

УДК 550.92

<https://doi.org/10.30836/gbhgd.2024.2>

**ПАЛЕОАРХЕЙСЬКИЙ (3,5 МЛРД РОКІВ) ВІК ТРОНД'ЄМІТІВ  
КУРСЬКО-БЕСЕДИНСЬКОГО БЛОКА КМА**

***Артеменко Г.В.*<sup>1</sup>, *Шумлянський Л.В.*<sup>1,2</sup>, *Швайка І.А.*<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ, [regulgeo@gmail.com](mailto:regulgeo@gmail.com)

<sup>2</sup> Інститут геологічних наук Польської академії наук, м. Краків, Польща, [lshumlyanskyu@yahoo.com](mailto:lshumlyanskyu@yahoo.com)

**PALEOARCHAEIC (3.5 BILLION YEARS) AGE OF TRONDIEMITES OF  
THE KURSK-BESEDINA BLOCK OF KMA**

***Artemenko G.V.*<sup>1</sup>, *Shumlyanskyi L.V.*<sup>1,2</sup>, *Shvayka I.A.*<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, [regulgeo@gmail.com](mailto:regulgeo@gmail.com)

<sup>2</sup> Curtin University, School of Earth and Planetary Sciences, Perth, Australia, [leonid.shumlyanskyu@curtin.edu.au](mailto:leonid.shumlyanskyu@curtin.edu.au)

The hornblende-biotite gneisses of the Kursk-Besedyne block of the KMA Domain correspond to the rocks of the TTG series in terms of their chemical composition. The REE pattern is dominated by light REEs ( $(La/Yb)_N = 13.3$ ); heavy REEs are not fractionated, indicating the absence of garnet in the residue of their magmatic source. They could have formed during the melting of the thickened basaltic crust. The U-Pb age of zircon from hornblende-biotite gneisses, obtained by the LA-ICP-MS method, is  $3504 \pm 8$  Ma. Hafnium isotope composition in zircon corresponds to the chondrite reservoir. The mafic crust hafnium model age is ca. 3.95 Ga. The TTG association of the Kursk-Besedyne block is coeval to tonalites of the northern part of the Orikhiv-Pavlohrad structure of the Azov Domain of the Ukrainian Shield. TTG magmatism of this age probably completes the stage of formation of the early crust in the Azov and KMA domains.

Приазовський та Середньопридніпровський райони Українського щита та Курський район Воронізького кристалічного масиву, які є просторово роз'єднаними, мають велику подібність у геологічній будові. Порівняльне вивчення та кореляція геологічних комплексів на цих блоках дозволяє оцінити масштаби короутворюючих процесів, еволюцію геодинамічних режимів, починаючи з етапу зародження сіалічної кори, а також дрейфу архейських літосферних плит у палеопротерозої [1].

Курсько-Бесединський блок (розмір 200×35 км) є блоком другого порядку у структурі району Курської Магнітної Аномалії (КМА, розмір 500×300 км). Він розташований між Михайлівсько-Білгородською та Орловсько-Тимською палеопротерозойськими структурами [2]. Курсько-Бесединський блок складний біотитовими, біотит-роговообманковими плагіогнейсами з малопотужними прошарками роговообманкових амфіболітів обоянського комплексу. У межах гнейсових полів виділяються магнітні аномалії (Ушаківські, Кувшиновські, Будановські, Бесединські та ін.) еліпсоподібної, серповидної та смугоподібної форми, складені шпінель-гранат-кордієрит-силліманітовими метапелітами і піроксен-кварц-магнетитовими залізистими кварцитами. Інтрузивні утворення Курсько-Бесединського блоку представлені габроїдами та гіпербазитами бесединського комплексу, які також метаморфізовані у гранулітовій фації.

За результатами попередніх геохронологічних досліджень методом TIMS уран-свинцевий ізохронний вік роговообманково-біотитових гнейсів становить  $3277 \pm 33$  млн років [3]. Час гранулітового метаморфізму визначено за цирконом у 2,76 млрд років [4].

