

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.01.066>
УДК 590.93

Л.М. Степанюк, д-р геол. наук, чл.-кор. НАН України, проф., заст. дир.
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03142, Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: stepaniuk@nas.gov.ua
<https://orcid.org/0000-0001-5591-5169>

О.Б. Висоцький, наук. співроб. Інститут геохімії,
мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03142, Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: alek.vysotsky@gmail.com
<http://orcid.org/0000-0002-3542-4685>

Т.І. Довбуш, наук. співроб. Інститут геохімії,
мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03142, Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: tetyana.dovbush1@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3512-3313>

О.В. Білан, зав. лаб. Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Навчально-науковий інститут "Інститут геології"
03022, Київ, Україна, вул. Васильківська, 90
E-mail: olenka.bilan@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-0964-6003>

Н.О. Коваленко, мол. наук. співроб. Інститут геохімії,
мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03142, Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: kovnat.igmr@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3203-7145>

ГЕОХРОНОЛОГІЯ ЗА ЦИРКОНОМ І ТИТАНІТОМ МАГМАТИЧНИХ ПОРІД ОСНИЦЬКОГО БЛОКУ (УКРАЇНСЬКИЙ ЩИТ)

Викладено результати уран-свинцевого датування титаніту та циркону з магматичних порід Осницького блоку Волинського мегаблоку Українського щита. За результатами уран-свинцевого ізотопного датування вік циркону з габро складає 1983 ± 7 млн рр., а вік сфенів — 1982 ± 11 млн рр. Для діоритів осницького комплексу отримано такі результати: вік циркону складає $1974,0 \pm 1,2$ млн рр., середнє зважене значення віку (тут і далі — за ізотопним співвідношенням $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) — 1984 ± 10 млн рр., титаніту — середнє зважене значення віку — 1985 ± 15 млн рр. Як і для габро і діориту, вік гранодіориту визначали також і за титанітом. Вік титаніту з гранодіориту складає $1972,4 \pm 3,9$ млн рр., середнє зважене значення віку — $1972,8 \pm 3,3$ млн рр., для циркону ми маємо середнє зважене значення віку — 1980 ± 11 млн рр. Таким чином, для титанітів і цирконів із плутонічних порід Осницького блоку в межах похибки отримано практично однакові значення віку, що найвірогідніше обумовлено коротким інтервалом часу їх формування 1,95—2,0 млрд рр. тому.

Ключові слова: Осницький блок, габро, циркон, сфен, ізотопний вік, Український щит.

Цитування: Степанюк Л.М., Висоцький О.Б., Довбуш Т.І., Білан О.В., Коваленко Н.О. Геохронологія за цирконом і титанітом магматичних порід Осницького блоку (Український щит). *Мінерал. журн.* 2020. 42, № 1. С. 66—75. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.01.066>

Вступ. Осницький блок знаходиться в північно-західній частині Волинського мегаблоку Українського щита і є елементом набагато більшої структури Східноєвропейської платформи — Осницько-Мікашевицького вулканоплутонічного поясу [1]. Характерною особливістю Осницького блоку є тісне просторове поєднання продуктів вулканізму, віднесених до клесівської серії, та інтрузивних утворень. Останні являють собою своєрідну асоціацію порід, яка охоплює просторово і генетично пов'язаний ряд плутонічних утворень від габро до лейкократових гранітів, віднесених до осницького комплексу [4].

Інтрузивні породи осницького комплексу виникли в декілька фаз [8]. Найбільш ранні інтрузії основного складу, в подальшому значно змінені кислою магмою, розповсюджені у вигляді масивів різної величини по всій території блоку. Услід за габроїдами сформувалися гранітоїди, причому вкорінення їх відбулось у два етапи. На першому залежно від фізико-хімічних і тектонічних умов, сформувалась гама кислих порід — від лептитоподібних до крупно-середньозернистих гранітів. На другому етапі — вкорінення крупнозернистих, типових осницьких гранітів із характерним бузковим кварцом. Розвиток осницького комплексу завершився утворенням граносієнітів і сієнітів, жильних тіл пегматоїдних і аплітоїдних гранітів. Окрім того, до осницького комплексу відносять також дайки слабо метаморфізованих долеритів [8].

За наявними уран-свинцевими ізотопними датами час формування порід осницького комплексу обмежений 2030—1950 млн рр. [6, 7, 10—12]. Давніший вік відповідає часу виливу вулканітів клесівської серії. Вік типових осницьких гранітів, визначений уран-свинцевим методом за цирконом, складає 1980—1950 млн рр. [9].

Об'єкти та методи дослідження. Вік визначали класичним уран-свинцевим ізотопним методом за акцесорними цирконами та титанітами у відділі радіогеохронології Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення (ІГМР) імені М.П. Семененка НАН України. Хімічну підготовку наважок мінералів-геохронометрів виконано за методикою [5]. Акцесорні циркони і титаніти виділено із протолочних проб габро (пр. ОС-2-В), розкритого в північній стінці нижнього уступу кар'єру в смт Рокитне Рівненської області, діориту (пр. ОС-6-В), та гранодіориту (пр. ОС-5-В), кар'єр РПЗ-5 (пів-

денна стінка, верхній уступ), розташований у 800 м на північний-схід від західної околиці с. Томашгород.

Для визначення вмісту урану та свинцю в титанітах використали змішаний ($U^{235} + Pb^{206}$) трасер, а в цирконах — $U^{235} + Pb^{208}$. Ізотопний аналіз урану та свинцю виконано на восьми-колекторному маспектрометрі MI-1201AT у статичному режимі; математична обробка експериментальних даних — за програмами *Pb Data* та *ISOPLOT* [13, 14]. Похибки визначення віку наведені за 2σ . Для перевірки метрологічних характеристик U-Pb ізотопного методу використано стандарт циркону ІГМР-1 [2].

Мета досліджень полягала в з'ясуванні часу формування деяких магматичних порід Осницького блоку.

Результати дослідження. Габро біотит-амфіболове, калішпатизоване (пр. ОС-2-В), порода чорного кольору, масивної текстури. Структура середньозерниста, місцями порфіроподібна, обумовлена неоднаковим розміром зерен плагіоклазу, гіпідіоморфнозерниста. Розмір зерен 0,2—3 мм, зрідка до 6 мм.

