	0,39	0,48	0,29	0,24	0,29	0,22	0,26
В.п.п.	0,69	0,66	0,74	0,74	0,48	0,33	0,44
Сума	99,66	99,94	99,52	99,72	99,82	100,23	99,67
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	5,30	5,86	7,31	6,14	6,32	4,53	8,10
$\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$	4,30	3,73	2,48	3,95	2,16	4,15	1,08
$\text{Al}'$	2,04	2,02	1,95	1,95	3,50	4,19	5,57
#mg	0,24	0,26	0,30	0,26	0,25	0,10	0,18

Примітки: 1–4 – тоналітові гнейси, с. Верхній Токмак, правий берег р. Токмак: 1 – 800 м вище за течією від автошляху, який веде до центру села (проба 10/318); 2 – північна частина села, злив греблі озера “рибгосподарства” (проба 10/314); 3 – 400 м вище за течією від шляху з центру села до школи, навпроти бійні (проба 10/413); 4 – 150 м вище за течією від дороги до центру села (проба 10/424); 5 – гранодіорит, будиноподібні тіла серед тоналітових гнейсів (проба 10/317); 6 – жильні граніти, які залягають субзгідно з тоналітовими гнейсами (синкінематичні) (проба 10/416); 7 – жильні пегматоїдні граніти, які проривають тоналітові гнейси, 800 м вище за течією від автошляху, який веде до центру села (посткінематичні) (проба 10/414). Хімічні аналізи виконано в ІГМР імені М. П. Семененка НАН України.

Циркон у тоналітових гнейсах виявлений у протолочних пробах і шліфах. У породі він трапляється на контакті зерен плагіоклазу і кварцу. Забарвлення циркону ясно-коричневе. Огранування кристалів “гіацинтового” типу. Поверхня граней рівна, гладка. Внутрішня будова кристалів тонкозональна (рис. 3). У частини кристалів зафіксовано обростання пізнім коричневим цирконом. За мінералогічними характеристиками цей циркон подібний до циркону з діоритів.

Для ізотопних досліджень під бінокляром відібрано кристали ясно-коричневого циркону без видимих обростань. Хімічна підготовка проб для ізотопних досліджень

виконана за модифікованою методикою Т. Кроу [6]. Вимірювання ізотопного складу свинцю та урану виконані в лабораторії ІГМР ім. М. П. Семененка НАН України на восьмиколекторному мас-спектрометрі МІ 1201 АТ. Для розрахунку ізохрон використано програми PbDat та Isoplot [7, 8].

Отримані значення ізотопного віку з різних фракцій циркону мають пряму дискордантність (табл. 2).

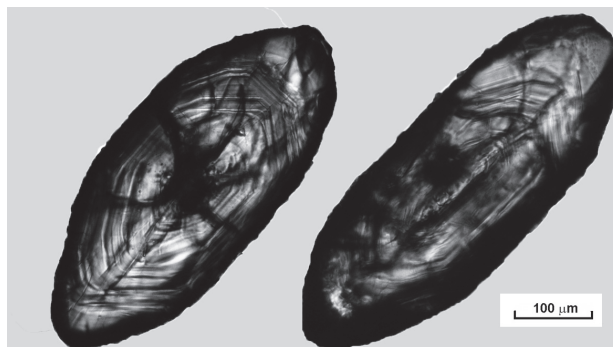


Рис. 3. Внутрішня будова циркону з тоналітових гнейсів.

Таблиця 2

Результати U-Pb геохронологічних досліджень циркону з тоналітового гнейсу (проба 10/318) та пегматоїдного граніту (проба 10/414)

Параметри		Проба 10/318, фракції циркону, мм				Проба 10/414 (нерозсіяна)
		0,10–0,20	0,07–0,10	0,04–0,07	< 0,04	
Вміст, ppm	U	264,1	260,7	306,8	215,4	209,6
	Pb	190,1	186,9	207,7	133,3	6 270
Ізотопні співвідношення	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	37 740	50 000	37 170	28 570	1 128,8
	$^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$	3,7631	3,7672	3,9621	4,2644	7,3051
	$^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$	8,5135	8,9111	8,5558	12,061	0,01132
	$^{206}\text{Pb}_f/^{238}\text{U}$	0,60453	0,60436	0,57437	0,54589	0,38029
	$^{207}\text{Pb}_f/^{235}\text{U}$	22,1488	22,1242	19,9849	17,6386	6,57943
Вік, млн років	за $^{206}\text{Pb}_f/^{238}\text{U}$	3 048	3 047	2 926	2 808	2 078
	за $^{207}\text{Pb}_f/^{235}\text{U}$	3 190	3 189	3 091	2 970	2 056
	за $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	3 281	3 279,7	3 199,6	3 082	2 036

Примітка. Pb<sub>f</sub> – радіогенний свинець.