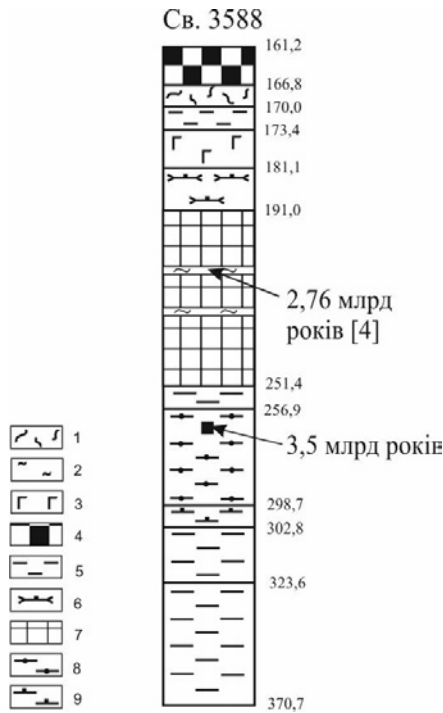


Рис. 1. Схематична колонка св. 3588. 1 – кора вивітрювання; 2 – високоглиноземисті метапеліти; 3 – метагаброїди, метапіроксеніти та їх метаморфізовані еквіваленти; 4 – кварцит залістий; 5 – граніто-гнейс лейкократовий; 6 – апопіроксенітовий амфіболіт 7 – евлізит; 8 – амфібол-біотитовий плагіогнейс; 9 – амфіболіт.

Авторами [2] запропоновано концепцію історії формування комплексу порід Курсько-Бесединського блоку, згідно з якою, гранулітовий метаморфізм пов'язується з активністю мантийного плюма, який визначив андерплейтинг мантийних магм; формування внутрішньоконтинентальної депресії; її швидке заповнення осадами, зокрема, залістими; високотемпературний метаморфізм граніт-зеленокам'яного фундаменту та осадового виповнення депресії. Далі відбулося колізійне стиснення і перетворення депресії у синформний тектонічний покрив. Структури такого типу віднесені авторами до типу овоїдних структур, які виділені на Волго-Уральському мікроконтиненті і одна з таких структур знаходиться в межах на Курсько-Бесединського блоку.

**Метою дослідження** було датування методом LA-ICP-MS циркону з амфібол-біотитових гнейсів Курсько-Бесединського блоку, розбурених у св. 5288 (рис. 1). В інтервалі 161,2-251,4 м свердловина розкрила породи, метаморфізовані в гранулітовій фації (евлізити, магнетитові залісті кварцити, гранат-силліманітові гнейси), а в інтервалі 251,4-370,3 м - породи амфіболітної фації. Контакт між ними тектонічний.

### Результати досліджень

**Петрологія.** Роговообманково-біотитовий плагіогнейс (Бесединський ділянка, св. 3588, інт. 262,5-265,8 м, проба 92-31) (рис. 1) складений різнозернистою кварц-олігоклазовою масою з тонкими, часто переривчастими роговообманково-біотитовими шарами, що надають породі гнейсоподібної текстури. Структура нематолепідогранобластова. Мінеральний склад породи (%): кварц 40-45; олігоклаз 30-35; біотит 5-15; рогова обманка 2-6; магнетит 5-8; епідот, апатит, сфен та циркон у поодиноких зернах.

За хімічним складом вони відповідають сімейству низьколужних гранітів нормального ряду натрієвої серії [5]. На класифікаційній діаграмі Ab-An-Or відповідають тронд'ємітам. Мають високу залістість  $X_{Fe}=0,73$ .

Роговообманково-біотитові плагіогнейси характеризуються невисоким вмістом Rb (19 ppm) та Sr (167 ppm). Відносно складу ТТГ, в них підвищений вміст таких високозарядних елементів, як - Nb (10,3 ppm); Y (30,6 ppm), Yb (2,75 ppm); низький вміст Ni (5,3 ppm). Сумарний вміст РЗЕ складає 223,3 ppm. РЗЕ диференційовані –  $(La/Yb)_N = 13,3$ , при  $Yb_N = 16,2$ , спостерігається позитивна європієва аномалія -  $Eu/Eu^* = 1,26$  (рис. 2). На спайдер-діаграмі виділяються негативні аномалії Nb, Ti та Sr (рис. 3).

