

УДК. 550.93

Л. М. СТЕПАНЮК, д-р геол. наук, заступник директора з наукової роботи ІГМР НАН України, stepanyuk@igmof.gov.ua, ORCID-0000-0001-5591-5169, **О. Б. БОБРОВ**, д-р геол.-мінерал. наук, проф., голова ради підприємства "Експертна рада спілки геологів України", albobrov@ukr.net, **С. І. КУРИЛО**, канд. геол. наук, науковий співробітник ІГМР НАН України, kurylo.sergiy@gmail.com, **С. А. СЕРГЕЄВ**, канд. геол.-мінерал. наук, керівник Центру ізотопних досліджень ФДУП "ВСЕГЕІ", Sergey_Sergeev@vsegei.ru, **О. М. ЛАРІОНОВ**, канд. геол. наук, старший науковий співробітник Центру ізотопних досліджень ФДУП "ВСЕГЕІ", cirvsg@vsegei.sp.ru

УРАН-СВИНЦЕВИЙ ІЗОТОПНИЙ ВІК ЗА ЦИРКОНОМ КАПІТАНСЬКОГО МАСИВУ (Середнє Побужжя, Український щит)

З інтрузивами неогархейських ультрабазитів капітансько-деренюхінського комплексу на Середньому Побужжі пов'язані родовища силікатного нікелю й хрому. Для визначення віку локальним уран-свинцевим ізотопним методом циркони з амфіболіту, що залягає серед серпентинітів на півдні Центрального кар'єру, датовано на іон-іонному мікрозонді SHRIMP-II. Кристали представлені двома генераціями. Перша має густе коричневе забарвлення й утворює ядра, на які наростає прозорий світло-рожевий циркон другої генерації. Для коричневого циркону, якщо порівняти зі світло-рожевим, характерні набагато вищі концентрації урану (177–2759 ppm, порівнюючи з 14–35 ppm у світло-рожевих), що може свідчити про вищу температуру й прогресивний характер ендегенних процесів, що супроводжували кристалізацію світло-рожевого циркону. Вік циркону обох генерацій у межах похибки однаковий і становить 2024 ± 24 млн років.

Ключові слова: ультрабазити, циркон, ізотопне датування, Побужжя, Український щит.

L. M. Stepanyuk, Dr. of Science, Director's assistant for the scientific work of Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation of the National Academy of Sciences of Ukraine, stepanyuk@igmof.gov.ua, ORCID-0000-0001-5591-5169, O. B. Bobrov, Dr. of Science, Professor, Head of the Expert Advice of the Union of Geologists of Ukraine, albobrov@ukr.net, S. I. Kurylo, PhD, Research Scientist, Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation of the National Academy of Sciences of Ukraine, kurylo.sergiy@gmail.com, S. A. Sergeev, PhD, Director, CIR VSEGEI (A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute VSEGEI), Sergey_Sergeev@vsegei.ru, O. M. Larionov, PhD, Senior Researcher (VSEGEI), cirvsg@vsegei.sp.ru
URAN-LEADIUM AGE BY ZIRKON OF KAPITANIVSKYI MASSIF (Middle Pobuzhzhia, Ukrainian Shield)

The deposits of silica nickel and chromium are associated with the ultra-basic intrusions of the Kapitanivsko-Derenyukhinsky complex, common in the Middle Pobuzhzhia. According to the current correlation chronostratigraphic scheme of the Ukrainian shield, the rocks of the complex are Neoproterozoic formations.

The age determination of zircons from amphibolite by the local uranium-lead isotope method was carried out on the ion-microprobe SHRIMP-II at the VSEGEI isotope research center. The body of amphibolite, with a power of about 1 meter, is located in the southern part of the Central Quarry and lies among the serpentinites. Zircon crystals of amphibolite are represented mainly by two generations. The first generation has a dense brown color and forms the core on which the transparent light-pink zircon of the second generation grows. Brown zircon, in comparison with light pink is characterized by significantly higher concentrations of uranium (177–2759 ppm in comparison with 14–35 ppm in light pink), which may indicate a higher temperature crystallization of light pink zircons, and hence the progressive orientation of the endogenous processes in which crystallization of zircons occurred in amphibolite.