Мінеральний склад габро, об. %: плагіоклаз — 40—45, рогова обманка — 25—35, біотит — 10—13, піроксен 5—10, калішпат — 5—8, кварц — 2, серицит, хлорит, епідот — трапляються в поодиноких зернах. Із акцесорних мінералів наявні апатит, циркон, титаніт та рудні. Хімічний склад, ваг. %: SiO_2 — 52,92, TiO_2 — 1,98, Al_2O_3 — 15,28, Fe_2O_3 — 2,50, FeO — 7,38, MnO — 0,14, MgO — 4,69, CaO — 7,32, Na_2O — 3,60, K_2O — 2,50, H_2O — 0,16, в. п. п. — 1,09, Σ — 99,56.

Плагіоклаз (олігоклаз-андезин) утворює таблитчасті або короткотаблитчасті кристали розміром 0,2—3 мм. Трапляються поодинокі великі (до 5—6 мм) зерна, занурені в масу дрібніших (до 2—3 мм), що і обумовлює появу ділянок із порфіроподібною структурою. Плагіоклаз незначно серицитизований, з численними включеннями голчастого апатиту. На межах із КПШ у плагіоклазі присутній мірмекитовий кварц, деякі кристали мають антипертитову будову.

Піроксен представлений моноклінним різновидом і за оптичними характеристиками відповідає саліту ($cNg = 42—43^\circ$; $2V = +53—55^\circ$).

Рогова обманка присутня у вигляді ідіо- та гіпідіоморфних зерен розміром 0,5—1,5 мм, з незначними пойкилітовими включеннями кварцу та рудного мінералу, плеохроє в зелених тонах. Вона заміщує піроксен, зрідка містить його релікти, заміщується біотитом.

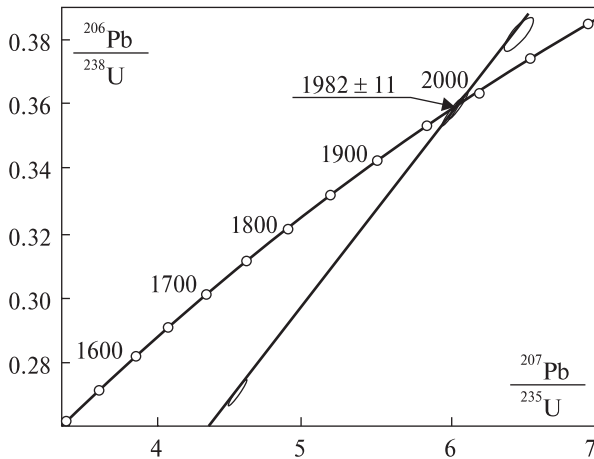


Рис. 1. U-Pb діаграма з конкордією для титаніту із габро, пр. ОС-2-В

Fig. 1. U-Pb diagram with concordance for gabbro titanite, smp. OC-2-B

Біотит утворює луски розміром 0,1–2 мм, кристали плеохроюють від бурого до світло-коричневого, червонуватого кольору, вміщують кристали кварцу, рудного мінералу, сфену, циркону.

КПШ (мікроклін) формує ксеноморфні кристали, які розвиваються вздовж границь зерен більш ранніх мінералів та "цементують" інші породоутворювальні мінерали. Розмір зерен КПШ становить 0,2–3 мм. Нерідко вони містять реліктові вclusions плагіоклазу. Мікроклін характеризується чіткою ґратчастою структурою двійникування, пертити притаманні не всім кристалом і мають ниткоподібну та стрічкову форми.

Кварцу небагато (до 2 %). У основній масі він ксеноморфний із прямими або хвилястими краями з нерівномірним блоковим, плямис-

тим згасанням. Розмір кристалів 0,1–0,6 мм. У вигляді пойкилітових вclusions є у роговій обманці та біотиті.

Титаніт формує зерна ромбо-, клиноподібної, округлої форм розміром 0,01–0,05 мм. Відмічається у вигляді вclusions у біотиті, зрідка навколо рудного мінералу як тонкі облямівки.

Апатит має видовжений габітус, утворює голчасті зерна розміром 0,01–0,6 мм, переважно зерна розміром 0,05–0,2 мм. Трапляється у вигляді вclusions у польових шпатах, рідше — в міжзерновому просторі.

Із рудних мінералів у аншліфах найпоширеніший пірит у вигляді скупчень ксеноморфних зерен, розмір яких сягає сотих і десятих часток міліметра. Інколи пірит знаходиться в тісному проростанні з магнетитом і халькопіритом. Пірит виділяється пізніше за магнетит і раніше від халькопіриту.

Під бінокуляром циркон представлений видовженопризматичними до голчастих кристалами, типовими для габро. Переважають тетрагональні циркони з гладкими, блискучими гранями призми і скляним блиском. Головки кристалів, як правило, зламані, зрідка збереглися гострі списоподібні пірамідки. Розмір кристалів за L_4 — 0,2–0,75 мм, $K_{\text{вид}}$ від 3 до 7,5. Циркон прозорий, безбарвний до слабо-рожевого.

Великі кристали іноді напівпрозорі за рахунок тріщинуватості. У шліфах циркон знаходиться переважно в плагіоклазі та біотиті, циркони в основному неясно зональні, зрідка однорідні, з високими яскравими кольорами інтерференції. За результатами уран-свинцевого ізоотопного датування вік циркону — $1983,4 \pm 7,1$ млн рр. [3].

