

Геологічні факти, геологічні судження, геологічна істина і Державна геологічна карта Українського щита

О.Б. Гінтов, С.В. Мичак, 2024

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна
Надійшла 24 січня 2024 р.

«Працювати — це означає вирішити гумати інакше, ніж гумав раніше»

Мішель Фуко, ХХ ст.

«Знанням деяких принципів легко замінують незнання деяких фактів»

Клод Адріан Гельвецій, ХVІІІ ст.

Розглянуто недоліки виданих в Україні геологічних карт і карт корисних копалин кристалічного фундаменту Українського щита, Державної геологічної карти України масштабу 1:200 000 щодо їх відповідності сучасним поглядам на будову і розвиток земної кори у ранньому докембрії (архей—ранній протерозой). Показано, що, незважаючи на основну вимогу ранньодокембрійської секції Національного стратиграфічного комітету України щодо необхідності вікового розчленування докембрійських утворень Українського щита за даними ізотопної геохронології, це не стало основою при складанні геологічних карт. Деякі автори і редактори карт не позбулися впливу застарілої концепції формування ранньодокембрійських товщ унаслідок їх послідовного нашарування і закріплення цієї послідовності у вертикальному розрізі земної кори при регіональному метаморфізмі. Неоднозначно сприймалась і визначальна роль горизонтальних рухів земної кори, плюмових й плитотектонічних процесів. Не враховувалась роль масштабних насувів і підсувів літопластин, які змінювали вікові взаємовідношення порід у розрізі. Наведено порівняння тектонічних схем і розрізів до геологічних карт і карт корисних копалин кристалічного фундаменту Українського щита з картами докембрійського фундаменту Південноафриканського, Канадського, Західноавстралійського щитів, у легендах яких принцип «нижче—вище» замінено принципом «древніше-молодше» на підставі ізотопного датування. Показано, як еволюціонували погляди західних геологів від середини ХХ ст. до сьогодення при вивченні архейського зеленокам'яного поясу Барбертон (східна окраїна кратону Каапвааль, Південна Африка), котрі вже здавна будують легенди геологічних карт на підставі високоточних даних ізотопії.

Недоліком виданих геологічних карт і карт корисних копалин кристалічного фундаменту Українського щита масштабу 1:200 000 є також наявність великої кількості неузгоджень в авторській інтерпретації геологічного змісту різних аркушів карт навіть сусідніх за номенклатурою, особливо тектонічних схем і розрізів, позначень речовинного складу порід.

Запропоновано продовжити обговорення геологічними організаціями питання щодо складання нової серії геологічних карт і карт корисних копалин кристалічного фундаменту Українського щита масштабу 1:200 000 на підставі попередніх і нових

Citation: *Gintov, O.B., & Mychak, S.V. (2024). Geological facts, geological judgments, geological truth and the State Geological Map of the Ukrainian Shield. Geofizychnyi Zhurnal, 46(3), 50—73. <https://doi.org/10.24028/gj.v46i3.297239>.*

Publisher Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine, 2024. This is an open access article under the CC BY-NC-SA license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

геолого-геофізичних і геохімічних даних, отриманих за останні 20 років, а також останніх досягнень світової геологічної науки.

Ключові слова: Український щит, ізотопна геохронологія, геологічні карти, тектонічні схеми, розломи, тектонофізика, геологічна істина.

Вивчаючи Державні геологічні карти України масштабу 1:200 000 (Держгеолкарта-200) і насамперед Геологічні карти і карти корисних копалин кристалічного фундаменту Українського щита, автори задають собі питання: що відображають і що повинні відображати ці карти — геологічні факти, геологічну істину чи геологічні судження?

Щоб розібратися в цих питаннях, спочатку дамо визначення, запозичені з різних джерел і дещо скорочені.

Геологічний фактом, або науковим фактом взагалі, «називається неодноразово підтверджений результат спостереження, що для всіх практичних цілей приймається як «істинний». Науковий факт може бути відкинений або замінений в міру розвитку науки» [Definitions..., 2008].

Геологічна істина, або істина взагалі, за виразом відомого французького філософа ХХ ст. Мішеля Фуко, «належить цьому світу, у ньому вона виробляється за допомогою численних примусів, і в ньому вона має у своєму розпорядженні регулярні ефекти влади» [Фуко, 1996].

Геологічне судження, або судження взагалі, це думка, в якій утверджується або заперечується що-небудь про предмети та явища дійсності. Вони бувають істинними або хибними з огляду на позицію конкретної людини, тобто є індивідуальними [Філософський..., 2002, с. 615].

Виходячи з власного аналізу, доходимо висновку, що на геологічних картах, виданих у ХХІ ст., змішалися всі три поняття — і факти, і геологічні істини, і геологічні судження. Автори не мають на увазі пояснювальні записки до карт (там дозволяється писати що завгодно), а саме карти. Але ж Держгеолкарта-200 видається з початку нинішнього століття. За ці буремні роки майже не змінилися лише факти, які дещо доповнилися новими. Владні геологічні органи змінювалися неодноразово,

тому поняття геологічної істини також не залишалися стабільними. Не залишалися стабільними і геологічні судження, які залишалися як від понять геологічної істини, так і від революційних досягнень геологічної науки останніх десятиліть, зокрема розквіту ізотопно-геохронологічних і глибинних геофізичних досліджень та вкорінення понять плитово-плюмової тектоніки.

В українську геологічну думку ці революційні зміни надходять із запізненням, тому те, що на Заході затвердилося ще в другій половині ХХ ст., а саме опора на ізотопно-геохронологічні дослідження і горизонтальні коро-мантійні рухи, у нас знаходить відгук лише зараз (мається на увазі загальна геологічна думка, а не роботи окремих наукових колективів). Хоча в Україні перші два згадані напрями здавна активно розвиваються на рівні науково-дослідних інститутів: ізотопно-геохронологічні — в Інституті геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України [Семененко и др., 1967; Щербак и др., 1969, 1989; Пономаренко, 1995] та УкрНІГРІ [Степанюк, 2000], а за свідченням В.М. Загнітко і О.Б. Боброва — з 1910 р., особливо з 1944 р. [Загнітко, Бобров, 2008]; глибинні геофізичні дослідження — з дня заснування Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, тобто з 1960 р., особливо з кінця ХХ ст., коли почала досліджуватись мантія України і всієї Євразії [Соллогуб, 1986; Bogdanova et al., 1996; Гейко и др., 1998; Старостенко и др., 2002]. Плитотектонічні дослідження в межах території Українського щита (УЩ) виконувалися і виконуються лише окремими вченими.

У Пояснювальній записці до Кореляційної хроностратиграфічної схеми УЩ [Кореляційна..., 2004], яка діє й досі, першим пунктом було оголошено: «1. Уточнена назва схеми: замість «Кореляційна стратиграфічна схема раннього докемб»

рію Українського щита» — «Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита». Таке уточнення підкреслює, що основою для вікового розчленування докембрійських утворень Українського щита є, головним чином, дані ізотопно-геохронологічних методів датування, тобто методів «абсолютної» геохронології. Інші методи, що є методами «відносної» геохронології, такі як формаційні, літолого-стратиграфічні, петрографо-стратиграфічні, біостратиграфічні, структурно-тектонічні, палеомагнітні тощо, розглядаються як допоміжні»¹.

Але не так сталося, як гадалося. Ця нова геологічна істина зіткнулася зі старою — принципом послідовного нашарування ранньодокембрійських товщ, поширеним в українській геологічній картографії під впливом львівської групи геологів і її керівників Є.М. Лазько і В.П. Кирилюка. Спочатку це було судження невеликої групи вчених, але згодом (1983—1986) воно охопило більшість докембрійської секції Національного стратиграфічного комітету України і перетворилося на «геологічну істину», котра була покладена в основу стратиграфічної схеми 1986 р. [Лазько и др., 1986] і вплинула на Стратиграфічну схему Геологічної карти і карти корисних копалин кристалічного фундаменту Українського щита масштабів 1:200 000 і 1:50 000 [Кореляційна..., 2004]. І це тоді, коли Україна завдяки діяльності В.І. Вернадського, Є.С. Буркзера, М.П. Семененка, М.П. Щербака, О.М. Пономаренка, Л.М. Степанюка є одним з лідерів у використанні ізотопно-геохронологічних методів датування ранньодокембрійських гірських порід. Почалися коливання геологів між двома «геологічними істинами» і з'являлися нові пропозиції². У тій же По-

¹ Ця вимога була прийнята рішенням ранньодокембрійської секції Національного стратиграфічного комітету (НСК) України і затверджена бюро НСК 13 червня 2003 р.