According to the content of uranium and crystallographical features, light pink zircon of amphibolites is similar to "precious" zircon typical of mafic granulite (amphibole two-pyroxenes crystalline sheets) of Pobuzhzhia.

The age of early (brown) zircon is the same with light pink zirconium. The age of zircon, calculated only for concordate dates is 2024 ± 24 million years, and at the upper intersection of concordia by the discord calculated according to all data – 2032 ± 31 million years. This date is the upper age board of the Kapitanivska intrusion considering apomagmatic crystallization of zircon.

Keywords: ultrabases, zircon, isotopic dating, Pobuzhzhia, Ukrainian Shield.

Вступ. Статтю присвячено розв'язанню проблеми часу формування ультрабазитів капітансько-деренюхінського комплексу, з якими пов'язані родовища силікатного нікелю й хрому. У цих породах виявлено мінералізацію металевого ренію [2]. У "Кореляційній хроностратиграфічній схемі НСК України" (2004) інтрузивні породи цього комплексу зараховано до неогархею [3], хоча надійних ізотопних даних про час їхнього формування немає донині. Ми раніше датували циркони з невеликого тіла метаперидотиту Чаусівського кар'єру [4] – 2,3 млрд років, для якого, як і для ультрамафітів капітансько-деренюхінського комплексу, характерні підвищені вмісти магнію, хрому та нікелю. С. С. Горностаєв з

співавторами [7] датував гіпербазити Капітанського й Липовенківського масивів реній-осмієвим ізотопним методом, отримані цифри віку (приблизно 3,0 млрд років) є максимальною оцінкою віку цих порід.

С. М. Цимбал [1] зробив спробу уточнити вік ультрамафітів Капітанського масиву, датувавши класичним уран-свинцевим ізотопним методом циркони й монацити з кварцитів, що безпосередньо контактують з хромітовими рудами і які мають сліди впливу цієї інтрузії. Відповідно до отриманих даних автори [1] припустили, що вік ультрабазитів Капітанського родовища становить приблизно 2,0 млрд років.

Об'єкти і методи досліджень. Щоб визначити час формування порід Капітанського масиву локальним уран-свинцевим ізотопним методом, ми датували циркони з амфіболіту на іон-іонному мікрозонді SHRIMP-II у центрі ізотопних досліджень

ВСЕГЕІ. Підготовку проб для цього й саму методику датування ми описали раніше в праці [5]. Мікрозондові дослідження хімічного складу головних, другорядних і рудних мінералів виконано на рентгенівському мікроаналізаторі (JXA-733) за допомогою енергодисперсійного спектрометра.

Результати досліджень та їхня інтерпретація. Тіло амфіболіту потужністю приблизно 1 м залягає в південній частині Центрального кар'єру з-поміж серпентинітів.

Амфіболіт темно-сірого забарвлення з ледь помітним зеленкуватим відтінком масивної текстури (фото 1). Структура гломеонематобластова, середньозерниста із середнім розміром зерен 1–2,2 мм. Мінеральний склад, об'ємні %: рогова обманка – 75–80, біотит – 1–3, кварц – 2; рудні: магнетит – 15–20, ільменіт – 3–5.

Хімічний склад породи (ваг. %): SiO_2 – 34,18; TiO_2 – 1,91; Al_2O_3 – 9,23; Fe_2O_3 – 21,82; FeO – 7,04; MnO – 0,25; MgO – 11,29; CaO – 8,51; Na_2O – 1,42; K_2O – 0,20; P_2O_5 – 0,59; H_2O – 0,21; В. П. П. – 2,89.