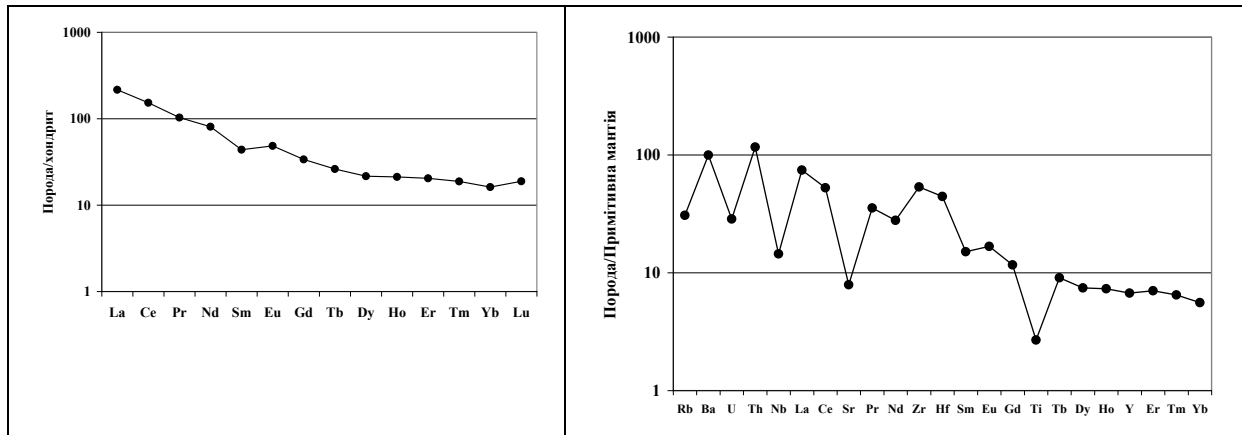


Рис. 2. Графік розподілу РЗЕ для роговообманково-біотитових плагіогнейсів Курсько-Бесединського блоку. Нормовано на склад хондриту С1 [6].

Рис. 3. Спайдер-діаграма для роговообманково-біотитових плагіогнейсів Курсько-Бесединського блоку. Нормовано на склад примітивної мантії [6].

**Мінералогія циркону.** У роговообманково-біотитових плагіогнейсах спостерігається два різновиди циркону. Перший різновид (90%) – представлений короткопризматичними кристалами неправильної форми, агрегатними, або просто недооформленими кристалами з нерівною бугристою поверхнею. Розмір за  $L_4$  - 0,2-0,4 мм. Коефіцієнт видовження - 2,0. Циркон коричневий, прозорий та напівпрозорий зі згладженими гранями. Блиск матовий. Внутрішня будова однорідна. У поодиноких зернах виділяється вузька регенераційна облямівка. Другий різновид (10%) - "дорогоцінний" циркон. Трапляються округлі, подовжено-округлі, сплюснені та сплюснено-призматичні кристали з низькою широкою пірамідкою. Розмір за  $L_4=0,03-0,25$  мм. Цей циркон рожевий або коричневий, прозорий зі скляним блиском. Внутрішня будова однорідна.

**Геохронологія.** Продатовано 20 кристалів циркону з роговообманково-біотитових плагіогнейсів. Результати датування лежать поблизу конкордії та розташовуються в діапазоні віків від 3500 до 3300 млн років (рис. 4). Лінія регресії, проведена через всі результати аналізів, перетинає конкордію в точках, що відповідають вікам у  $3498 \pm 33$  та  $2746 \pm 170$  млн років. Оскільки всі проаналізовані кристали цирконів мають дуже близький ізотопний склад гафнію, можна припустити що варіації U-Pb віку викликані частковою втратою радіогенного свинцю, яка була пов'язана з термальною подією біля 2750 млн років тому. Група найдавніших конкордантних кристалів має конкордантний вік у  $3504 \pm 8$  млн років, який ми приймаємо за час кристалізації породи.