² Навіть лідер колективу авторів Кореляційної хроностратиграфічної схеми раннього докембрію Українського щита 2003—2004 рр. і наведеної вище цитати К.Ю. Єсипчук через чотири роки [Єсипчук,

яснювальній записці в заключному слові було сказано: «Геохронологічна вивченість значної частини досліджених стратонів явно недостатня для впевненого визначення їх стратиграфічних рівнів і часу формування. Отже, очевидно, що роботі з удосконалення кореляційної хроностратиграфічної схеми докембрію УЩ дуже далеко до завершення» (с. 30).

Щоб не бути голослівними, нагадаємо, що у стратиграфічній схемі УЩ на формаційній основі [Лазько и др., 1986] вказано цифри віку тільки для рубежів нижнього та верхнього архею і нижнього протерозою. Більш дрібні підрозділи — комплекси, світи, формації — залишилися без ізотопного віку. В умовних позначеннях до геологічної карти кристалічного фундаменту УЩ, наведеної у цитованій вище Пояснювальній записці до діючої зараз Схеми 2004 р., з 16 одиниць супракрустальних товщ і серій УЩ майже половина (7) не мають цифр ізотопного віку, а в 9 вік «розтягнутий» на 100—250 млн років. У самій Схемі показано всі виділені різними авторами серії, товщі та світи, вертикальне розташування яких у розрізі в більшості випадків встановлено методом послідовного нашарування і викликає постійні дискусії.

Тому Держгеолкарта-200 кристалічного фундаменту території УЩ, в основу якої покладено Схему 2004 р., являє собою цілий ряд окремих листів карт, які відрізняються одна від одної як геологічною істиною, так і геологічними судженнями.

Наведемо приклади. Візьмемо дві сусідні карти масштабу 1:200 000, які відображають геологічну будову кристалічного фундаменту одного регіону (Середнього Побужжя), мають спільну межу вздовж меридіану 30° сх.д. і видані у 2004 і 2010 р. Це листи М-36-XXXI (Первомайськ) і М-35-XXXVI (Гайворон) [Державна ..., 2004; Кислюк та ін., 2011]. По-перше, на цих картах в умовних позначеннях пока-

2008] під впливом ідей А.Є. Кулінковича запропонував нову геохронологічну шкалу, в якій геологічні рубежі і тривалість ер були скореговані на основі врахування циклічності обертання Сонячної системи в межах Галактики.

зано різний поділ еонів на ери: на першій карті палеоархей закінчується на рубежі 3400 млн років, а палеопротерозой — 1900 млн років; на другій — 3200 і 1600 млн років відповідно. Через це гайворонський комплекс ендербітів на першій карті віднесено до межі палео- і мезоархею, а на другій — до палеоархею. Літинський комплекс чарнокітів на першій карті віднесено до неоархею, а на другій — до мезоархею. Палеопротерозой на першій карті займає 700 млн років, на другій — 900 млн років. Звісно, все це пов'язано зі змінами в інструкціях до Держгеолкарти-200 (ДГК-200) і Геологічного довивчення площ-200 (ДГП-200), тобто маємо справу зі змінами геологічної істини.

Особливо велике розходження між картами на їх спільній межі стосується схем тектонічного районування кристалічного фундаменту: до західної рамки листа М-36-XXXI підходять Уманська і Синицівсько-Савранська підзони Одесько-Білоцерківської структурно-формаційної зони, а на східній рамці листа М-35-XXXVI їм «відповідають» Росинсько-Тікицький і Дністровсько-Бузький мегаблоки УЩ.

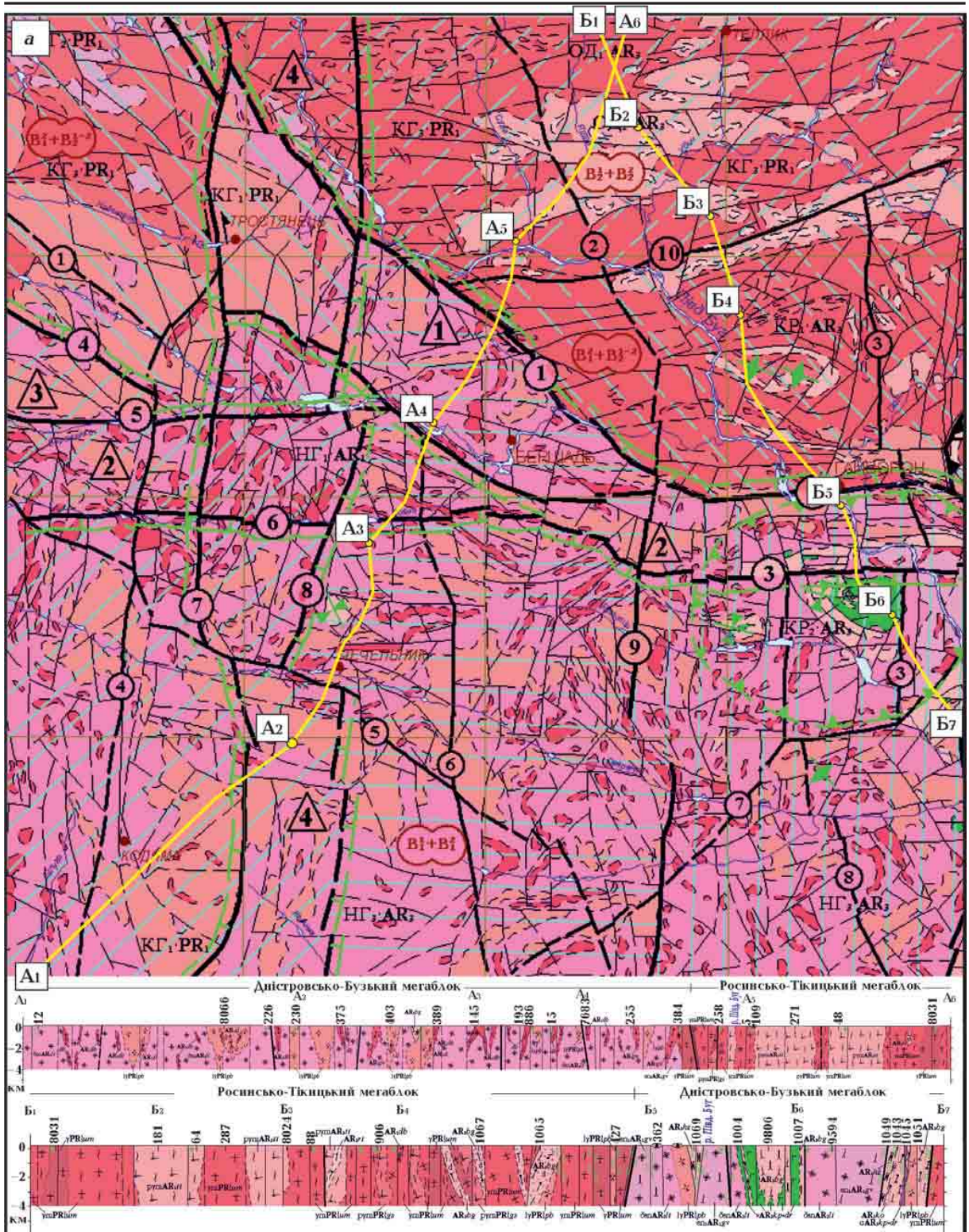
З тектонічним навантаженням обох карт взагалі багато неузгоджень, це особливо добре видно на тектонічних схемах і розрізах (рис. 1). Розривні порушення на картах відображені різними умовними знаками та класифіковані по-різному. Карту листа М-36-XXXI видано ще до виходу в світ Тектонічної карти України масштабу 1:1 000 000 [Тектонічна..., 2007]. Її основний автор (В.М. Клочков) вклав у зміст карти своє бачення геодинамічних процесів у ранньому докембрії: на карті не показані зсувні зони розломів, натомість відображені широтні лінеamenti, глибинні шар'яжі, фронтальні насуви, кліпи. На карті листа М-35-XXXVI (основний автор В.В. Зюльцле) тектонічні порушення показані вже в стилі Тектонічної карти України, хоч і спрощено: міжблокові розломи, зсуви і скиди. Тобто на обох картах ми бачимо різні, навіть протилежні судження щодо тектонічних процесів у ранньому докембрії — шар'яжний і блоковий підходи. Це

відбилося і на збивці карт: часто розломні зони, показані на одній карті, доходять до її рамки, але не продовжуються на другій.