Рогова обманка таблитчастої, видовжено-таблитчастої, зрідка стовпчастої та ксеноморфної форми розміром від 0,8 до 2,5 мм. Забарвлення трав'янисто-зелене з чітким плеохроїзмом: N_g – синювато-зелений, N_p – світло-жовтий. Подекуди містить укралення округлого кварцу та ільменіту. Хімічний склад рогових обманок досить витриманий (табл. 1). Залізистість коливається у вузьких межах 31,6–32,5 ат. %. Визначено незначний дефіцит кремнію, уміст алюмінію в тетраедричній позиції становить –1,35–1,51 ф. о. для сумарного вмісту 1,35–



Фото 1. Амфіболіт, проба Ni-2-1, Капітанський масив, Центральний кар'єр

1,53 ф. о. Сума лугів коливається від 0,5 до 0,22 ф. о. з різким переважанням Na над K (Na/K – 8–12). Також є незначна кількість домішок оксидів Ti, Mn, Cr, Ni (табл. 1).

Біотит лускатої, видовжено-лускатої форми розміром 0,5–0,7 мм. Міститься в поодиноких лусках у загальній масі, має коричневе забарвлення з чітким плеохроїзмом: N_g – коричневий, буро-коричневий, N_p – світло-жовтий,

Таблиця 1. Особливості хімічного складу рогових обманок і біотиту

Мінерал № ан.	Рогова обманка						Біотит		
	10	11	12	19	20	21	1	3	8
SiO_2	48,40	47,08	46,36	48,13	47,90	47,34	37,14	37,19	38,66
TiO_2	0,92	1,01	1,01	0,89	1,09	0,81	1,44	1,49	1,67
Al_2O_3	8,46	9,56	9,36	8,71	9,38	9,17	15,49	15,57	16,29
FeO	14,38	13,52	13,38	13,98	12,87	13,58	15,41	15,01	13,23
MnO	0,35	0,34	0,25	0,38	0,31	0,23	0,04	0,20	0,18
MgO	16,82	16,10	15,60	16,32	15,64	16,01	19,89	20,59	20,96
CaO	9,01	10,71	10,45	9,24	10,75	9,55	0,66	0,43	0,57
Na_2O	1,84	2,07	2,17	2,69	1,28	1,98	0,09	0,09	0,15
K_2O	0,22	0,27	0,35	0,32	0,24	0,29	2,91	2,53	3,33
Cr_2O_3	0,10	0,15	0,10	0,46	0,05	0,10	0,12	0,00	0,03
NiO	0,10	0,08	0,00	0,00	0,05	0,03	2,17	1,92	1,44
Сума	100,60	100,88	99,03	101,10	99,57	99,07	95,36	95,03	96,52
Формульні коефіцієнти									
Si	6,613	6,457	6,488	6,573	6,611	6,572	2,384	2,390	2,435
Al^{IV}	1,362	1,543	1,512	1,401	1,389	1,428	1,172	1,179	1,209
Al^{VI}	0,000	0,001	0,032	0,000	0,137	0,072	0,000	0,000	0,000
Ti	0,095	0,104	0,106	0,091	0,113	0,085	0,070	0,072	0,079
Cr	0,011	0,016	0,011	0,050	0,005	0,011	0,006	0,000	0,002
Fe^{3+}	1,643	1,550	1,470	1,596	1,456	1,576	–	–	–
Fe^{2+}	0,000	0,000	0,097	0,000	0,030	0,000	0,827	0,807	0,697
Mn	0,041	0,039	0,029	0,045	0,037	0,027	0,002	0,011	0,009
Mg	3,426	3,292	3,255	3,322	3,217	3,313	1,903	1,972	1,968
Ni	0,011	0,009	0,000	0,000	0,005	0,003	0,112	0,099	0,073
Ca	1,319	1,574	1,567	1,351	1,590	1,420	0,045	0,030	0,038
Na	0,487	0,550	0,589	0,713	0,344	0,533	0,011	0,012	0,019
K	0,038	0,047	0,063	0,055	0,041	0,052	0,238	0,207	0,268
Петрохімічні коефіцієнти									
Na+K	0,05	0,18	0,22	0,20	0,04	0,09	0,25	0,22	0,29
f	32,4	32,0	32,5	32,5	31,6	32,2	30,3	29,0	26,2
Al	1,36	1,54	1,54	1,40	1,53	1,50	1,17	1,18	1,21
K/Na	12,71	11,76	9,37	12,90	8,30	10,23	21,3	17,9	14,2
*T, °C	–	–	–	–	–	–	609,4	614,1	637,8