Таблиця 1. Вміст урану, свинцю та ізоотопний склад свинцю в сфенах із габро, пр. ОС-2-В

Table 1. Uranium and lead contents and isotopic composition of lead in titanite from gabbro (smp. OC-2-B)

| Фракція мінералу | Вміст, ppm | | Ізоотопні співвідношення | | | | | Вік, млн рр. | | |
|------------------|------------|--------|---|---|---|--|--|--|--|---|
| | U | Pb | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{208}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$ |
| 1 | 77,796 | 70,567 | 134,5 | 4,5184 | 0,82447 | 0,38165 | 6,4487 | 2084 | 2039 | 1993,6 |
| 2 | 74,441 | 54,104 | 351,6 | 6,2743 | 0,92166 | 0,35847 | 6,0115 | 1975 | 1978 | 1980,2 |
| 3 | 56,707 | 41,234 | 325,6 | 6,1542 | 0,93458 | 0,35934 | 6,0305 | 1979 | 1980 | 1981,5 |
| 4 | 94,368 | 51,974 | 379,8 | 6,3780 | 0,91050 | 0,27141 | 4,5600 | 1548 | 1742 | 1983,6 |

Примітка. Поправка на звичайний свинець уведена за Стейсі та Крамерсом на вік 1980 млн рр. 1–4 — розмірні фракції темно-коричневих еліпсоподібних зерен із заокругленими контурами.

Note. Correction on common lead is made according to Stacey and Kramers for the age 1980 Ma. 1–4 — size fractions of dark-brown elliptical grains with rounded contours.

Титаніт під біокуляром має темно-коричневе забарвлення, зерна еліпсоподібні з заокругленими контурами. Результати визначення вмісту урану, свинцю та ізотопного складу свинцю в розмірних фракціях титаніту, отриманих скочуванням похилою площиною, наведені в табл. 1.

За верхнім перетином конкордії дискордією, розрахованою за даними табл. 1, вік титанітів складає 1982 ± 11 млн рр. (рис. 1) і за нижнім — 7 ± 98 млн рр. СКЗВ = 2,6. Середнє зважене значення віку (тут і далі за ізотопним співвідношенням $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) — $1982,9 \pm \pm 7,8$ млн рр., СКЗВ = 2,7, що повністю збігається з датою, отриманою для цирконів.

Діорит (пр. ОС-6-В) — темно-сіра масивна середньозерниста порода із гіпідіоморфнозернистою структурою.

Мінеральний склад, об. %: плагіоклаз — 60, рогова обманка і біотит — 20–30, епідот — до 8, інколи присутня незначна кількість мікрокліну, кварцу. Хімічний склад, ваг. %: SiO_2 — 62,22, TiO_2 — 0,64, Al_2O_3 — 16,37, Fe_2O_3 — 1,96, FeO — 3,71, MnO — 0,094, MgO — 1,94, CaO — 4,55, Na_2O — 3,8, P_2O_5 — 0,3, K_2O — 3,11, H_2O — 0,26, в. п. п. — 0,98, Σ — 99,79.

Плагіоклаз утворює короткопризматичні та таблитчасті зерна з чіткими контурами і двійниками за альбітовим законом. За складом це андезин № 34–38. Зрідка трапляються зерна з більш основною центральною частиною (№ 37–42), часто неправильної форми.

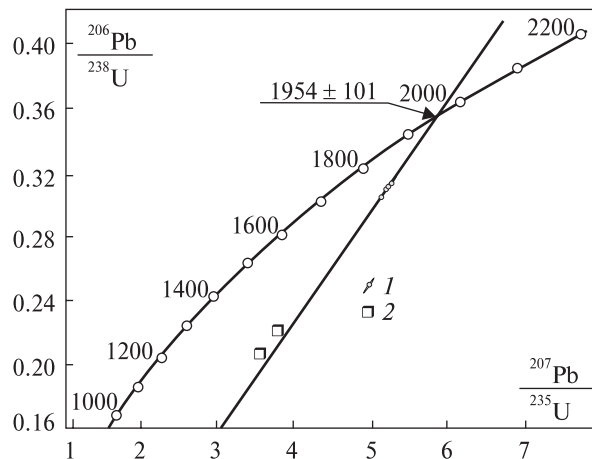


Рис. 2. U-Pb діаграма з конкордією для циркону із діориту, пр. ОС-6-В: 1, 2 — фігуративні точки уран-свинцевих ізотопних співвідношень мультизернових наважок цирконів (табл. 2): 1 — за якими розраховували вік (фракції 1–4, табл. 2), 2 — фракції 5 і 6 (табл. 2)

Fig. 2. U-Pb diagram with concordia for zircon from diorite, smp. OC-6-B: 1, 2 — figurative points of the uranium-lead isotope ratios of multigrain pieces of zircon (Table 2): 1 — by which the age was calculated (fractions 1–4, Table 2), 2 — fractions 5 and 6 (Table 2)

Амфібол утворює призматичні або нечітко таблитчасті зерна трав'янисто-зеленого кольору з простими двійниками. За оптичними константами відповідає звичайній роговій обманці ($cNg = 20\text{--}21^\circ$, $2V = -63\text{--}65^\circ$). Заміщується біотитом. Багато зерен містять дрібні вclusions магнетиту.

Кварц утворює ксеноморфні зерна, приурочені до міжзернового простору. Конттури зерен

Таблиця 2. Вміст урану, свинцю та ізотопний склад свинцю в цирконах із діориту, пр. ОС-6-В

Table 2. Uranium and lead contents and isotopic composition of lead in zircon from diorite (smp. OC-6-B)

| Фракція мінералу | Вміст, ppm | | Ізотопні співвідношення | | | | | Вік, млн рр. | | |
|------------------|------------|-------|---|---|---|--|--|--|--|---|
| | U | Pb | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{208}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$ |
| 1 | 297,3 | 109,5 | 11440 | 8,1566 | 4,2425 | 0,31452 | 5,2715 | 1763 | 1864 | 1979,2 |
| 2 | 279,2 | 102,2 | 3645 | 7,9885 | 4,1618 | 0,31010 | 5,2012 | 1741 | 1853 | 1980,5 |
| 3 | 314,6 | 115,3 | 7810 | 8,1169 | 4,1832 | 0,31198 | 5,2314 | 1750 | 1858 | 1980,1 |
| 4 | 346,2 | 124,4 | 8750 | 8,1321 | 4,2135 | 0,30632 | 5,1345 | 1723 | 1842 | 1979,4 |
| 5 | 203,7 | 49,28 | 5560 | 7,9974 | 4,6594 | 0,20938 | 3,5442 | 1225 | 1537 | 1996,8 |
| 6 | 190,3 | 48,90 | 10450 | 8,0815 | 4,7696 | 0,22367 | 3,7804 | 1301 | 1589 | 1994,2 |

Примітка. Поправка на звичайний свинець уведена за Стейсі та Крамерсом на вік 1980 млн рр. 1–4 — розмірні фракції безбарвних та світло-рожевих списоподібних кристалів циркону, отримані скочуванням по нахиленій площині; 5, 6 — розмірні фракції дрібних, переважно короткопризматичних та ізометричних (<0,040 мм) кристалів, отримані скочуванням по нахиленій площині.