Тепер звернімося до фактів. У геофізиці фактом є карта певного фізичного поля, якщо вона відповідає масштабу вимірювань цього поля, або складена за даними вимірювань більшого масштабу. Держгеолкарта-200 супроводжується магнітними та гравітаційними картами, які з цієї точки зору є фактами, причому беззаперечними. Фактами є також фізичні властивості порід, виміряні апаратурно. Все інше — це вже інтерпретація, тобто геофізичне та геологічне судження.

Що стосується геологічних фактів, то для сучасних геологічних карт докембрійського кристалічного фундаменту фактом, імовірно, можна вважати петрографічний (мінеральний) склад порід, їх структуру і текстуру, колір, блиск та деякі інші ознаки, які у всіх словниках геологопетрографічного спрямування характеризуються майже однаково. Фактами є також цифри ізотопного віку порід, отримані у відомих лабораторіях світу, якісні фото відслонень, а також точно зафіксоване географічне положення породи на місцевості. Назви порід не завжди одноманітні, що вже є наслідками суджень, проте з назвами можливо ще якось розібратися. Гірше тоді, коли на картах кристалічного фундаменту ранньодокембрійські породи розміщені в стратиграфічних схемах (таблицях), складених за принципом послідовного нашарування, тому що це найбільш спірні питання як для прихильників цього принципу, так для його противників. І поки Державна геологічна карта, а саме Карта докембрійського фундаменту УЩ, буде супроводжуватись такими схемами, суперечки не стихатимуть, а кількість статей і паперу буде збільшуватись і збільшуватись.

Наведемо приклад з розглянутих вище карт Середнього Побужжя. На обох листах встановлено залізородні утворення — магнетит-піроксенові або залістисті кварцити, які разом з оточуючими породами, всіма дослідниками, які вивчали ці пачки порід [Ярошук и др., 1982; Лысак и др.,



1983], вважаються повними аналогами. Проте більшість з них, зокрема родовища і крупні рудопрояви (Молдовське, Грушківське, Секретарське та ін.) на листі М-36-XXXI віднесені до неoarхею (хашувато-заваллівська світа бузької серії) і навіть па-

леопротерозою (побузький комплекс), тоді як на листі М-35-XXXVI — до палеoarхею (павлівська товща дністровсько-бузької серії), з різницею у віці майже 1 млрд років (це питання більш детально розглянуто в статті [Гитов, Усенко, 2022]). Вік товщ, на

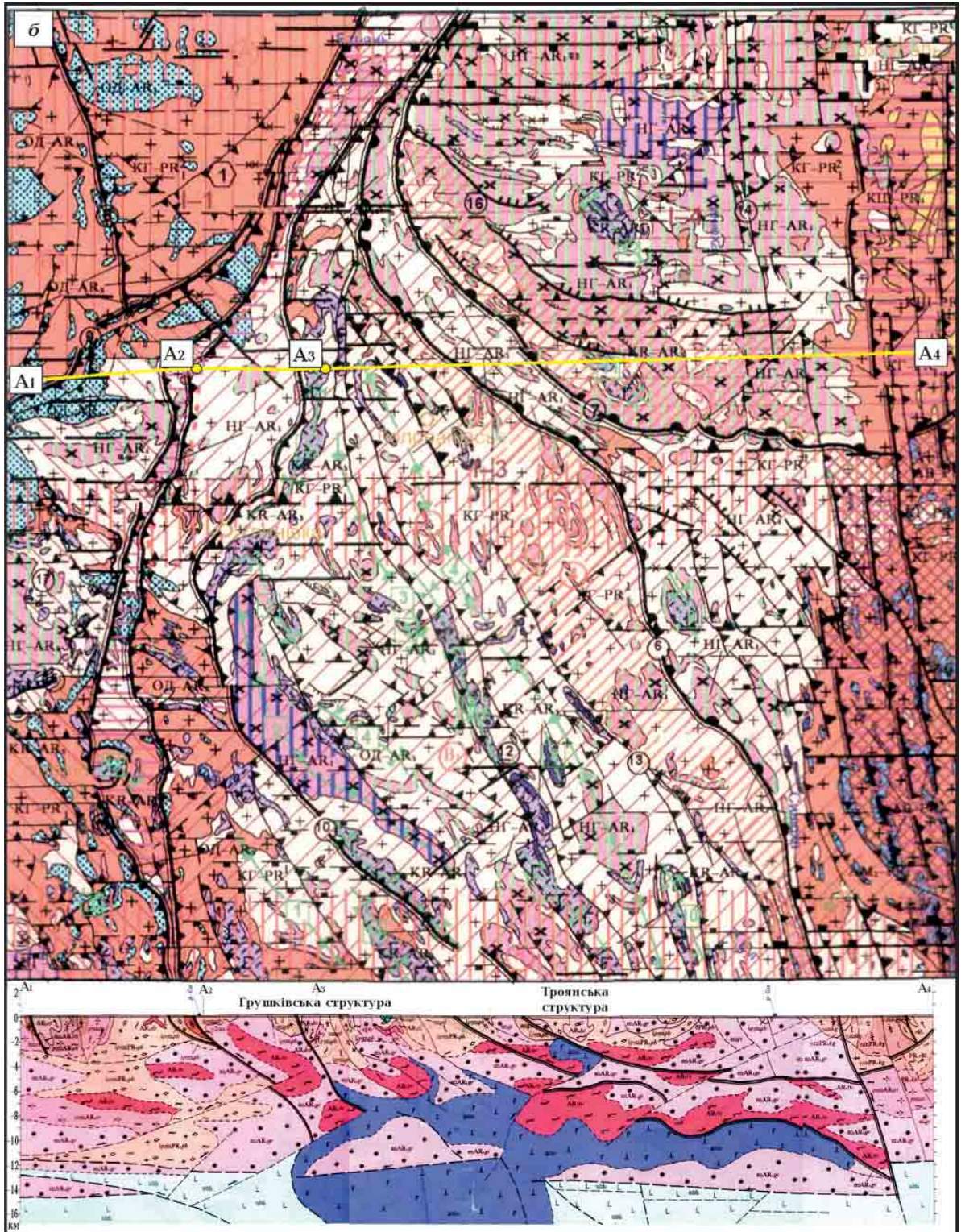


Рис. 1. Тектонічні схеми і розрізи до Геологічних карт і карт корисних копалин кристалічного фундаменту Державних геологічних карт України масштабу 1:200 000. Листи: а — М-35-XXXVI (Гайворон), б — М-36-XXXI (Первомайськ).

Fig. 1. Tectonic schemes and sections to the Geological maps and mineral maps of the crystalline basement of the State Geological Maps of Ukraine at a scale of 1:200 000. Sheets: а — М-35-XXXVI (Haivoron), б — М-36-XXXI (Pervomaisk).

які розчленовано дністровсько-бузьку серію (від тиврівської до зеленолевадівської), не збігається на 100 млн років. Побузький ультраметаморфічний комплекс є на обох картах, проте і його склад, і умовні позначки зовсім різні. Розрізи, наведені на обох картах (див. рис. 1), не схожі між собою і відображають зовсім різні геологічні судження їх авторів.