Примітка. Аналізи виконано на рентгенівському мікроаналізаторі JXA-733.

* – розраховано за працею [8].

жовтогарячий. Подекуди по зернах розвивається блідо-зелений хлорит.

Залізистість біотиту – 26–30 ат. %, це дещо нижче, ніж у рогової обманки. Визначено низький уміст K_2O , який не перевищує 3,3 ваг. %. Уміст TiO_2 коливається у вузьких межах: 1,44–1,67 ваг. %. Містить до 2 ваг. % NiO , а також у набагато меншій кількості оксидів Mn , Cr та Ca (табл. 1).

Магнетит кубічної й ксеноморфної форми розміром 0,15–0,5 мм. Міститься в поодиноких зернах з-поміж загальної маси, подекуди у вигляді плямистих скупчень. Інколи зерна магнетиту утворюють зростки з ільменітом і біотитом. Хімічний склад магнетиту свідчить про наявність чималой кількості тривалентного заліза (табл. 2). Відповідно до праці (Carmichael, 1967) уміст Fe_2O_3 у мінералі оцінюють приблизно в 62–64 %. До складу магнетиту в невеликій кількості входять домішки V , Ti , Mn та Ti (табл. 2).

Ільменіт має округлу або нечітку ідіоморфну форму розміром 0,3–0,5 мм у зростанні з магнетитом, зрідка подібний до поодиноких зерен. Часто в зернах ільменіту трапляються структури розпаду – тонкі гематитові смужки. У складі ільменіту є незначні домішки Mn та V (табл. 2).

Апатит утворює призматичні й округлі зерна розміром 0,1–0,5 мм. У шліфі апатит міститься у вигляді окремих зерен і невеликих за розміром скупчень, інколи приурочений до біотиту.

Циркон зазвичай утворює ізометричні кристали з добре розвиненим огрануванням. Під бінокляром спостерігаються два різновиди кристалів – коричневі напівпрозорі зі скляним блиском і світло-рожеві прозорі з алмазним блиском.

Під час вивчення зрізів кристалів циркону під просвічувальним поляризаційним мікроскопом виявлено, що коричневі кристали здебільшого представлені двома генераціями циркону. Перша генерація має густе коричневе забарвлення й утворює ядра, на які наростає прозорий світло-рожевий циркон другої генерації. Світло-рожевий циркон, окрім нарощувань на коричневому цирконі, зрідка утворює добре огранені короткопризматичні, майже ізометричні водянопрозорі кристали з алмазним блиском.

Набагато складнішою будова кристалів циркону виявилася в результаті їхнього вивчення за допомогою електронного мікроскопа. Катодолюмінісцентні мікросвітлинні кристалів наведено на низці світлин (фото 2), з яких видно, що світло-рожевий циркон (світлий на фото) утворює оболонки на коричневому цирконі (темний) (фото 2а, 2б). Крім того, коричневий циркон також не є однорідним, а часто вміщує всередині ще темніші блоки (індивіди) (фото 2в, 2е). Водночас світло-рожевому циркону притаманна невитримана (хаотична) зональність (фото 2г, 2д), зумовлена ймовірно несиметричним і змінним у часі надходженням до кристалів, які росли, компонентів (Zr , Hf , Th , U та ін.), що могло відбуватися, певно, в умовах твердофазної перекристалізації. Зазначимо, що для коричневого циркону, якщо порівняти зі світло-рожевим, характерні набагато більші концентрації урану (177–2759 ppm, порівнюючи з 14–35 ppm у світло-рожевих (табл. 3), ан. Ni-2-1-1.1 – Ni-2-1-15.1 та ан. Ni-2-1-3.1 – Ni-2-1-14.1 відповідно), що може свідчити про вищу температуру кристалізації світло-рожевого циркону, а отже й прогресив-

