

УДК 550.384

<https://doi.org/10.30836/gbhgd.2024.60>

## ПАЛЕОТЕКТОНІЧНА РЕКОНСТРУКЦІЯ СХІДНОЄВРОПЕЙСЬКОЇ ПЛАТФОРМИ У ПАЛЕОПРОТЕРОЗОЇ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ПАЛЕОМАГНІТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

***Черкес С.І.<sup>1</sup>, Бахмутов В.Г.<sup>1</sup>, Митрохин О.В.<sup>2</sup>, Поляченко Є.Б.<sup>1</sup>,  
Литвиненко Ю.О.<sup>3</sup>***

<sup>1</sup>Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна,  
[semyoncherkes@gmail.com](mailto:semyoncherkes@gmail.com), [bahmutovvg@gmail.com](mailto:bahmutovvg@gmail.com), [poliachenkoib@gmail.com](mailto:poliachenkoib@gmail.com)

<sup>2</sup>ННІ «Інститут геології» КНУ ім. Тараса Шевченка, Київ, Україна, [mitrokhin.a.v@ukr.net](mailto:mitrokhin.a.v@ukr.net)

<sup>3</sup>Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, Київ,  
Україна, [lisick8@gmail.com](mailto:lisick8@gmail.com)

## PALAEOTECTONIC RECONSTRUCTION OF THE EAST EUROPEAN PLATFORM IN THE PALAEOPROTEROZOIC BASED ON THE RESULTS OF PALAEOMAGNETIC STUDIES

***Cherkes S.I.<sup>1</sup>, Bahmutov V.G.<sup>1</sup>, Mytrokhyn O.V.<sup>2</sup>, Poliachenko I.B.<sup>1</sup>,  
Lytvynenko Yu.O.<sup>3</sup>***

<sup>1</sup>S. Subbotin Institute of Geophysics of NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine,  
[semyoncherkes@gmail.com](mailto:semyoncherkes@gmail.com), [bahmutovvg@gmail.com](mailto:bahmutovvg@gmail.com), [poliachenkoib@gmail.com](mailto:poliachenkoib@gmail.com)

<sup>2</sup>Institute of Geology Taras Shevchenko National University of Kyiv, Ukraine,  
[mitrokhin.a.v@ukr.net](mailto:mitrokhin.a.v@ukr.net)

M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,  
Kyiv, [lisick8@gmail.com](mailto:lisick8@gmail.com)

The results of palaeomagnetic studies of the Palaeoproterozoic rocks of the Volyn and Inhul domain of the Ukrainian Shield are presented. Based on the new data and selection of the most reliable palaeomagnetic determinations for the Palaeoproterozoic of the East European Platform, the palaeotectonic reconstructions of the East European Platform (EEC) for the studied time intervals of ~2.0–1.75 Ga are proposed. According to palaeomagnetic data, ~1.76 Gya Fennoscandia occupied a sub-equatorial position, and the Volgo-Sarmatia was located near the equator and rotated counterclockwise relative to Fennoscandia by ~40° compared to its present position within the EEC. Thus, the final formation of the EEC occurred no earlier than 1.76 Gya.

**Вступ.** Східноєвропейська платформа (СЄП), завдяки своїй детальній тектонічній вивченості, займає одне із ключових місць в реконструкціях суперконтинентів. СЄП складається із Фенноскандії, Волго-Уралії та Сарматії, при цьому кожен із цих сегментів характеризується власною еволюцією [1]. В цьому контексті важливим є визначення індивідуальних особливостей дрейфу сегментів СЄП, часу їх консолідації та формування Українського щита (УЩ) як єдиного тектонічного блоку. Найефективнішим шляхом вирішення цієї проблеми є виконання палеомагнітних досліджень різних порід УЩ, спираючись при цьому на геолого-тектонічні та геохронологічні дані. Палеомагнітні дані відіграють важливу роль у палеотектонічних реконструкціях – наявність узгодженого набору таких даних дозволяє виконувати моделювання геодинамічного розвитку окремих ділянок земної кори за кількісними показниками (палеоширотне положення, швидкість дрейфу та кутова швидкість обертання). На жаль, наявні палеомагнітні визначення вкрай неоднорідні за

віковими прив'язками, а їх нестача особливо проявляється для докембрію, зокрема палеопротерозою [2], що пов'язано з обмеженою кількістю придатних для вивчення об'єктів.