На U-Pb ізохронній діаграмі з конкордією отримано два перетини. Верхній перетин ізохрони з конкордією відповідає віку магматизму –  $3\,560 \pm 69$  млн років, СКВО = 0,53, а нижній –  $2\,287 \pm 112$  млн років – часу метаморфізму (рис. 4).

Результати Sm-Nd ізотопних досліджень тоналітових гнейсів (проба 10/314) такі: вміст Sm – 5,15 ppm, вміст Nd – 28,71;  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0,1106$ ,  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0,510745$ ;  $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$  становить  $-36,9$ ,  $\epsilon_{\text{Nd}}(T) = (+2,65)$ ;  $T_{\text{DM}} = 3\,465$  млн років. Відповідно до отриманих даних, тоналіти виплавилися з деплетованого мантійного субстрату.

Жильні тіла пегматоїдних гранітів, які проривають тоналітові гнейси і субзгідні тіла синкінематичних гранітів, сформувалися після етапу інтенсивних деформацій і складчастості (див. рис. 1, 2).

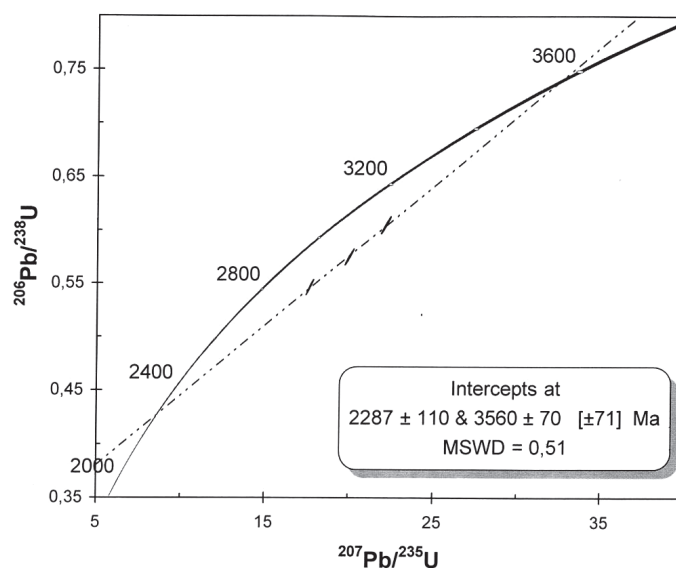


Рис. 4. Уран-свинцева ізохрона з конкордією для циркону з тоналітових гнейсів верхньотокмацької товщі.

Пегматоїдні граніти (проба 10/414) – це дрібнозернисті слабо розсланцьовані лейкократові породи. Мінеральний склад, %: плагіоклаз – 72, кварц – 20, біотит – до 5–7, апатит – до 1. За хімічним складом вони належать до сублужних гранітів калієво-натрієвої серії ( $\text{SiO}_2 = 71,97\%$ ;  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 8,10\%$ ;  $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 1,08$ ) (див. табл. 1) [4]. Залізистість порід дуже висока, також вони дуже високоглиноземисті ( $a^1 = 3,50$ ).

Ізотопний вік пегматоїдних гранітів визначали за акцесорним монацитом. Мінерал представлений великими безформними зернами буро-жовтого кольору, напівпрозорий. Наявні зростки з біотитом. Уран-свинцевий ізотопний вік монациту за співвідношенням  $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 2,036$  млн років (див. табл. 2). Це датування відповідає часу завершення складчастості.

Отже, отримані дані дають підстави зачислити досліджені тоналітові гнейси до верхньотокмацької товщі західноприазовської серії. Завершення складчастості припадає на палепротерозой – 2,07–2,03 млрд років тому.