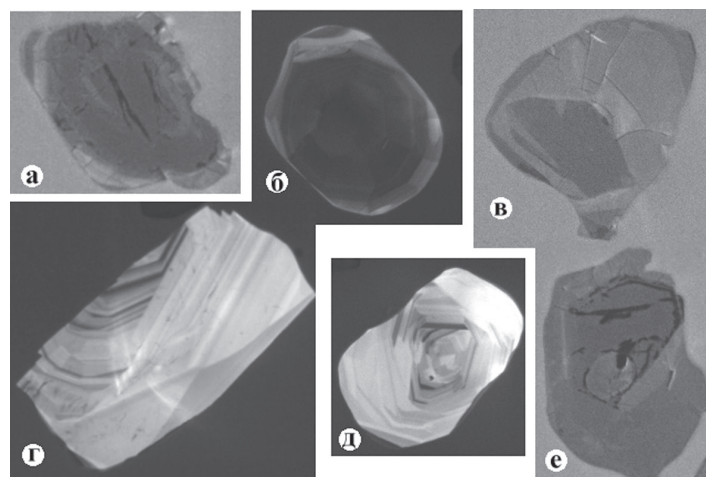


Фото 2. Мікросвітлинні зрізи кристалів циркону з амфіболіту: а, б, в, е – коричневі кристали; г, д – світло-рожеві. Електронний мікроскоп, катодолюмінісценція

Таблиця 2. Хімічний склад ільменіту та магнетиту

Мінерал	Ільменіт				Магнетит				
	№ ан.	13	14	16	17	6	7	15	18
SiO_2	0,46	0,22	0,34	0,27	1,17	0,71	1,19	0,58	
TiO_2	53,06	55,11	54,31	51,41	0,21	0,28	0,25	0,12	
Al_2O_3	0	0	0	0	0,48	0,31	0,55	0,53	
FeO (загальне)	38,74	31,75	38,79	45,17	89,87	89,19	88,7	88,18	
MnO	1,01	1,79	1,12	1,94	0,14	0,18	0,17	0,24	
Cr_2O_3	–	–	–	–	0,01	0,22	0,06	0,11	
V_2O_5	1,13	0,53	0,98	0,53	0,77	0,69	0,64	0,68	
Сума	94,4	89,4	95,54	99,32	92,65	91,58	91,56	90,44	
Формульні коефіцієнти									
Si	0,012	0,006	0,009	0,007	0,015	0,009	0,015	0,007	
Al	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,005	0,008	0,008	
Ti	1,033	1,107	1,044	0,982	0,002	0,003	0,002	0,001	
Fe	0,839	0,709	0,829	0,959	0,939	0,950	0,937	0,952	
Mn	0,022	0,041	0,024	0,042	0,001	0,002	0,002	0,003	
Cr	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	
V	0,019	0,009	0,017	0,009	0,006	0,006	0,005	0,006	
Петрохімічні коефіцієнти (Carmichael, 1967)									
Fe_2O_3 wt, %	–	–	–	–	63,8	64,1	62,9	63,8	
FeO wt, %	–	–	–	–	32,5	31,5	32,1	30,8	

Примітка. 13, 14 – вторинні зміни ільменіту у вигляді структури розпаду: 13 – світла смужка, 14 – темна смужка. Аналізи виконано на рентгенівському мікроаналізаторі JXA-733.