Одними з найцікавіших палеопротерозойських об'єктів для палеомагнітних досліджень в межах УЩ є породи Коростенського плутону та Букинського масиву Волинського мегаблоку УЩ, а також породи Корсунь-Новомиргородського плутону та Новоукраїнського масиву Інгульського мегаблоку УЩ. Для порід цих комплексів наявні сучасні геохронологічні визначення [3], а попередні палеомагнітні дослідження виділили найбільш інформативні різновиди цих порід [4, 5, 6].

**Об'єкти і методи дослідження.** Досліджувані об'єкти представлені різними породами Коростенського плутону (КП) та Букинського масиву (БМ) Волинського мегаблоку УЩ, а також Корсунь-Новомиргородського плутону (КНП) та Новоукраїнського масиву (НМ) Інгульського мегаблоку УЩ (рис. 1). Відбір зразків виконувався переважно в межах закинутих або діючих кар'єрів, а також в межах природніх відслонень. Перевага віддавалася точкам відбору, в межах яких раніше були отримані якісні геохронологічні визначення.

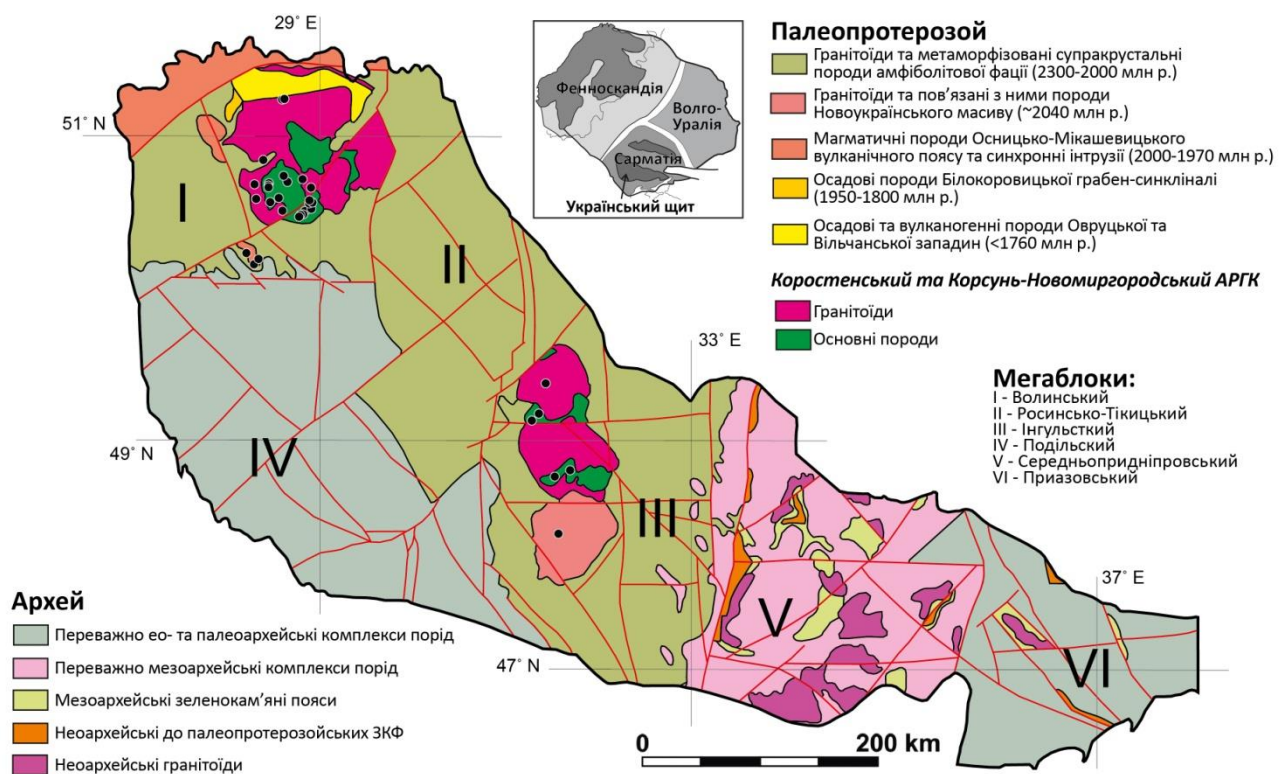


Рисунок 1 – Схематична геологічна карта Українського Щита із положенням точок відбору (чорні кружечки). Адаптовано із [3].