1. Комплексная геологическая съемка масштаба 1:50 000 на площади планшетов L-37-14-B, Г, L-37-26-A, L-37-26 В, L-37-26-Г и L-37-27-B (Центрально-Приазовский район) / [Г. Г. Коньков и др.]. – 1965.
2. Глевасский Е. Б. Геологическая позиция и особенности структуры месторождений железистых кварцитов Западноприазовского железорудного района / Е. Б. Глевасский // Аспекти мінерагенії України : [Сб. науч. трудов НАН и МЧС України]. – Киев, 1998. – С. 125–143.
3. Лукієнко О. І. Дислокаційна тектоніка докембрію Українського щита / О. І. Лукієнко, Д. В. Кравченко, А. В. Сухорада. – К. : ВПЦ “Київський університет”, 2008. – 279 с.

4. Магматические горные породы. Классификация, номенклатура, петрография. – М. : Наука, 1983. – Т. 1, ч. 2. – С. 371–767.
5. Martin H. The Archean grey gneisses and the genesis of continental crust / H. Martin // Archean Crustal Evolution. – Amsterdam : Elsevier. – P. 205–254.
6. Krogh T. E. A low contamination method for hydrothermal decomposition of zircon and extraction of U and Pb for isotopic age determinations / T. E. Krogh // Geochim. Cosmochim. Acta. – 1973. – Vol. 37. – P. 485–494.
7. Ludwig K. R. PbDat for MS-DOS, version 1.06 / K. R. Ludwig // U.S. Geol. Open-File Rept. 88-542. – 1989. – 40 p.
8. Ludwig K. R. ISOPLOT for MS-DOS, version 2,0 / K. R. Ludwig // U.S. Geol. Surv. Open-File Rept. 88-557. – 1990. – 64 p.
9. De Paolo D. J. Neodimium isotopes in the Colorado front Range and crust-mantle evolution in the Proterozoic / D. J. De Paolo // Nature. – 1981. – Vol. 291. – P. 193–196.

**PALEOARCHEAN AGE OF ACCESSORY ZIRCON  
FROM VERKHNYOTOKMATSKA STRATA TONALITIC GNEISSES  
OF PERI-AZOVIAN MEGABLOCK**

**I. Shvaika**

*M. P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NASU  
Acad. Palladin Av. 34, UA – 03680 Kyiv-142, Ukraine  
E-mail: igmr@igmof.gov.ua*

The tonalite gneiss outliers which contain zircon with the age of  $3\ 560 \pm 50$  Ma have been first discovered in the Tokmak river head. Gneisses of the similar composition have been described in the stratotype section of Verkhnyotokmak thickness (West-Priazovan series); they form the grey gneiss crystalline basement of the Peri-Azovian megablock. Post-kinematic pegmatoid granites which intrude tonalite gneisses contain zircon whose age is  $2\ 036$  Ma.

*Key words:* zircon, monazite, tonalite gneisses, grey gneiss crystalline basement, Paleoproterozoic, isotopic age, Peri-Azovian megablock.

**ПАЛЕОАРХЕЙСКИЙ ВОЗРАСТ АКЦЕССОРНОГО ЦИРКОНА  
ИЗ ТОНАЛИТОВЫХ ГНЕЙСОВ ВЕРХНЕТОКМАКСКОЙ ТОЛЩИ  
ПРИАЗОВСКОГО МЕГАБЛОКА**

**І. Швайка**

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. Н. П. Семененко НАНУ  
03680 г. Київ-142, просп. акад. Палладина, 34  
E-mail: igmr@igmof.gov.ua*

В верховьях р. Токмак впервые выявлено останцы тоналитовых гнейсов возрастом по циркону  $3\ 560 \pm 50$  млн лет. Близкие по составу гнейсы, которые слагают серогнейсовый фундамент Приазовского мегаблока, описано в стратотипическом разрезе верхне-

токмакской толщи западноприазовской серии. Посткинематические пегматоидные граниты, прорывающие тоналитовые гнейсы, имеют возраст 2 036 млн лет.

*Ключевые слова:* циркон, монацит, тоналитовые гнейсы, серогнейсовый фундамент, палеоархей, изотопный возраст, Приазовский мегаблок.

Стаття надійшла до редколегії 26.04.2012

Прийнята до друку 29.05.2012