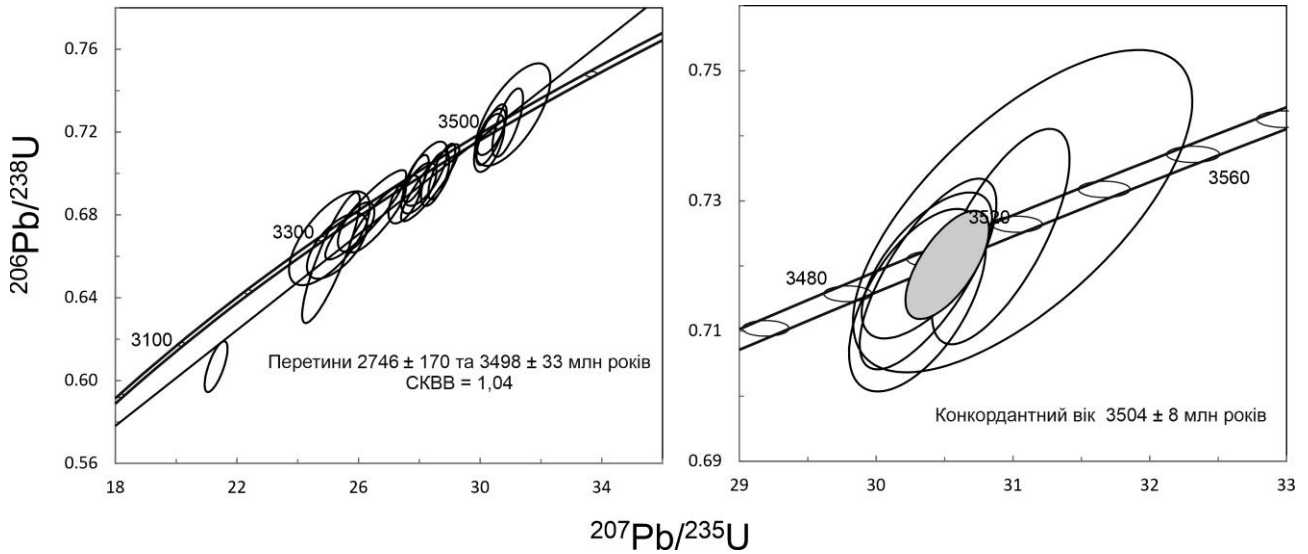


Рис. 4. U-Pb діаграма з конкордією для кристалів циркону з роговообманково-біотитових гнейсів (проба 92-31).

**Ізотопний склад гафнію.** Всі отримані визначення ізотопного складу гафнію (яке проводилося в 14 кристалах в тих саме точках, в яких раніше визначався ізотопний вік) вказують на їх близькість, незалежно від позірною U-Pb ізотопного складу цирконів. Середньозважений ізотопне відношення  $^{176}\text{Hf}/^{177}\text{Hf}$ , розраховане на вік у 3504 млн років, становить  $0.280519 \pm 0.000014$ , що відповідає величині  $\epsilon\text{Hf} = 0,2 \pm 0,5$ , та модельному віку за моделлю кислої кори у  $3760 \pm 26$  млн років, і за моделлю основної кори у  $3953 \pm 45$  млн років.

**Обговорення результатів та висновки.** Вивчені роговообманково-біотитові гнейси Курсько-Бесединського блоку за складом відповідають тронд'ємітам натрієвої серії. Згідно з геохімічними даними, вони могли утворитися при плавленні потовщеної базитової кори. Конкордантний U-Pb вік циркону з рогово-обманково-біотитових гнейсів, отриманий методом LA-ICP-MS, становить  $3504 \pm 8$  млн років. Гафній має ізотопний склад, що відповідає хондритовому резервуару. Отже, тронд'ємити виплавлялися із дещо більш давнього (біля 3,95 млрд років) базитового нижньокорового джерела.