В межах КП відбір зразків основних та кислих порід відбувався переважно в південній частині, яка найбільш розкрита і доступна для відбору. Загалом було відібрано колекції зразків із 22 точок (~500 зразків). Базуючись на даних попередніх досліджень [4, 5, 7], основна увага приділялась основним породам (переважно анортозити, а також габро-анортозити та габро Володарськ-Волинського габро-анортозитового масиву, усього 17 точок відбору). За

геохронологічними даними відібрані колекції порід мають вік в діапазоні близько 1,75–1,80 млрд р., тоді як найбільш палеомагнітно інформативні основні породи Володарськ-Волинського масиву мають досить вузький віковий діапазон ~1,76 млрд р. [3].

На БМ було відібрано колекції зразків із 3-х точок (~80 зразків) із центрально-західної та південної частин. Відібрані колекції представлені монцодіоритами, монцонітами та гранодіоритами. Вік досліджуваних порід, як і БМ загалом, оцінюється у  $1,987 \pm 14$  млрд р [8].

Відбір зразків КНП відбувався з декількох масивів. В межах Городищенського та Новомиргородського габро-анортозитових масивів було відібрано колекції з 5-ти точок (анортозити та монцонітова дайка, ~120 зразків), а в межах Корсунь-Шевченківського гранітоїдного масиву відібрану 1 колекцію гранітів рапаківі. Вік відібраних порід оцінюється у ~1,75 млрд р. [3].

Породи НМ представлені габро-монцонітами віком  $2,035 \pm 10$  млрд р. [8] з одної точки відбору.

Зразки відбиралися за допомогою портативного бура, їх орієнтація виконувалася магнітним та сонячним компасом. Вибурені керни діаметром 2,54 см були розрізані на стандартні зразки висотою 2,2 см. Процедури поетапного температурного розмагнічування і палеомагнітні вимірювання проводилися в магніто-екранованому приміщенні MMLFC (Magnetic Measurements, Великобританія). Вимірювання магнітної сприйнятливості після кожного етапу нагріву застосовували для моніторингу мінералогічних змін. Процедуру температурного розмагнічування проводили з використанням печі MMTD80 (Magnetic Measurements) з кроком 50–10 °С до досягнення 590–640 °С. Природну залишкову намагніченість та магнітну сприйнятливість зразків вимірювали за допомогою магнітометра JR-6A (AGICO, Чехія) та каппаметра MFK1-FB (AGICO). Частина зразків розмагнічувалася змінним магнітним полем на пристрої для розмагнічування LDA-3A (AGICO). Дані розмагнічування оброблялися методом аналізу головних компонент [9] та кіл перемагнічування [10] з використанням програмного забезпечення Remasoft 3.0 [11]. Палеотектонічні реконструкції та розрахунки відповідних кінематичних параметрів відбувалися по програмі GMAP2012. З метою ідентифікації феромагнітних мінеральних фаз виконувалися термокаппаметричні дослідження на каппаметрі KLY-5A (AGICO) із термоприставкою CS4. Електронно-мікроскопічні та мікрозондові дослідження виконувались із застосуванням мікроскопа JSM-6700F (JEOL, Японія), обладнаного енергодисперсійною системою для мікроаналізу JED-2300, та рентгенівського мікроаналізатора JXA-733, а також мікроскопа РЭММА-202М (SELMІ, Україна) з енергодисперсійним рентгенівським спектрометром «Link systems».

**Результати та висновки.** За отриманими даними для найбільш інформативних порід були виділені характеристичні компоненти намагніченості (ХКН), які за усіма ознаками є первинними. На основі даних розмагнічування виявлено високотемпературну ХКН і розраховано відповідні палеомагнітні полюси для габро-монцонітів НМ ( $P_{lat} = 43,4$ ,  $P_{lon} = 141,9$ ,  $dp/dm = 4,8/8,2$ ,  $n = 14$ ), та монцонітів БМ ( $P_{lat} = 47,5$ ,  $P_{lon} = 144,9$ ,  $dp/dm = 4,0/6,8$ ,  $n = 12$ ). Температурні

інтервали розмагнічування загалом подібні до магнетитових ( $T_C \approx 580^\circ\text{C}$ ), але часто повне розмагнічування відбувається після досягнення температур  $620\text{--}630^\circ\text{C}$ , що може свідчити про наявність в породах однофазно окисленого магнетиту. Розраховані відповідні палеомагнітні визначення для масивів добре узгоджуються з даними, отриманими для протерозойських дайок північно-західної частини Волинського мегаблоку з віком  $\sim 2$  млрд р. Згідно з новими палеомагнітними визначеннями, Волинський та Інгульський мегаблоки не зазнавали значних рухів один відносно одного після  $\sim 2$  млрд р. т. і з того часу могли розвиватися в межах єдиної структури УЩ, який в цей час займав палеошироти близько  $20\text{--}25^\circ$  (рис. 2).