Неузгодження, зазначені для Державних геологічних карт масштабу 1:200 000 Середнього Побужжя, характерні й для інших виданих карт цього масштабу. Наприклад, неузгоджені між собою групи суміжних листів М-35-XXII (Старокостянтинів), М-35-XXIII (Бердичів), М-35-XXVIII (Бар) і М-35-XVII (Житомир), видані в 2001—2007 рр. Не скрізь однаковий поділ на еони та ери: на одних картах рубіж між археем і протерозоем 2500 млн років, на других — 2600 млн років, палеопротерозой на одних картах закінчується 1700 млн років, на інших — 1600 млн років. Колір та умовні знаки однакових комплексів на суміжних картах подекуди відрізняються. Особливо це видно на межах листів, де контури порід і розломів не завжди збігаються. Не однаковий в легендах на різних картах і опис складу однойменних комплексів.

Взагалі, до редагування Держгеолкарти-200 кристалічного фундаменту УЩ ставлення було досить формальним. Редакторами і експертами карт призначалися геологи різних, іноді протилежних поглядів, і яким чином при цьому вдавалося затвердити карти до видання, не завжди зрозуміло.

У межах УЩ ранньодокембрійський гранулітовий фундамент являє собою «вертикальношарувате середовище» (за [Слензак, 1965]), сильно порушене зсувними зонами розломів, насувами і підсувами [Державна..., 2004; Bogdanova et al., 2006, 2008; Гинтов, Пашкевич, 2010; Очерки..., 2018], піддане процесам метасоматозу, діафорезу і динамометаморфізму, особливо в зонах розломів [Ярошук, Ярошук, 1989; Степанюк, 1997, 2018; Шевчук, 2012; Пономаренко и др., 2018]. Тут широко розвинені амфіболізовані та біотити-

зовані породи дністровсько-бузької серії, а також кремній-калішпатизовані породи дністровсько-бузької та бузької серій з утворенням біотитових, гранат-біотитових гнейсів і гранітогнейсів, апліт-пегматоїдних гранітів і мігматитів, смужок бластомілонітів і мілонітів. Приблизники принципу послідовного нашарування вбачають у таких зонах стратиграфічно індивідуалізовані смуги метаморфічних осадово-вулканогенних порід, називаючи їх світами або товщами, хоча вихідний склад цих «світ» не відрізнявся від складу порід, що їх обмежують.

Чому, наприклад, включені у Схему 2004 р. породи так званої «зеленолевадівської товщі», представлені *«переважно лейкократовими двопольовошпатовими гнейсами з окремими пластовими тілами і пачками гіперстенемісних гнейсів і кристалічних сланців, високоглиноземних порід і кварцитів, які зазнали інтенсивного ультраметаморфізму з перетворенням домінуючих лейкократових гнейсів на двопольовошпатові мігматити та лейкократові і аляскітові гранітоїди»* [Кирилюк та ін., 2023, с. 24]? Адже ця лейкогранулітова формація — не що інше, як *«пороги, относимые к формационно-генетическому ряду кварц-полевошпатовых метасоматитов, в частности, к структурно-формационной ассоциации метасоматитов зон региональных разломов»* [Геологический ..., 1973, с. 373].

Важко сказати, чому поняття принципу послідовного нашарування вулканогенно-осадових порід раннього докембрію УЩ так довго використовувалося при їхньому картуванні (зараз, на жаль, картування припинене). І це тоді, коли західні геологи ще в ХХ ст. відмовились від принципу послідовного нашарування для порід раннього докембрію і почали використовувати для встановлення віку та положення в розрізі архей-ранньопротерозойських комплексів дані ізотопної геохронології.

Покажемо, наприклад, як з 50-х років минулого століття і до сьогодення еволюціонували погляди південноафриканських і європейських геологів щодо всесвітньо ві-

домого зеленокам'яного поясу Барбертон (ЗПБ), розташованого на східній окраїні кратону Каапвааль, віком 3,5—3,0 млрд років.

У публікаціях [Visser, 1956; Viljoen, Viljoen, 1969a,b; Vyerly, 1999 та ін.] інтрузивні та вулканогенно-осадові породи ЗПБ розглядалися методом послідовного нашарування як антиклінорій розміром 130×50 км, північно-східного (~50°) простягання, який замикається на північному сході і відкритий на південному заході (рис. 2). Згідно з публікаціями [Viljoen, Viljoen, 1969a,b; Vyerly, 1999], в нижній частині комплексу знаходиться над фор-

мація Onverwacht, що містить формації Sandspruit (коматіт-базальт), Theespruit (базальт-дацит), Komati (коматіти та зрідка базальти), Hooggenoeg, (базальтоїди), Kromberg (мафіт-ультрамафіти), Swartkoppie — нижня частина формації Mendon (інтрузивні мафіт-ультрамафіти, коматіти, кремені). Верхню, алохтонну, частину комплексу [Anhaeusser, 2019] займають осадово-вулканогенні формації FigTree (сланці вуглисті, кременеві, залістисті, вулканокластичні турбідити, гравуаки, конгломерати) і Moodies (пакети піщаних і глинистих метаосадів, місцями джеспілітів і базальтів).

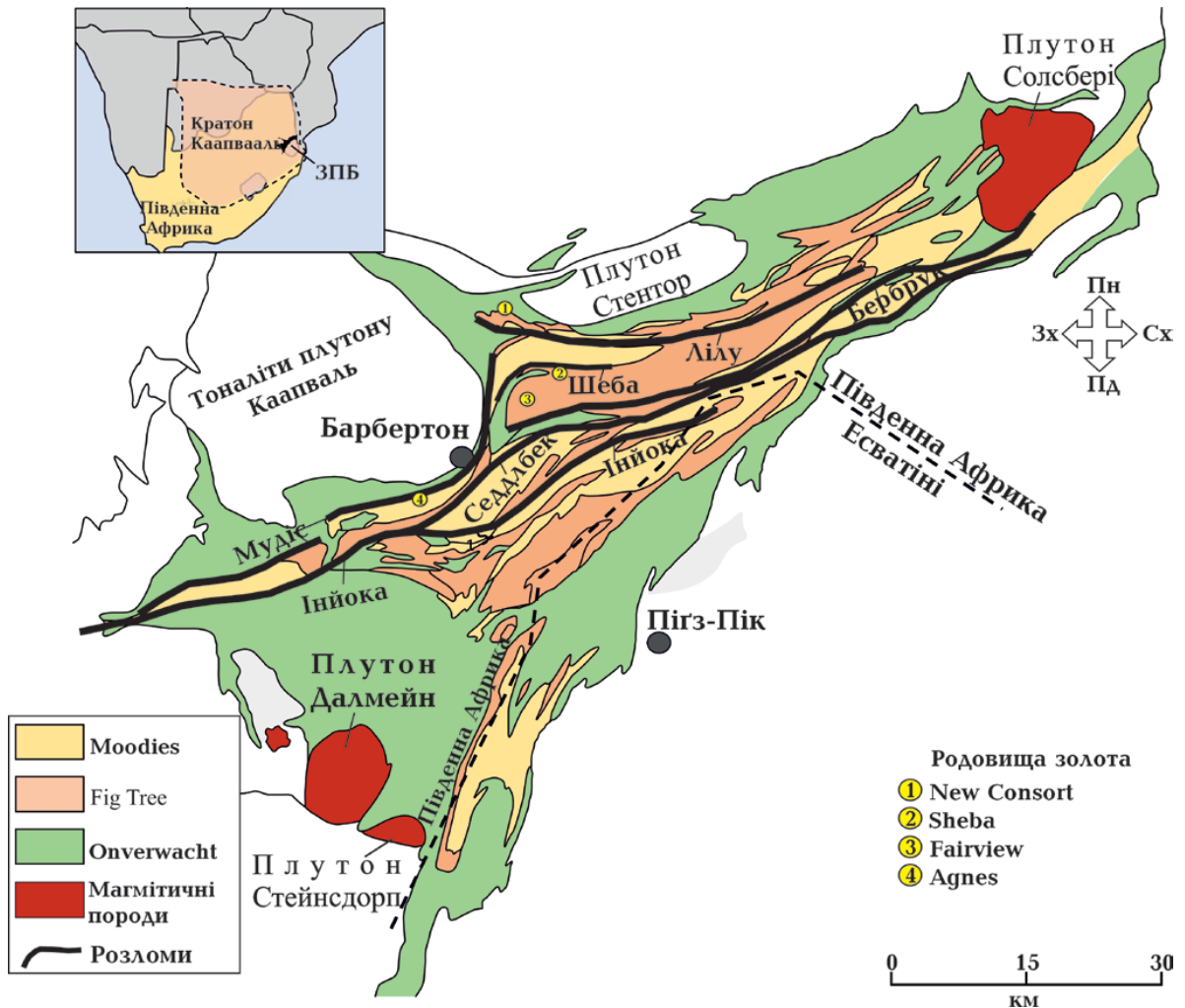


Рис. 2. Схематична карта зеленокам'яного поясу Барбертон і його положення в межах кратону Каапвааль, Південна Африка. Змонтовано і спрощено з робіт [Anhaeusser, 2019; Heubeck et al., 2023].