Note. Correction on common lead is made according to Stacey and Kramers for the age 1980 Ma. 1–4 — size fractions of colorless and light pink zircon crystals obtained by rolling on an inclined plane; 5, 6 — size fractions of small, mainly short prismatic and isometric (<0.040 mm) crystals obtained by rolling on an inclined plane.

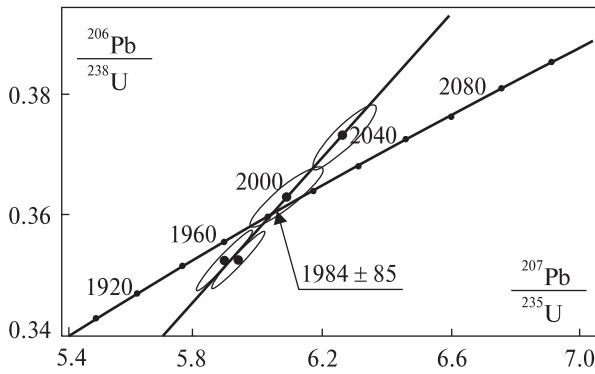


Рис. 3. U-Pb діаграма з конкордією для титаніту із діориту, пр. ОС-6-В

Fig. 3. U-Pb diagram with concordia for diorite titanite, smp. OC-6-B

звивисті. Часто вміщує тонкі пилюваті частинки. Більшості зерен кварцу властиве хвилясте згасання.

Біотит пластинчастий, листуватий, плеохроює від зеленувато-жовтого за *Nr* до темно-зеленого за *Ng*. Разом із амфіболом утворює ксеноморфні скупчення, до яких у вигляді включень тяжіють зерна магнетиту, апатиту, титаніту, циркону.

Епідот утворює скупчення дрібних призматичних зерен, що асоціюють з темноколірними мінералами.

Титаніт утворює ксеноморфні зерна буровато-червоного кольору. Під бінокляром зерна (переважно уламки) досить великі (>0,1 мм), мають неправильну форму і темно-коричневе забарвлення, інколи відмічаються сильно сплюснені еліпсоподібні кристали.

Циркон представлений видовженопризматичними кристалами. Переважають тетрагональні зерна з гладкими, блискучими граня-

ми призми. Мають скляний блиск. Головам кристалів характерні грані гострих пірамід. Розмір кристалів за $L_4 = 0,3-0,8$ мм, $K_{\text{вид}} = 3-7,5$. Циркон прозорий, безбарвний до слабо-рожевого. Також присутній (до 1–2 %) дрібний ізометричний циркон, який має нечітко проявлені ядра, тому такі кристали були вилучені на стадії підготовки перших чотирьох наважок до аналізу.

Для визначення віку із чотирьох розмірних фракцій циркону, отриманих скочуванням похилою площиною, під бінокляром були відібрані безбарвні і світло-рожеві списоподібні кристали. Для оцінювання можливого удреження віку за рахунок свинцю, присутнього в ядрах дрібних кристалів із невеликим видовженням, датували також дві мультизернові наважки дрібних (<0,040 мм) короткопризматичних до ізометричних кристалів. Результати визначення вмісту урану, свинцю та ізотопного складу свинцю в мультизернових наважках кристалів циркону наведені в табл. 2.

Вік за верхнім перетином конкордії дискордії для списоподібних кристалів (див. табл. 2, ан. 1–4) складає 1954 ± 101 млн рр. (рис. 2) та за нижнім -440 ± 1375 млн рр., СКЗВ = 61. Середнє зважене значення віку за ізотопним співвідношенням $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} = 1979,8 \pm 1,6$ млн рр., СКЗВ = 7,4.

Вік за верхнім перетином конкордії дискордії, розрахованою за усіма даними табл. 2, складає $1974 \pm 1,2$ млн рр. та за нижнім $-66,9 \pm 7,9$, СКЗВ = 3,7. Середнє зважене значення віку становить $-1984 \pm 9,9$ млн рр., СКЗВ = 910. Отже, для цирконів з ядрами отримано не набагато більші значення віку. Вік цирконів з ядрами, отриманий за надійнішим

Таблиця 3. Вміст урану, свинцю та ізотопний склад свинцю в сфенах із діориту, пр. ОС-6-В

Table 3. Uranium and lead content and isotopic composition of lead in titanite from diorite (smp. OC-6-B)

| Фракція мінералу | Вміст, ppm | | Ізотопні співвідношення | | | | | Вік, млн рр. | | |
|------------------|------------|--------|---|---|---|--|--|--|--|---|
| | U | Pb | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{208}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$ |
| 1 | 40,381 | 39,827 | 304,8 | 6,0467 | 0,54891 | 0,36273 | 6,0923 | 1995 | 1989 | 1983,0 |
| 2 | 44,345 | 44,155 | 192,4 | 5,2466 | 0,54963 | 0,35202 | 5,8971 | 1944 | 1961 | 1978,3 |
| 3 | 38,006 | 38,622 | 281,7 | 5,9179 | 0,55200 | 0,37302 | 6,2660 | 2044 | 2014 | 1983,2 |
| 4 | 43,336 | 45,043 | 159,6 | 4,8664 | 0,53459 | 0,35299 | 5,9494 | 1949 | 1968 | 1989,2 |

Примітка. Поправка на звичайний свинець уведена за Стейсі та Крамерсом на вік 1980 млн рр. Розмірні фракції крупних (>0,1 мм) темно-коричневих (переважно уламки) сильно сплюснених еліпсоподібних зерен.