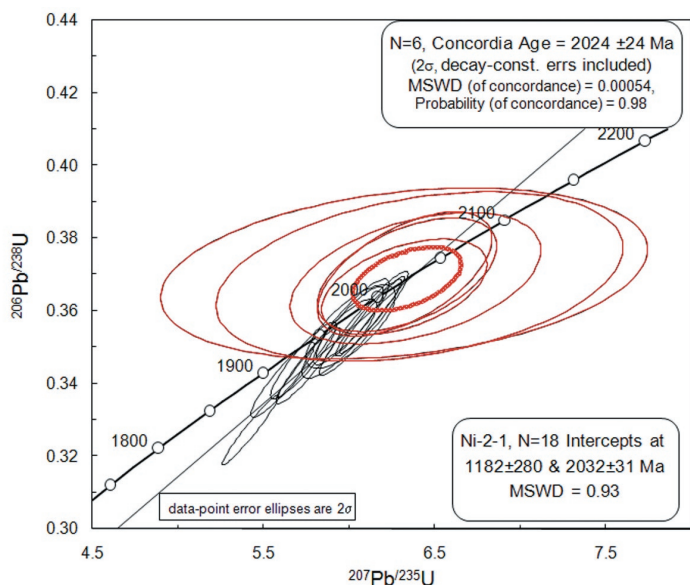


Рисунок. Уран-свинцева діаграма з конкордією для цирконів з амфіболіту, проба Ni-2-1

4. Степанюк Л. М. Кристаллогенезис и возраст цирконов из пород мафит-ультрамафитовой ассоциации Среднего Побужья//Минерал. журн. – 1996. – № 4. – С. 10–19.

5. Степанюк Л. М., Пономаренко О. М., Петриченко К. В., Кurylo С. І., Довбуш Т. І., Сергієв С. А., Родіонов М. В. Уран-свинцева ізотопна геохронологія гранітоїдів бердичівського типу Побужжя (Український щит)//Минерал. журн. – 2015. – № 3. – С. 51–66.

6. Carmichael ISE The iron–titanium oxides of salic volcanic rocks and their associated ferromagnesian silicates//Contributions to Mineralogy and Petrology. – 1967. – Vol. 14. – P. 36–64.

7. Gornostayev S. S., Wolker R. J., Hanski E. J. Evidence for the emplacement ca. 3.0 Ga mantle-derived mafic-ultramafic bodies in the Ukrainian Shield//Precambrian Research. – 2004. – 132. – P. 349–362.

8. Henry D. J., Guidotti C. V. Titanium in biotite from metapelitic rocks: Temperature effects, crystal-chemical controls, and petrologic applications//American Mineralogist. – 2002. – Vol. 87. – P. 375–382.

REFERENCES

1. Ancyferov A. V., Sheremet E. M., Glevasskij E. B., Kulik S. N., Esipchuk K. E. i dr. Geological and geophysical model Golovanevskoi seam zone of Ukrainian shield. – Doneck: “Weber”, 2008. – 308 p. (In Russian).

2. Hurskyi D. S., Bobrov O. B., Nakhlupin V. H., Merkuslyin I. Ye., Voloshyn O. V., Stepaniuk L. M., Lysenko O. A. The first find of native rhenium in ultrabasic rocks of Middle Pobuzhia//Mineralni resursy Ukrainy. – 2007. – № 1. – P. 23–32. (In Ukrainian).

3. Yesypchuk K. Y., Bobrov O. B., Stepaniuk L. M., Shcherbak M. P. et al. Correlation scheme hronostratyhrafichna Early Precambrian Ukrainian Shield (explanatory note). – Kyiv: UkrDHRI, 2004. – 30 p. (In Ukrainian).

4. Stepaniuk L. M. Crystalgenesis and age of zirconium in basic association of Middle Pobuzhia//Mineralog. zhurnal. – 1996. – № 4. – P. 10–19. (In Russian).

5. Stepaniuk L. M., Ponomarenko A. M., Petrychenko K. V., Kurylo S. I., Dovbush T. I., Serhieiev S. A., Rodionov M. V. Uran-lidium isotope geochronology of berdychiv granitoids of Pobuzhia//Mineralog. zhurnal. – 2015. – № 3. – P. 51–66. (In Ukrainian).