За геохронологічними даними, ТТГ Курсько-Бесединського блоку є одновіковими з тоналітами північної частини Оріхово-Павлоградської структури Приазовського району Українського щита, які мають вік біля 3,5 млрд років [7]. ТТГ магматизмом цього віку, вірогідно, завершується етап формування ранньої кори Приазовського району та району КМА. Пізнішими на Приазовському мегаблоці є тоналіти віком 3,3 млрд років Білоцерковської структури [8], з якими постійно асоціюють великі останці високометаморфізованих осадово-вулканогенних порід зеленокам'яних структур [9] з ще не визначеним віком та мезоархейський (3,2-2,92 млрд років) граніт-зеленокам'яний комплекс [10]. Останні два етапи пов'язані, вірогідно, з континентальним рифтогенезом на ранній корі Землі і формуванням зеленокам'яних поясів.

**Подяки.** Ця робота являє собою частину проекту No. 2021/43/P/ST10/02283, що фінансується National Science Centre (Польща) та рамковою програмою

Європейського Союзу досліджень та інновацій Horizon 2020, грант No. 945339  
по програмі Marie Skłodowska-Curie.

**Література**

1. Артеменко Г.В. Геохронологическая корреляция вулканизма и гранитоидного магматизма юго-восточной части Украинского щита и Курской магнитной аномалии // Геохимия и рудообразование.- 1995.- №21.- С.129-154.
2. Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы: Интерпретация материалов по опорному профилю 1-ЕВ, профилям 4В и ТАТСЕЙС: В 2 т. + комплект цветных приложений. — М.: ГЕОКАРТ: ГЕОС, 2010. — Т. 1. 408 с.
3. Артеменко Г. В. Палеоархейский возраст ультраметаморфических плагиогранитоидов Курско-Бесединского блока (Воронежский кристаллический массив) / Г. В. Артеменко, И. А. Швайка, Е. А. Татарина // Геологический журнал. – 2006. – № 1. – С. 84–87.
4. Артеменко Г.В., Швайка И.А. Генезис и возраст роговообманково-биотитовых плагиогнейсов и метапелитов гранулитовой фации Курско-Бесединского блока (Воронежский кристаллический массив) // Геологія і корисні копалини України: Збірник тез наукової конференції, присвяченої 100-річному ювілею Національної академії наук України та Державної служби геології та надр України (Київ, 2-4 жовтня 2018 р.) / НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка. – Київ, 2018. – С.17-19.
5. Магматические породы. Кислые и средние породы (1987) / Под ред. О.А. Богатикова, С.В. Богданова, А.М. Борсук. Москва: Наука, Т. 4. 375 с.
6. Sun, S.S. and McDonough, W.F. (1989), *Magmatism in the Ocean Basins*, *Geol. Society Special Publ.*, in Saunders, A.D. & Norry, M.J., No. 42, pp. 313-345.
7. Лобач-Жученко С.Б., Бибикина Е.В., Балаганский В.А., Сергеев С.А., Артеменко Г.В., Арестова Н.А., Щербак Н.П., Пресняков С.Л. Палеоархейские тоналиты в палеопротерозойской Орехово-Павлоградской коллизионной зоне Украинского щита. Доклады РАН. 2010. Т. 433. № 2. С. 212-218.
8. Artemenko G.V., Shumlyansky L.V. The paleoarchean (3,3 Ga) and mesoarchean (3,0 Ga) Tonalite-Trondhjemite-Granodiorite rocks of the Western Azov Area, The Ukrainian Shield. *Geologičnij žurnal*. - No 3. - 2021. - P. 35-47. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.3.0000>
9. Кравченко Г.Л., Довгань Р.Н. Материалы к государственной геологической карте СССР масштаба 1:200000, листы: L-37-VII и L-37-VIII. – УТГФ, 1962.
10. Щербак Н.П., Артеменко Г.В. Лесная И.М., Пономаренко А.Н. Геохронология раннего докембрия Украинского щита (архей)”, монография. - Киев: Наук. думка, 2006. – 321