Note. Correction on common lead is made according to Stacey and Kramers for the age 1980 Ma. Size fractions of large (>0.1 mm) dark brown (mainly fragments) of strongly flattened elliptical grains.

ізотопним співвідношенням $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, давніший лише на 16 млн рр. Це може бути обумовлено незначною кількістю давнього радіогенного свинцю в цирконах ядер (невеликим об'ємом ядер порівняно з об'ємом кристалів за приблизно рівного вмісту в них урану), з одного боку, або не дуже давнім віком самих ядер, з іншого.

Для визначення віку за титанітами використано мультизернові наважки розмірних фракцій темно-коричневих кристалів та їхніх уламків, отриманих скочуванням похилою площиною.

Вік за верхнім перетином конкордії дискордією, розрахованою за даними табл. 3, складає 1984 ± 85 млн рр. (рис. 3) та за нижнім $-82 \pm \pm 188$ млн рр. СКЗВ = 4,2. Середнє зважене значення віку — 1985 ± 15 млн рр., СКЗВ = 4,8, що в межах похибки збігаються зі значеннями віку, отриманими для цирконів, та віком габро за цирконом та титанітом.

Гранодіорит (пр. ОС-5-В). Порода характеризується сірим до темно-сірого, ділянками сірувато-рожевим кольором. Структура нерівномірнотзерниста, дрібно-середньотзерниста, гранітна. Розмір кристалів переважно 0,1–5 мм.

Головними породоутворювальними мінералами гранодіориту є, об. %: плагіоклаз — 40–60, калішпат — 5–10, кварц — 10–15, біотит — 10–15, рогова обманка — 5–8, епідот, клиноцоїзит — до 4; акцесорні мінерали: титаніт, апатит, циркон. Вторинні — хлорит, серицит, мусковіт, карбонат. Хімічний склад, ваг. %: SiO_2 — 62,04, TiO_2 — 0,41, Al_2O_3 — 18,85, Fe_2O_3 — 2,01, FeO — 1,44, MnO — 0,10, MgO — 1,12, CaO — 2,64, Na_2O — 4,50, P_2O_5 — 0,15, K_2O — 5,55, H_2O — 0,17, в. п. п. — 0,84, Σ — 99,82.

Плагіоклаз (олігоклаз — олігоклаз-андезин) утворює таблитчасті або короткотаблитчасті кристали розміром 0,5–5 мм. По плагіоклазу активно розвиваються серицит, мусковіт, епідот, клиноцоїзит, карбонат, у вигляді включень присутні дрібні голчасті та видовженопризматичні кристали апатиту. На межі з КПШ у плагіоклазах відмічено мірмекитовий кварц, деяким кристалом властива антипертитова будова.

Калієвого польового шпату менше, ніж плагіоклазу. Він утворює ксеноморфні зерна в інтерстиціях і представлений майже винятково мікрокліном гратчастої будови, трапляється і мікроклін-пертит. Пертитові вrostки формують щільну сітку з тонкими переважно паралельними нитковидними та веретенноподібними формами. Часто містить включення релік-

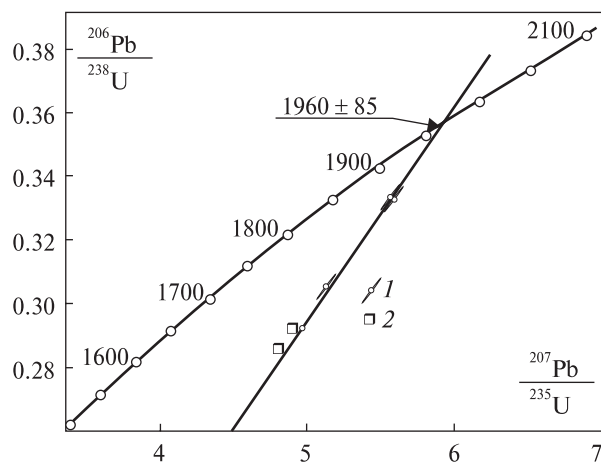


Рис. 4. U-Pb діаграма з конкордією для циркону із гранодіориту, пр. ОС-5-В: 1, 2 — фігуративні точки уран-свинцевих ізотопних співвідношень мультизернових наважок цирконів (табл. 4): 1 — за якими розраховували вік, 2 — фракції 5–7 (табл. 4)

Fig. 4. U-Pb diagram with concordia for zircon from granodiorite, smp. OC-5-B: 1, 2 — figurative points of uranium-lead isotope ratios of multigrain pieces of zircon (Table 4): 1 — by which age was calculated, 2 — fractions 5–7 (Table 4)

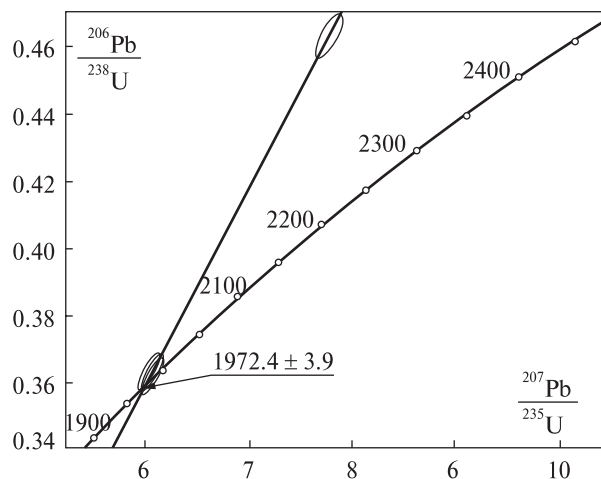


Рис. 5. U-Pb діаграма з конкордією для титаніту із гранодіориту, пр. ОС-5-В

Fig. 5. U-Pb diagram with concordia for titanite from granodiorite, smp. OC-5-B

тових зерен плагіоклазу неправильної форми й округлих зерен кварцу, кількість якого особливо велика у різновидах з більшим вмістом мікрокліну.