Fig. 2. Schematic map of the Barberton Greenstone Belt and its position within the Kaapvaal Craton, South Africa. It is modified and simplified from the works [Anhaeusser, 2019; Heubeck et al., 2023].

Проте, вже починаючи з 80-х років минулого століття, південноафриканські, європейські та американські геологи, що вивчали ЗПБ, почали виконувати більш детальні та кількісні структурні дослідження, які змусили визнати, що «погляди, згідно з якими ці підрозділи становлять безперервну стратиграфічну послідовність, та їх поділ на послідовні формації не можуть бути підтримані... Початкові просторові відносини між комплексами в більшості випадків можна лише припускати» [de Wit et al., 2011, с. 1]. Геологи поділилися на «горизонталістів» і «вертикалістів». Перші з них [de Wit et al., 1987a,b, 2011; de Wit, Ashwal, 1986; de Ronde, de Wit, 1994 та ін.] встановили у ЗПБ багато ознак, близьких до плитотектонічних процесів фанерозою, насамперед значні горизонтальні переміщення блоків та ін. Другі [Anhaeusser, 1976a,б, 1978, 2019; Anhaeusser, Robb, 1983; Kohler, 2003; Robb et al., 2006], визнаючи наявність горизонтальних рухів, їх причиною вважають підняття гранітних і тоналіт-тронд'єміт-гранодіоритових діапирових плутонів, що обмежують ЗПБ, їх розширення і тиск на породи поясу. Останнім часом за допомогою тектонофізичних методів також показано [Heubeck et al., 2023], що ЗПБ зазнав значну кількість деформацій в результаті великомасштабного горизонтального стиску (у південно-східному—північно-західному напрямку), який супроводжувався, а іноді переривався вертикальним рухом.

Незважаючи на суперечності наведених теоретичних концепцій, які декілька разів за цей період змінювали одна одну, ми не можемо віднести їх до поняття «геологічна істина», тому що вони не впливають на реальний зміст сучасного вивчення геологічної будови ЗПБ, яке з кінця минулого і в теперішньому столітті прогресувало від стратиграфії до тектоніки і геодинаміки. Від складної і спірної стратиграфії стабільними залишаються три одиниці — групи Onverwacht, Fig Tree та Moodies з чіткими рубежами — 3,53, 3,26, 3,22 млрд років [de Wit et al., 2011; Anhaeusser, 2019], внутрішній розріз яких у різних авторів раніше

нерідко змінювався. Основну увагу тепер приділено таким структурам, як розломи, насуви, сили, здвиги, які в межах ЗПБ формують при- і внутрішньорозломну складчастість, розміщення шарів порід та їх структурно-текстурні особливості, і з якими пов'язані всесвітньо відомі родовища золота — Agnes, Sheba, Fairview і New Consort та ін.³ (див. рис. 2). Замість терміну «стратиграфія» використовуються терміни «тектоностратиграфія», «термостратиграфія», «хроностратиграфія». Положення породних комплексів у розрізі обов'язково узгоджується з U-Pb ізотопними даними (циркон, бадделейт) та Sm-Nd системою, з похибкою $\pm(1-3)$ до ± 10 млн років [de Ronde, de Wit, 1994; Schoene et al., 2009; de Wit et al., 2011], тому що масштабні насуви, підсуви, стиснута перевернута складчастість роблять пошарове стратифікування дуже неоднозначним.

Можна навести кілька прикладів умовних позначень до різномасштабних геологічних карт Південно-Африканського, Канадського, Західно-Австралійського щитів (самі карти не наводимо через труднощі узгодження дозволів), на яких літологічні підрозділи розставлені по вертикалі згідно з ізотопним віком (рис. 3). Зазначимо, що в наш час при побудові геологічних карт проблема «вище—нижче» замінюється проблемою «давніше—молодше», які не ототожнюються. Наприклад, в статті [Travers et al., 2023] наведено карту і перетини південної частини ЗПБ, на яких зображено синклінорії Malolotja, де породи групи Onverwacht віком 3,55 млрд років перебивають породи групи Moodies віком 3,14 млрд років. Такі наслідки похилих насувів давніших порід на молодші можна спостерігати в багатьох місцях південно-

³ Саме пошукові перспективи ЗПБ на золото, як здається авторам, заклали зацікавленість вчених всього світу до геології цього району і спонукали до великих матеріальних вкладень у науку. Активно працює Наукова рада при Геологічній службі Південної Африки, популярні геологічні факультети декількох університетів Кейптауна і Йоганнесбурга. У контексті питань, пов'язаних із золотодобуванням ЗПБ, написано безліч статей і геологічних звітів (огляд див. у [Anhaeusser, 2019; Heubeck et al., 2023]).

африканських архейських поясів Лімпопо і Барбертон. Не є винятком і УЩ. Тут насуви у раньодокембрійському фундаменті фіксуються геофізичними методами.

Не можна не зупинитись на ефективності тектонофізичних досліджень, які почали виконуватись у ЗПБ з 2009 р. [Dirks et al., 2009, 2013; Heubeck et al., 2023] за методикою, близькою до тієї, що виконується в межах УЩ з 80-х років (узагальнення див. [Гинтов, 2005]). Дослідження виконувались методами структурних парагенезисів

і кінематичним на 24 родовищах золота. Навідміну відтверджень інших дослідників, за якими формування золотоносних структур ЗПБ було пов'язане з кінцевими етапами процесів орогенезу (акреція, складкоутворення і насування в північно-західному напрямку близько 3,22 млрд років тому [Ronde, deWit, 1994; Schoene, Bowring, 2010]), в статтях [Dirks et al., 2009, 2013] показано, що золотоносні тріщини (R та R'-сколи, а з нашої точки зору, і тріщини відриву T) січуть всі попередньо сформо-