За результатами досліджень порід КП та КНП для анортозитів, габро-анортозитів, габро та монцонітів було виділено біполярну ХКН. Петромагнітні та мікроскопічні дані вказують на її первинну природу, основним носієм первинної намагніченості було встановлено дрібнозернистий титаномагнетит з невеликою кількістю  $Ti$ , який представлено тонкими ізольованими голкоподібними/пластинчастими ексклюзійними утвореннями в плагіоклазах та піроксенах. Нові палеомагнітні визначення для КП ( $P_{lat} = 26,1$ ,  $P_{lon} = 170,4$ ,  $A_{95} = 4,4$ ,  $N = 13$ ) та КНП ( $P_{lat} = 22,3$ ,  $P_{lon} = 167,5$ ,  $A_{95} = 4,5$ ,  $N = 5$ ) добре узгоджуються між собою та з даними, отриманими раніше для інших порід подібного віку в межах Волинського та Інгульського мегаблоків УЩ. Це свідчить про те, що ці блоки розвивалися в рамках єдиної тектонічної одиниці щонайменше з 1,76 млрд р. т. УЩ в цей час займав субекваторіальні палеошироти близько  $5\text{--}10^\circ$  (рис. 2).

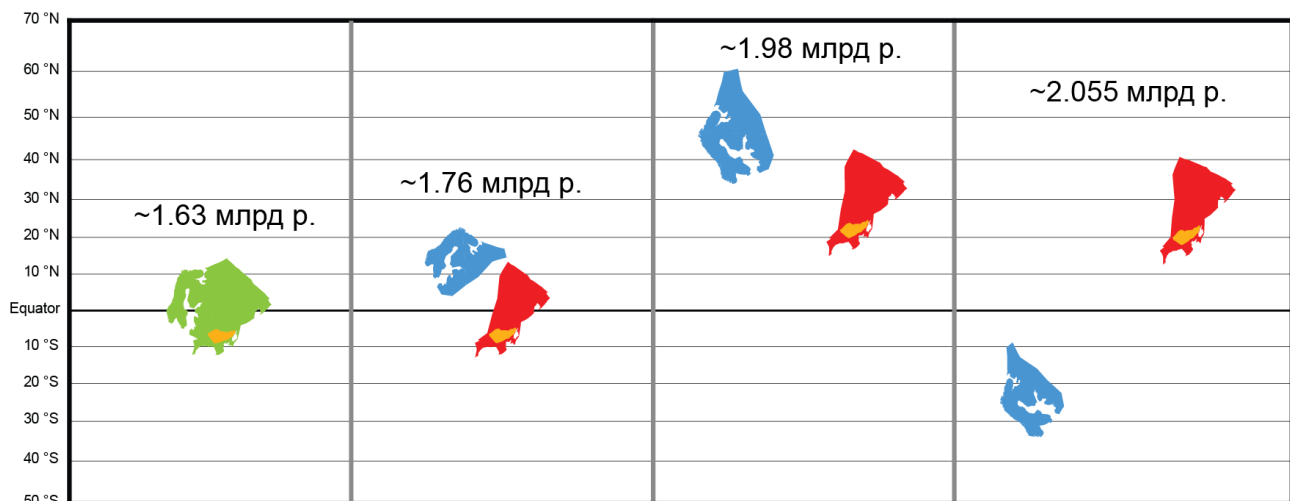


Рисунок 2 – Пропонована модель палеотектонічної реконструкції для СЄП (зеленим), та її сегментів – Волго-Сарматії (червоним) та Фенноскандії (синім). Положення УЩ показано помаранчевим.