6. Carmichael ISE The iron–titanium oxides of salic volcanic rocks and their associated ferromagnesian silicates//Contributions to Mineralogy and Petrology. – 1967. – Vol. 14. – P. 36–64.

7. Gornostayev S. S., Wolker R. J., Hanski E. J. Evidence for the emplacement ca. 3.0 Ga mantle-derived mafic-ultramafic bodies in the Ukrainian Shield//Precambrian Research. – 2004. – 132. – P. 349–362.

8. Henry D. J., Guidotti C. V. Titanium in biotite from metapelitic rocks: Temperature effects, crystal-chemical controls, and petrologic applications//American Mineralogist. – 2002. – Vol. 87. – P. 375–382.

Рукопис отримано 31.07.2017.

О. В. ВАСИЛЬЄВ, канд. техн. наук, патентний повірений, керівник інформаційного центру “Фраксім” (Інститут математичного моделювання), ORCID-0000-0002-2312-8838

БІБЛІОМЕТРИЧНИЙ ПОРТРЕТ ЖУРНАЛУ “МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ”

Репрезентація періодичних видань науково-дослідних установ у загальнодоступних інформаційних системах і спеціалізованих наукометричних системах набуває все більшої важливості. Сучасні наукові дослідження потребують чіткої картини науково-інформаційного простору, моніторингу нових публікацій. Менеджмент наукових досліджень неможливий без показників результативності наукових установ і потребує актуальних даних щодо статистики публікування наукових статей та інших матеріалів. Наукові установи та науковці зацікавлені в поширенні інформації про наукові результати й досягнення з-поміж колег світової спільноти, пошуку партнерів у дослідженнях, впровадженні власних наукових результатів.

Редакція журналу “Мінеральні ресурси України” за останні два роки провела низку заходів для сприяння доступності й поширенню публікацій журналу в різних інформаційно-пошукових системах.

На початку 2016 року журнал зареєстровано в реєстрі “Ulrich’s Serial Solution” (<http://www.ulrichsweb.com>), що охоплює основні дані про всі періодичні видання світу, які видавали й видають з 1932 року. Факт реєстрації у всесвітньовідомому каталозі створює базові перспективи просування журналу.

Створено електронний архів статей журналу з 2010 року, доступний в мережі Інтернет через дві інформаційно-пошукові системи: “Наукова періодика України” (Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського) і систему “Мінеральні ресурси України” (платформа “Інформатіо-Консорціум” – <http://informatio-consortium.net/ojs/index.php/mru/>) за технологією OJS (Open Journal System). Обидві платформи сприяють доступності матеріалів журналу для загальних пошукових систем в інтернеті та спеціалізованої системи “Scholar Google” (<http://scholar.google.com>), яка забезпечує індексування та ефективний пошук науково-технічних публікацій в інтернеті та відкритій частині (реферативно-бібліографічній) комерційних систем науково-технічної інформації. Таким чином, усі автори, які регулярно публікуються на сторінках журналу, отримали змогу визначити індекс цитування та індекс Гірша на масиві публікацій, що індексуються в “Scholar Google”. Технологія OJS додатково дає змогу приєднати ідентифікатор ORCID до персональних даних кожного автора, що полегшує ідентифікацію автора в будь-якій сучасній наукометричній системі.

У 2016 році журнал отримав індекс ICV2015 = 53,97 у системі Index Copernicus.

Упродовж 2016 року журнал подав апікації на індексування публікацій до систем DOAJ (Directory of Open Access Journal – <http://www.doaj.org>), Агрегативної інформаційно-пошукової системи баз даних EBSCOhost та Електронної бібліотеки “e-Library.ru”. Редакція послідовно змінює технологію підготовки та представлення публікацій відповідно до стандартів наукометричних систем SCOPUS і Web of Science.

Входження до названих систем сприятиме підвищенню цитування наукових статей, які публікують в журналі.