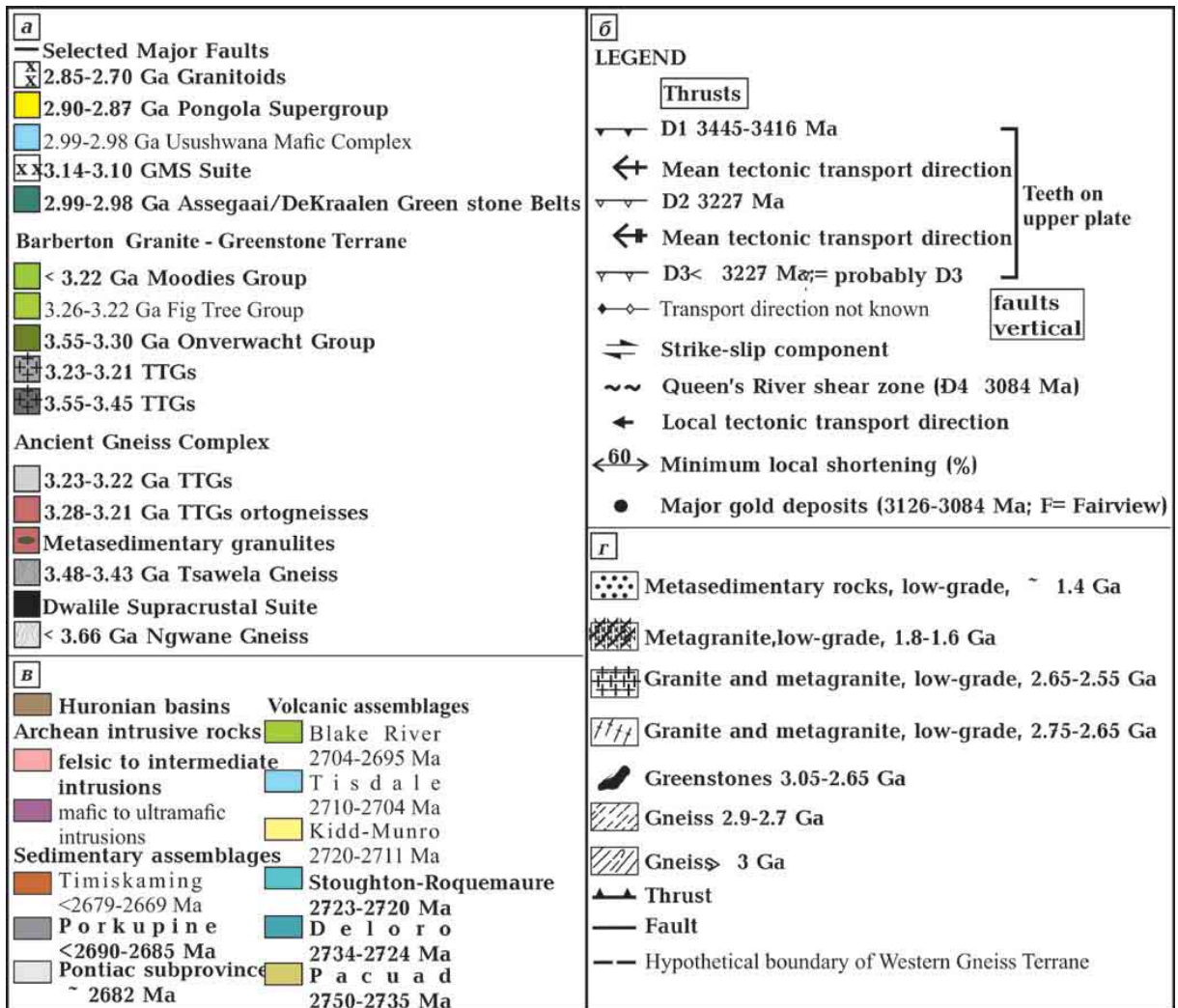


Рис. 3. Умовні позначення до геологічної карти східного кратону Каапвааль, Південна Африка [Schoene et al., 2009] (a); тектонічної схеми зеленокам'яного поясу Барбертон, Південна Африка [de Ronde, de Wit, 1994] (б); карти підпровінцій Абітібі та Понтіак, Канада [Frieman, 2018] (в); карти Західного гнейсового террейну, Західна Австралія [Wilde, Spaggiari, 2007] (г).

Fig. 3. Symbols for Geological maps of the eastern Kaapvaal craton, after [Schoene et al., 2009] (a); Tectonic schemes of the Barberton Greenstone Belt, South Africa [de Ronde, de Wit, 1994] (б); Maps of the Abitibi and Pontiac subprovinces, Canada [Frieman, 2018] (в); Maps of the Western Gneiss Terrane, Western Australia [Wilde, Spaggiari, 2007] (г).

вані породи та структури і утворилися в результаті регіонального розтягу. Головна вісь розтягу σ_3 горизонтальна і орієнтована за азимутом $(135\text{—}145^\circ)\pm 15^\circ$, тобто субперпендикулярно до простягання ЗПБ. Вік утворення золотоносних тріщин близько 3,0 млрд років тому, тобто після процесів орогенезу та насування, що закінчились у ЗПБ близько 3,1 млрд років тому. Проте у більшості випадків орієнтація рудних зон у просторі збігається з віссю перетину золотоносних тріщин і більш давніх розломів. Крім того, більшість золотоносних тріщин супроводжуються процесами окварцювання порід, що їх вміщують. Автори вважають, що регіональний розтяг охопив весь кратон Каапвааль.

Загалом тектонофізичні дослідження багато в чому підтверджують матеріали статті [de Ronde, de Wit, 1994], у якій за геологічними даними золота мінералізація в кварцито-пісковиках і конгломератах групи Moodis відбулася 3,13—3,08 млрд років тому в результаті переходу від стиснення до розтягу земної кори, перед інтрузією гранітів плутону Stentor. Але тектонофізики поставили в цьому питанні крапку.

Порівняння УЩ і південноафриканських гранулітових поясів ЗПБ і Лімпопо (ГПЛА) з тектонофізичних позицій цікаве ще й стосовно питань розломної тектоніки цих регіонів. У публікаціях [Zeh et al., 2007; Van Reenen et al., 2008; Гінтов та ін., 2017; Гінтов, 2022] показано, що останній гранулітовий метаморфізм у поясах Побужжя (ПГП) і ГПЛА відбувся наприкінці пізнього архею — на початку раннього протерозою ($2,5\pm 0,3$ млрд років тому). При цьому сформувалися нові або активізувалися старі зони розломів, ширина котрих становить 10—20 км. Ці зони складаються із зон сколювання завширшки до 2 км (іноді 4 км), ешелонованих та елементарних сколів, а також складок підвертання. Міжрозломні зони хоч і менше, але також деформовані, що дало можливість Р. Мейсону ще в 1973 р. висловити «крамольну» для тих часів думку, що ГПЛА є зоною «високодисперсних метаморфічних тектонітів», утвореною в результаті ранньопротерозойської пере-

робки архейського граніт-зеленокам'яного фундаменту, що виходить на поверхню в кратонах Зімбабве і Каапвааль. Пояс був зоною повторюваних зсувних деформацій, інтрузій і екструзій, що завершилися «потужною тектоно-термічною реактивацією близько 1900 млн років тому» [Mason, 1973, с. 463].

У межах ЗПБ геологічні обставини дещо інші. Породи поясу метаморфізовані переважно у зеленосланцевій фації, рідше епідот-амфіболітовій (на контактах з гранітоїдними плутонами). Останні великомасштабні деформаційні процеси стиснення (конвергентні) відбулися тут, як уже говорилося, 3,23—3,08 млрд років тому. На карті Е.А. Колера [Kohler, 2003], наведеній в статті [Anhaeusser, 2019, Fig. 14], а також на карті розломів у статті [de Ronde, de Wit, 1994, Fig. 3], північно-західну половину ЗПБ завширшки близько 10 км займають як мінімум сім субпаралельних розломів з власними іменами. Відстань між деякими з них іноді звужується до 200—300 м, але відрізнити характер деформацій порід у розломах і поза ними, як видно з фотографій, наведених у публікаціях [de Ronde, de Wit, 1994; de Wit et al., 2011; Dirks et al., 2013; Anhaeusser, 2019], не важко.

Якщо не надавати значення віковим питанням, то можна гадати, що ділянка ЗПБ між розломами Інйока та Лілу являє собою зону розломів (як на ПГП і ГПЛА), а розломи, що її складають (див. рис. 2), є зонами сколювання. До речі, така зона розломів може бути сутурою, що, на думку [de Ronde, de Wit, 1994], відображає океанічну зону субдукції, або розломно-складчастою зоною, пов'язаною з тиском плутонів КаапValley і Stentor із заходу і півночі [Anhaeusser, 2019]. Але багато чого, на думку авторів цієї статті, може бути пов'язане з впливом на розломну тектоніку ЗПБ, ПГП і ГПЛА інтенсивності метаморфізму верхів земної кори цих регіонів. У слабо метаморфізованому ЗПБ розломи вузькі та чітко обмежені, тому і виділяються на близькій відстані один від одного. Гранулітовий метаморфізм веде до лінеалізації мінералів не лише в осьовій

частині розлому, а й на великій відстані від неї, особливо при горизонтальних зсувах. Тому в розломах ППП і ГПЛ чітка межа між зонами сколювання не завжди простежується, і вони об'єднуються в єдину широку зону розломів.