Згідно з новими палеомагнітними даними для УЩ, а також за даними виконаної вибірки найбільш надійних палеомагнітних визначень для палеопротерозою СЄП, було розраховано кінематичні параметри для СЄП (та її сегментів) і виконано відповідні палеотектонічні реконструкції (див. рис. 2). Так, на відрізьку  $2,055\text{--}1,98$  млрд р. т. Волго-Сарматія займала палеошироти  $\sim 15\text{--}40^\circ$ , значного широтного дрейфу та обертання при цьому не спостерігалось, в цей час

вона була повернута відносно Фенноскандії на  $40\text{--}20^\circ$  проти г. с. Фенноскандія  $\sim 2,055$  млрд р. т. займала палеошироти  $10\text{--}30^\circ$  по іншу сторону від екватора відносно Волго-Сарматії, потім Фенноскандія зазнала широтного дрейфу на  $65^\circ$  і вже  $\sim 1,98$  млрд р. т. вона розташовувалася на палеоширотах  $35\text{--}60^\circ$  в одній півкулі із Сарматією. Близько  $\sim 1,76\text{--}1,75$  млрд р. т. Фенноскандія займала субекваторіальне положення в межах палеоширот  $5\text{--}20^\circ$ , а Волго-Сарматія була розташована поблизу екватора і повернута проти годинникової стрілки відносно Фенноскандії на  $\sim 40^\circ$  порівняно з її сучасним положенням в рамках СЄП. Таким чином, остаточне формування СЄП відбулося не раніше 1,76 млрд р. т.

Відповідно до наявних палеомагнітних визначень, максимальні амплітуди швидкості широтного дрейфу у палеопротерозої досягали 15 см/рік як для Волго-Сарматії, так і для Фенноскандії, а швидкість кутового обертання Фенноскандії не перевищувала  $6^\circ/\text{млн р.}$ , для Сарматії спостережене кутове обертання було майже відсутнє.

### Література

1. Bogdanova S.V., Bingen B., Gorbatshev R., Kheraskova T.N., Kozlov V.I., Puchkov V.N., Volozh, Y.A. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia // Precambrian Research, 2008. V. 160, №1-2. P. 23–45.
2. Veikkolainen T., Pesonen D.A.D. PALEOMAGIA: A PHP/MYSOL database of the Precambrian paleomagnetic data // Studia Geophysica et Geodaetica, 2014. V. 58, № 3. P. 425–441.
3. Shumlyansky L., Hawkesworth C., Billström K., Bogdanova S., Mytrokhyn O., Romer R., Dhumie B., Claesson S., Ernst R., Whitehouse M., Bilan O. The origin of the Palaeoproterozoic AMCG complexes in the Ukrainian shield: New U-Pb ages and Hf isotopes in zircon // Precambrian Research, 2017. V. 292. P. 216–239.
4. Михайлова Н.П., Кравченко С.Н., Глевасская А.М. Палеомагнетизм аортозитов. Киев: Наукова думка, 2009. 212 с.
5. Bakhmutov V., Mytrokhyn O., Poliachenko I., Cherkes S. New palaeomagnetic data for Palaeoproterozoic AMCG complexes of the Ukrainian Shield // Geofizicheskiy Zhurnal, 2023. V. 45, № 4. P. 3–19.
6. Cherkes S., Bakhmutov V., Mytrokhyn O., Poliachenko I., Skarboviychuk T. Palaeomagnetism of the Palaeoproterozoic basic rocks of the Volodarsk-Volynskiy massif, Korosten plutonic complex // International Conference of Young Professionals “GeoTerrace-2023”, 2-4 October 2023, Lviv, Ukraine. Lviv, 2023. GeoTerrace-2023-008.
7. Elming S.-A., Mikhailova N.P., Kravchenko S.N. Palaeomagnetism of Proterozoic rocks from the Ukrainian Shield: new tectonic reconstruction of the Ukrainian and Fennoscandian shields // Tectonophysics, 2001. V. 339, № 1-2. P. 19–38.
8. Щербак Н. П., Артеменко Г. В., Лесная И. М., Пономаренко А. Н., Шумлянський Л. В. Геохронологія раннього докембрія Українського щита. (Протерозой). Киев: Наукова думка, 2008. 341 с.
9. Kirschvink J.L. The least squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data // Geophys. J. Roy. Astron. Soc., 1980. V. 62. P. 699–718.
10. Halls, H.C. A Least-Squares Method to find a Remanence Direction from Converging Remagnetization Circles // Geophysical Journal International, 1976. V. 45, № 2. P. 297–304.
11. Chadima M., Hroudá F. Remasoft 3.0 a user-friendly paleomagnetic data browser and analyzer // Travaux Géophysiques, 2006. V. 27. P. 20–21.