Кварц утворює мономінеральні скупчення в інтерстиціях поміж польовими шпатами, що складені ксеноморфними різними за розміром кристалами (0,1–1,5 мм). Дрібні кристали мають мозаїчний вигляд. Краї зерен кварцу зви-

висті, зубчасті. Зрідка присутній кварц другої генерації, який утворює також ксеноморфні зерна розміром до 2 мм. Згасання нерівномірне блокове, хвилясте.

Біотит утворює луски розміром 0,1—2,5 мм, кристали плеохроюють від зеленувато-бурого до світло-жовтого кольорів, вміщують кристали рудного мінералу, титаніту, циркону, апатиту, зрідка плагіоклазу. Разом з епідотом заміщують рогову обманку. По біотиту подеколи розвивається хлорит.

Рогова обманка наявна у вигляді ідіо- і гіпідіоморфних реліктових зерен розміром 0,3—1,7 мм, з включеннями рудного мінералу, апа-

титу, титаніту. Заміщується біотитом та епідотом, плеохроює в зелених тонах.

Епідот та клиноцоїзит утворюють як вторинні мінерали по плагіоклазу, так і разом з біотитом заміщують рогову обманку. Формують ксеноморфні, зрідка ідіоморфні призматичні зерна, розмір яких коливається від мікроскопічних до 0,5 мм.

Апатит утворює призматичні, голчасті зерна розміром 0,01—0,3 мм, переважно 0,05—0,1 мм. Присутній у вигляді включень у польових шпатах, біотиті, роговій обманці, а також у міжзерновому просторі разом з рудним мінералом та біотитом.

Таблиця 4. Вміст урану, свинцю та ізотопний склад свинцю в цирконах із гранодіориту, пр. ОС-5-В

Table 4. Uranium and lead content and isotopic composition of lead in zircon from granodiorite (smp. OC-5-B)

| Фракція мінералу | Вміст, ppm | | Ізотопні співвідношення | | | | | Вік, млн рр. | | |
|------------------|------------|-------|---|---|---|--|--|--|--|---|
| | U | Pb | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{208}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$ |
| Заг. | 270,7 | 102,6 | 9090 | 8,1553 | 5,0763 | 0,33334 | 5,5737 | 1855 | 1912 | 1975,0 |
| 1 | 286,1 | 108,3 | 6705 | 8,0972 | 4,9027 | 0,33055 | 5,5436 | 1841 | 1907 | 1980,3 |
| 2 | 270,9 | 104,3 | 6910 | 8,0795 | 4,6189 | 0,33298 | 5,5996 | 1853 | 1916 | 1985,2 |
| 3 | 224,5 | 79,45 | 4550 | 8,0263 | 4,6228 | 0,30562 | 5,1319 | 1719 | 1841 | 1982,5 |
| 4 | 305,8 | 105,5 | 1650 | 7,6324 | 4,4380 | 0,29276 | 4,9684 | 1655 | 1814 | 2001,4 |
| 5 | 368,7 | 127,5 | 1610 | 7,7149 | 4,3422 | 0,29242 | 4,8975 | 1654 | 1802 | 1977,9 |
| 6 | 365,2 | 162,4 | 1621 | 4,8998 | 2,3593 | 0,28622 | 4,8194 | 1623 | 1788 | 1987,4 |

Примітка. Поправка на звичайний свинець уведена за Стейсі та Крамерсом на вік 2000 млн рр. Заг. — загальна, не поділена фракція світло-рожевих кристалів циркону. 1—3 — розмірні фракції світло-рожевих кристалів, мм: 1 — >0,07, 2 — 0,05—0,07 і 3 — <0,05; 4, 5 — розмірні фракції бурувато-рожевих короткопризматичних та ізометричних кристалів, мм: 4 — >0,07, 5 — 0,05—0,07 і 6 — <0,05.

Note. Correction on common lead is made according to Stacey and Kramers for the age 2000 Ma. (Заг.) — the total non-separated fraction of light pink crystals of zircon. 1—3 — size fractions of light pink crystals, mm: 1 — >0.07, 2 — 0.05—0.07 and 3 — <0.05; 4, 5 — size fractions of brown-pink short-prismatic and isometric crystals, mm: 4 — >0.07, 5 — 0.05—0.07 and 6 — <0.05.

Таблиця 5. Вміст урану, свинцю та ізотопний склад свинцю в сфенах із гранодіориту, пр. ОС-5-В

Table 5. Uranium and lead content and isotopic composition of lead in titanite from granodiorite (smp. OC-5-B)

| Фракція мінералу | Вміст, ppm | | Ізотопні співвідношення | | | | | Вік, млн рр. | | |
|------------------|------------|--------|---|---|---|--|--|--|--|---|
| | U | Pb | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{207}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{208}\text{Pb}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ | $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$ | $\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$ |
| 1 | 58,606 | 49,809 | 449,5 | 6,6414 | 0,68999 | 0,36540 | 6,0983 | 2008 | 1990 | 1971,6 |
| 2 | 78,235 | 80,820 | 362,5 | 6,3303 | 0,76564 | 0,46442 | 7,7703 | 2459 | 2205 | 1976,1 |
| 3 | 76,463 | 65,271 | 408,5 | 6,4847 | 0,67916 | 0,36181 | 6,0729 | 1991 | 1986 | 1981,8 |
| 4 | 75,554 | 63,619 | 445,8 | 6,6317 | 0,68442 | 0,36012 | 6,0089 | 1983 | 1977 | 1971,3 |

Примітка. Поправка на звичайний свинець уведена за Стейсі та Крамерсом на вік 1980 млн рр. 1—4 — розмірні фракції темно-коричневих, досить крупних (>0,05 мм) сильно сплюснених еліпсоподібних зерен з численними ямками та наростами, переважно гладенькою поверхнею та заокругленими контурами.

Note. Correction on common lead is made according to Stacey and Kramers for the age 1980 Ma. 1—4 — size fractions of dark brown, rather large (>0.05 mm) strongly flattened elliptical grains with numerous holes and outgrowths, mainly with smooth surface and rounded contours.