Автори дещо відхилилися від основної теми статті, приділивши велику увагу ЗПБ, що пов'язано з проблемою золотоносності УЩ, важливою для України. У межах УЩ перспективи пошуків корінного золота також пов'язані як із зеленокам'яними поясами [Бобров, 1994; Сукач, 1999; Фомин и др., 2003 та ін.], так і з зонами розломів Побужжя [Павлюк и др., 2019]. Тому є надія, що деякі дані про золотоносність ЗПБ стануть у нагоді і для УЩ.

Що стосується основної теми статті, то головним висновком, який випливає з наведених матеріалів, є необхідність повернутися до обговорення і вирішення геологами і геологічними організаціями питання про складання нової серії Геологічних карт і карт корисних копалин кристалічного фундаменту Українського щита масштабів 1:200 000 і 1:50 000 (НСГК-200), в якій буде надане нове дихання п. 1 Пояснювальної записки до Кореляційної хроностратиграфічної схеми раннього докембрію УЩ, наведеному на початку статті. Причому, незважаючи на те, що минуло вже 20 років, цей пункт складено настільки правильно, що його майже не потрібно змінювати. А щоб він був повністю втілений у життя при складанні нової серії карт, потрібно, на нашу думку, визначити ділянки кристалічного фундаменту УЩ, які ще недостатньо вивчені передовими ізотопно-геохронологічними методами, скориставшись можливістю залучення до досліджень кращих лабораторій світу, доповнити існуючі на сьогодні в Україні матеріали ізотопії.

Хоча слід зазначити, що за останні 15 років накопичено вже багато таких даних майже по всіх мегаблоках УЩ — Волинському [Пономаренко и др., 2014; Shumlyansky et al., 2016, 2021; Шумлянський та ін., 2018 та ін.], Подільському і Бузькому [Степанюк та ін., 2010, 2015, 2016,

2022; Шумлянський, 2012; Claesson et al., 2015, 2016 та ін.], Приазовському [Артеменко и др., 2014; Artemenko et al., 2023 та ін.]. Проте абсолютна більшість цих даних не могла бути використана при складанні Держгеолкарти-200.

При складанні НСГК-200 потрібен також абсолютно новий підхід до відображення розломної тектоніки кристалічного фундаменту, оскільки з зонами розломів пов'язано більше 75 % рудних корисних копалин УЩ, зокрема 94 % рідкісноземельних-рідкіснометалевих та золоторудних родовищ і проявів [Нечаев и др., 2019]. Розломи УЩ — це не тоненькі лінії, які проводяться на картах так, щоб вони «не заважали» іншій геологічній інформації, це сама геологічна інформація, яка займає 22 % території щита (рис. 4) і повинна відображатися на картах у повному обсязі. У статті [Гінтов та ін., 2017] надано рекомендації з цього приводу та показано, як можна відображати зони розломів на геологічних картах, не втрачаючи іншої інформації.

Геофізичні, зокрема тектонофізичні, дані потрібно буде використовувати більш повно. При побудові геологічних розрізів важливо використовувати матеріали глибинних сейсмічних досліджень, гравітаційних і магнітних моделей, які вказують на фізичні властивості порід, параметри розривних порушень і напрямки падіння похилих границь. Кінематичні дані, одержані тектонофізиками, вказують на напрямки горизонтальних рухів блоків, які потрібні при аналізі плитотектонічних процесів, що зрештою наблизить геологічні погляди наших картувальників до світових.

Також потрібен більш відповідальний підхід до організації процесу побудови карт НСГК-200. Редакційна колегія НСГК-200 повинна складатися з геологів і геофізиків, які добре знаються на сучасних досягненнях геологічної та геофізичної науки. На них лягає найбільший тягар зі складання карти, тому що саме вони відповідають за:

а) одноголосне пролонгування п. 1 Пояснювальної записки до Кореляційної

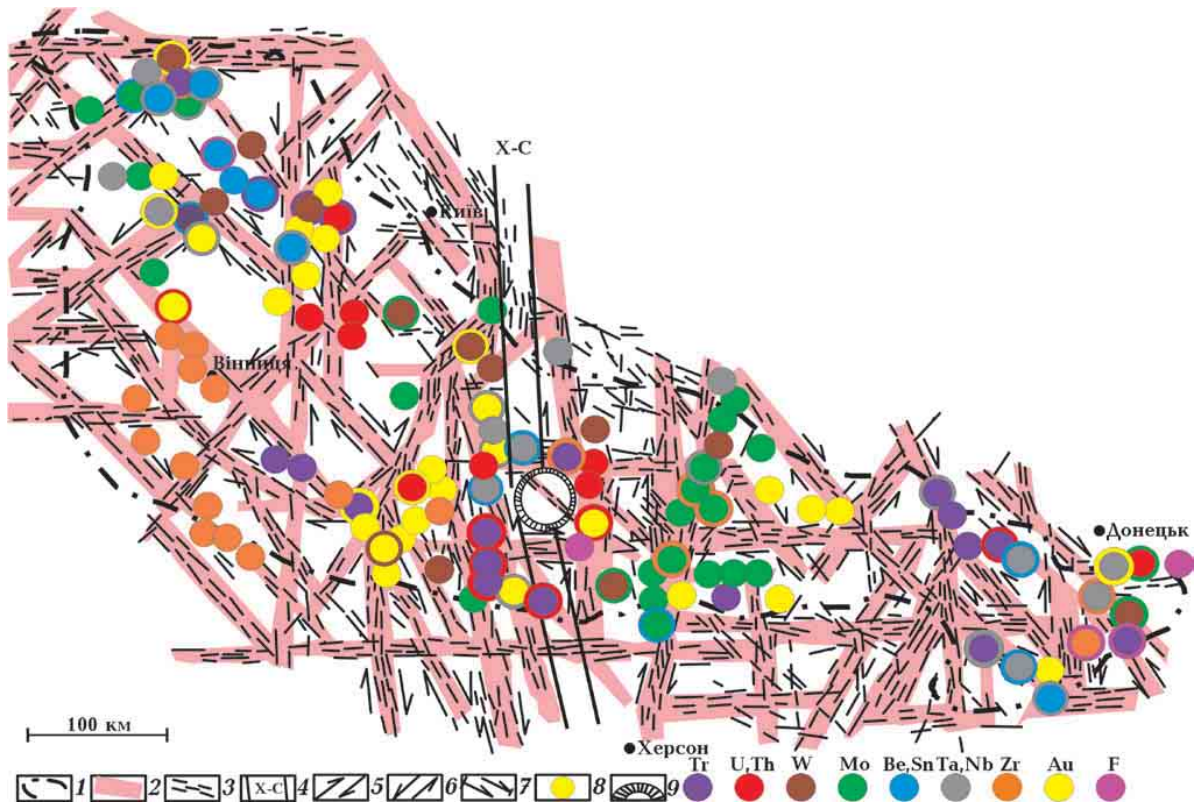


Рис. 4. Схема зіставлення рідкісноземельно-рідкіснометалевої та золоторудної мінералізації з розломно-блоковою тектонікою Українського щита [Нечаєв і др., 2019]: 1 — контур УЩ; 2 — зони розломів; 3 — ешелоновані сколи та зони сколювання; 4 — трансрегіональна зона розсуву Херсон—Смоленськ (Х-С); 5—7 — кінематичні знаки (5 — правий зсув, 6 — лівий зсув, 7 — скид і скидо-зсув); 8 — родовища та рудопрояви (колір усередині крутів — провідна рудна спеціалізація за групами; супутню мінералізацію показано зовнішнім кольоровим контуром); 9 — центр Кіровоградського рудного поля натрій-уранової формації.

Fig. 4. Scheme of comparison of rare earth, rare metal and gold mineralization with the fault-block tectonics of the Ukrainian Shield [Nechayev et al., 2019]: 1 — contour of the Ukrainian Shield; 2 — fault zones; 3 — echeloned fractures and chipping zones; 4 — Kherson—Smolensk transregional shear zone (Kh-S); 5—7 — kinematic signs (5 — dextral strike-slip fault, 6 — sinistral strike-slip fault, 7 — normal strike-slip fault); 8 — deposits and ore occurrences (the color inside the circles indicates the leading ore specialization by group; associated mineralization is shown by the outer colored contour); 9 — center of the Kirovohrad ore field of the sodium-uranium formation.