Під біокуляром титаніт представлений досить великими ($>0,05$ мм), ксеноморфними, зрідка сильно сплюсненими еліпсоподібними зернами темно-коричневого кольору із заокругленими контурами, численними ямками та наростами, поверхня зерен зазвичай гладенька, блискуча.

Циркони гранодіориту досить дрібні (понад 90 % кристалів концентруються у фракції $<0,05$ мм), зі значними варіаціями за видовженням — від короткопризматичних ($K_{\text{вид}}$ близько 1) до голчастих ($K_{\text{вид}}$ 4 і більше). Переважно кристали циркону світло-рожеві до безбарвних, зрідка трапляються рожево-бурі та сірувато-бурі зерна, очевидно різною мірою озалізовані. Останні, разом із кристалами, що містять включення та зростання з породотвірними та рудними мінералами, переважають в електромагнітній фракції. Світлі кристали прозорі, озалізовані — напівпрозорі. Для багатьох кристалів циркону є характерною густа сітка дрібних тріщин. Саме в таких кристалах навіть під біокуляром виявляються ядра зі світлішим забарвленням.

Поверхня більшості кристалів гладенька, блискуча, контури їхні слабо заокруглені. Ограничення обумовлено комбінацією граней однієї призми та декількох біпірамід, у тому числі гострих, останні мають підпорядкований розвиток.

Вік визначали за мультизерновими наважками розмірних фракцій світло-рожевих та розмірних фракцій бурувато-рожевих корот-

копризматичних (до ізометричних) кристалів циркону. Результати визначення вмісту урану, свинцю та ізотопного складу свинцю у вказаних наважках наведені в табл. 4.

Вік світло-рожевих призматичних кристалів циркону, визначений за верхнім перетином конкордії лінією регресії, розрахованої за даними табл. 4, складає 1960 ± 85 млн рр. (рис. 4), та за нижнім — $515 \pm \infty$ млн рр., СКЗВ — 80. Середнє зважене значення віку — 1980 ± 11 млн рр. Для короткопризматичних кристалів циркону отримано дещо вищі (20—25 млн рр.) значення віку, порівняно зі схожими кристалами цирконів діоритів, що вірогідно обумовлено більшим сукупним об'ємом ядер.

Як і для габро і діориту, вік гранодіориту визначали також і за титанітом. Для цього використали мультизернові наважки розмірних фракцій, отримані скочуванням похилою площиною. Аналітичні результати ізотопного датування наведені в табл. 5.

Вік титанітів за верхнім перетином конкордії лінією регресії, розрахованою за даними табл. 5, складає $1972,4 \pm 3,9$ млн рр. (рис. 5) та 29 ± 132 млн рр., за нижнім, СКЗВ = 1,6. Середнє зважене значення віку — $1972,8 \pm 3,3$ млн рр., СКЗВ = 1,8.

Висновки. Для титанітів і для цирконів із плутонічних порід Осницького блоку отримано практично однакові (в межах похибки) значення віку, що найвірогідніше обумовлено коротким інтервалом часу їх формування — 1,95—2,0 млрд рр. тому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аксаментова Н.В. Магматизм и палеогеодинамика раннепротерозойского Осницко-Микашевичского вулканоплутонического пояса. Минск: ИГН НАН Беларуси, 2002. 176 с.
2. Бартницький Е.Н., Бибикова Е.В., Верхогляд В.М., Легкова Г.В., Скобелев В.М., Терещук Г.Я. ИГМР-1. Международный стандарт циркона для уран-свинцовых изотопных исследований. *Геохимия и рудообразование*. 1995. Вып. 21. С. 164—167.
3. Висоцький О.Б., Довбуш Т.І., Котвицька І.М. Кристалогенезис та вік циркону із габро осницького комплексу (Волинський мегаблок УЩ). *Геохімія та рудоутворення*. 2010. № 28. С. 81—83.
4. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (схема та поясн. зап.) / Есипчук К.Ю., Бобров О.Б., Степанюк Л.М., Щербак М.П., Глеваський Є.Б., Скобелев В.М., Дранник А.С., Гейченко М.В. Київ: УкрДГРІ, НСК України, 2004. 30 с.
5. Методичні рекомендації з уран-свинцевого, рубідій-стронцієвого та самарій-неодимового ізотопного датування геологічних об'єктів при ГРП / Довбуш Т.І., Скобелев В.М., Степанюк Л.М. Київ: УкрДГРІ, 2008. 77 с.
6. Скобелев В.М. Геохронологія гранитоїдов Северо-Западного району Украинского щита. *Геол. журн.* 1980. 40, № 4. С. 136—142.
7. Скобелев В.М. Петрологія і геохронологія докембрійських образований Северо-Западного району Украинского щита. Київ: Наук. думка, 1987. 140 с.
8. Шумлянський Л.В. Геохімія порід Осницко-Микашевичского вулканоплутонического пояса. *Геохімія*. 2014. № 11. С. 912—924.
9. Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н., Шумлянський Л.В. Геохронологія раннього докембрію Украинского щита. Протерозой. Отв. ред. Н.П. Щербак. Київ: Наук. думка, 2008. 239 с.

10. Шербак Н.П. Петрология и геохронология докембрия западной части Украинского щита. Киев: Наук. думка, 1975. 272 с.
11. Шербак Н.П., Злобенко В.Г., Жуков Г.В., Котловская Ф.И., Полевая Н.И., Комлев Л.В., Коваленко Н.К., Носок Г.М., Почтаренко В.И. Каталог изотопных дат пород Украинского щита. Киев: Наук. думка, 1978. 224 с.
12. Шербак Н.П., Елисеева Г.Д., Левковская Н.Ю. Геологический и радиологический возраст пород клесовской серии и осницкого комплекса. *Геол. журн.* 1978. **38**, № 4. С. 28–43.
13. Ludwig K.R. Pb Dat for MS-DOS, version 1.06. *U.S. Geol. Surv. Open-File Rept.* 1989. **542**, № 88. P. 40.
14. Ludwig K.R. ISOPLOT for MS-DOS, version 2.0. *U.S. Geol. Surv. Open-File Rept.* 1990. **557**, № 88. P. 38.

Надійшла 16.01.2020

REFERENCES

1. Aksamentova, N.V. (2002), *Magmatizm i paleogeodinamika ranneproterozoiskogo Osnytsko-Mikashevichskogo vulkano-plutonicheskogo poyasa*, IGN NAN Belarusi, Minsk, 176 p. [in Russian].
2. Bartnitskiy, E.N., Bibikova, E.V., Verhoglyad, V.M., Legkova, G.V., Skobelev, V.M. and Terets, G.Ya. (1995), *Geohimiya i rudoobrazovanie*, No. 21, Kyiv, UA, pp. 164-167 [in Russian].
3. Vysotskiy, O.B., Dovbush, T.I. and Kotvitska, I.M. (2010), *Geokhimiya ta rudoutvorennya*, No. 28, Kyiv, UA, pp. 81-83 [in Ukrainian].
4. Yesipchuk, K.Yu., Bobrov, O.B., Stepanyuk, L.M., Shcherbak, M.P., Glevaskiy, E.B., Skobelev, V.M., Drannik, V.S. and Geichenko, M.V. (2004), *Correlated Chronostratigraphic Chart of Early Precambrian of the Ukrainian Shield (chart and explanatory note)*, UkrDGRI, Kyiv, UA, 30 p. [in Ukrainian].
5. Dovbush, T.I., Skobelev, V.M. and Stepanyuk, L.M. (2008), *Metodychni rekomendatsiyi z uran-svyntsevego, rubidiy-strontsiyevogo ta samariy-neodymovo izotopnogo datuvannya geologichnykh ob'ektiv pry GRR*, UkrDGRI, Kyiv, UA, 77 p. [in Ukrainian].
6. Skobelev, V.M. (1980), *Geol. zhurn.*, Vol. 40, No. 4, Kyiv, UA, pp. 136-142 [in Russian].
7. Skobelev, V.M. (1987), *Petrologiya y geokhronologiya dokembriyskikh obrazovaniy Severo-Zapadnogo rayona Ukrainskoho shchita*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 140 p. [in Russian].
8. Shumlyanskyy, L.V. (2014), *Geohimija*, No. 11, Moscow, RU, pp. 912-924 [in Russian].
9. Shcherbak, M.P., Artemenko, G.V., Lesnaya, I.M., Ponomarenko, O.M. and Shumlyanskyy, L.V. (2008), *Geokhronologiya rannego dokembrii Ukrainskogo shchita. Proterozoy*, in Shcherbak, M.P. (ed.), Nauk. dumka, Kyiv, UA, 239 p. [in Russian].
10. Shcherbak, N.P. (1975), *Petrologiya i geokhronologiya dokembriya Zapadnoi chasti Ukrainskoho shchita*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 271 p. [in Russian].
11. Shcherbak, M.P., Zlobenko, V.G., Zhukov, G.V., Kotlovskaya, F.I., Polevaya, N.I., Komlev, L.V., Kovalenko, N.K., Nosok, G.M. and Pochtarenko, V.I. (1978), *Katalog izotopnykh dat porod Ukrainskogo shchita*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 224 p. [in Russian].
12. Shcherbak, N.P., Eliseeva, H.D. and Levkovskaya, N.Yu. (1978), *Geol. zhurn.*, Vol. 38, No. 4, pp. 28-43, Kyiv, UA, [in Russian].
13. Ludwig, K.R. (1989), *U.S. Geol. Surv. Open-File Rept.*, Vol. 542, No. 88, p. 40.
14. Ludwig, K.R. (1990), *U.S. Geol. Surv. Open-File Rept.*, Vol. 557, No. 88, p. 38.

Received 16.01.2020

L.M. Stepanyuk, DrSc (Geology), Corresponding Member of NAS of Ukraine, Prof., Deputy Director Fellow.

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

34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

E-mail: stepaniuk@nas.gov.ua

<https://orcid.org/0000-0001-5591-5169>

O.B. Vysotsky, Researcher Fellow. M.P. Semenenko Institute of Geochemistry,

Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine

34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

E-mail: alek.vysotsky@gmail.com

<http://orcid.org/0000-0002-3542-4685>

T.I. Dovbush, Researcher Fellow. M.P. Semenenko Institute of Geochemistry,

Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine

34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

E-mail: tetyana.dovbush1@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3512-3313>

O.V. Bilan, Head of the Oil and Gas Geology Training Laboratory Kyiv Taras Shevchenko

National University Educational-scientific institute "Institute of Geology"

90, Vasylykivska Str., Kyiv, Ukraine, 03022

E-mail: olenka.bilan@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0964-6003>

N.A. Kovalenko, Junior Researcher Fellow. M.P. Semenenko Institute of Geochemistry,

Mineralogy and Ore Formation of the NAS of Ukraine

34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

E-mail: kovnat.igmr@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3203-7145>

GEOCHRONOLOGY OF MAGMATIC ROCKS OF OSNITSK BLOCK (UKRAINIAN SHIELD) ON ZIRCON AND TITANITE

The article presents the results of U-Pb dating on titanite and zircon sampled from magmatic rocks of Osnitsk block, Volyn megablock of the Ukrainian Shield. According to U-Pb dating, the age of zircon sampled from gabbro makes 1983.4 ± 7.1 million years, and titanite yield the age of 1982 ± 11 million years. Zircon from diorite of Osnitsk complex: yield the age of 1974 ± 1.2 million years and average weighted age calculated on $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ratio makes 1984 ± 9.9 million years. Average weighted age, calculated on $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ratio makes 1985 ± 15 million years for titanite. Titanite is also used for determination the age of granodiorite by. The age of titanite sampled from granodiorite makes 1972.4 ± 3.9 million years and average weighted age calculated on ratio $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ratio reaches 1972.8 ± 3.3 million years. Dating of zircon has shown that average weighted age calculated on $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ ratio is 1980 ± 11 million years. Thus, both titanites and zircons sampled from plutonic rocks of Osnitsk block have shown the same age values that are within the error limits. It is most likely caused by the short interval of their formation, 1.95–2.0 billion years.

Keywords: Osnitsk block, gabbro, zircon, titanite, isotope age, Ukrainian Shield.