хроностратиграфічної схеми раннього докембрію Українського щита (2003—2004) з видаленням слів «головним чином», які дають змогу авторам карт нехтувати цим пунктом;

б) доповнення нової Пояснювальної записки розділом стосовно відображення на картах розломних структур та їх кінематичних знаків — як важливої складової не лише тектонічних схем комплекту, а й самих геологічних карт;

в) включення до геологічних карт та їх тектонічних схем елементів плюм-плитової тектоніки, умовні знаки до яких будуть розроблені редакційною колегією;

г) перехід, де це можливо, до формулювання стратонів так, як це робиться в англомовних роботах, з метою наближення НСГК-200 до світових стандартів. Наприклад, таке поняття, як «світа», для раннього докембрію в них відсутнє. І взагалі, що стосується раннього докембрію, то виділені на УЩ світи не відповідають вимогам Стратиграфічного кодексу України;

д) редакторську і експертну роботу, яка повинна вважатися почесним відповідальним дорученням з матеріальною підтримкою.

Наведені пункти а—д можна вважати висновками до цієї статті.

Список літератури

- Артеменко Г.В., Шумлянський Л.В., Швайка І.А. Позднепалеоархейские тоналитовые гнейсы Западно-Приазовского блока (Приазовский мегаблок Украинского щита). *Геол. журн.* 2014. № 4(349). С. 91—102.
- Бобров А.Б. Вулкано-плутонические ассоциации зеленокаменных поясов Украинского щита (формации, палеовулканические реконструкции, металлогения): *автореф. дис. ... г-ра геол.-мин. наук.* Львов, 1994, 38 с.
- Гейко В.С., Цветкова Т.А., Санникова Н.П., Ливанова Л.П., Гейко К.В. Региональная 3D Р-скоростная структура мантии Северо-Западной Евразии-1. Европа. *Геофиз. журн.* 1998. Т. 20. № 3. С. 67—91.
- Геологический словарь*, Т. 2. Москва: Недра, 1973, 476 с.
- Гинтов О.Б. *Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины.* Киев: Феникс, 2005, 572 с.
- Гинтов О.Б. Що відбувалося з ранньодокембрійськими гранулітовими комплексами Побужжя (Український щит) та поясу Лімпопо (Південна Африка) та як їх стратифікувати? Погляд тектоніста. *Геофиз. журн.* 2022. Т. 44. № 1. С. 55—82. <https://doi.org/10.24028/gzh.v44i1.253711>.
- Гинтов О.Б., Єнтін В.А., Мичак С.В. До побудови Схеми розломно-мегаблокової тектоніки Українського щита масштабу 1:500 000. *Геофиз. журн.* 2017. Т. 39. № 4. С. 69—83. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i5.2017.112340>.
- Гинтов О.Б., Пашкевич І.К. Тектонофізический анализ и геодинамическая интерпретация трехмерной геофизической модели Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2010. Т. 32. № 2. С. 3—18.
- Гинтов О.Б., Усенко О.В. Особливості сучасної структури побужзького гранулітового комплексу, розвиненого в межах Середнього Побужжя, і його поділу на серії та світи. *Геофиз. журн.*, 2022. Т. 44. № 4. С. 3—37. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i4.264839>.
- Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Геологічна карта і карта корисних копалин кристалічного фундаменту. Центральноукраїнська серія. Лист М-36-XXXI (Первомайськ).* Київ: Мін. екології та прир. рес. України, Держ. геологічна служба, 2004.
- Єсипчук К.Ю. Нова шкала геологічного часу і межа архей — протерозой на Українському щиті (про еволюцію поглядів на періодизацію докембрію). *Мінерал. журн.* 2008. Т. 30. № 1. С. 104—116.
- Загнітко В.М., Бобров О.Б. Геохімія та рудотворення (стан проблем та перспективи розвитку напрямів). *Мінерал. журн.* 2008. Т. 30. № 3. С. 81—87.
- Кирилюк В.П., Лисак А.М., Бобров О.Б., Покалюк В.В., Гайовський О.В., Лисенко О.А., Шевченко О.М. *Проект нової стратиграфічної схеми фундаменту Українського щита.* Львів: ЗУКЦ, 2023, 80 с.
- Кислюк В.В., Зюльцде В.В., Нікіташ Л.П. *Геологічна будова та корисні копалини водогілу річок Південний Буг і Дністер. Звіт про ГДП-200 території аркуша М-35-XXXVI (Гайворон).* Київ: Геолфонди, 2011.
- Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (пояснювальна записка).* Єсипчук К.Ю., Бобров О.Б., Степанюк Л.М. та ін. Київ: УкрДГРІ, 2004, 30 с.
- Лазько Е.М., Кирилюк В.П., Лысак А.М., Сиворонов А.А., Яценко Г.М. Стратиграфическая схема нижнего докембрия Украинского щита (на формационной основе). *Геол. журн.* 1986. Т. 46. № 2. С. 18—27.
- Лысак А.М., Пащенко В.Г., Зюльцде В.В. Формационная принадлежность и стратиграфическое положение железокремнистых образований Павловской группы магнитных аномалий (Среднее Побужье). *Геол. журн.* 1983. № 5. С. 99—109.
- Нечаев С.В., Гинтов О.Б., Мичак С.В. Связь редкометалльно-редкоземельного и золотого оруденения с разломно-блоковой тектоникой Украинского щита. 1. *Геофиз. журн.* 2019. Т. 41. № 1. С. 3—32. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158861>.
- Очерки геодинамики Украины.* Под ред. В.И. Старостенко, О.Б. Гинтова. Киев: ВІ ЕН ЕЙ, 2018. 466 с.

- Павлюк В.Н., Ентин В.А., Гинтов О.Б., Гуськов С.И. О перспективах поисков месторождений золота в Голованевской шовной зоне Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2019. Т. 41. № 5. С. 87—104. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i5.2019.183632>.
- Пономаренко А.Н. Генетические типы цирконов магматических и метаморфических пород Украинского щита. *Геохимия и рудообразование.* 1995. № 21. С. 24—34.
- Пономаренко А.Н., Гинтов О.Б., Степанюк Л.М. О так называемой «лейкогранулитовой формации» и «зеленолевадовской свите» раннего докембрия Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2018. Т. 40. № 5. С. 47—70. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i5.2018.147474>.
- Пономаренко А.Н., Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В. Геохронология и геодинамика палеопротерозоя Украинского щита. *Мінерал. журн.* 2014. Т. 36. № 2. С. 48—60.
- Семененко Н.П., Бойко В.Л., Бордунов И.Н. *Геология осадочно-вулканогенных формаций Украинского щита.* Москва: Наука, 1967, 379 с.
- Слензак О.І. *Про структуру Українського докембрію (на прикладі південно-західної частини Українського кристалічного щита).* Київ: Наук. думка, 1965, 139 с.
- Соллогуб В.Б. *Литосфера України.* Киев: Наук. думка, 1986, 183 с.
- Старостенко В.И., Пашкевич И.К., Кутас Р.И. Глубинное строение Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2002. Т. 24. № 6. С. 36—48.
- Степанюк Л.М. Геохронологія докембрію західної частини Українського щита (архей-палеопротерозой): *дис. ... д-ра. геол. наук.* Київ, 2000. 290 с.
- Степанюк Л.М. Метасоматична природа біотитових та біотит-гранатових гнейсів Середнього Побужжя. *Доп. НАН України.* 1997. № 1. С. 133—136.
- Степанюк Л.М. Проблеми стратиграфії та геохронології Українського щита. *Мінерал. журн.* 2018. Т. 40. № 1. С. 16—31.
- Степанюк Л.М., Довбуш Т.І., Висоцький О.Б., Лісна І.М., Білан О.В. Циркон та монацит як геохронометри. *Мінерал. журн.* 2022. Т. 44. № 1. С. 41—55. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.44.01.04>.
- Степанюк Л.М., Довбуш Т.І., Курило С.І., Лісна І.М. Фінальний етап гранітоїдного магматизму в дністровсько-бузькому мегаблоці Українського щита. *Геохімія та рудоутворення.* 2016. Вип. 36. С. 72—81.
- Степанюк Л.М., Пономаренко О.М., Петриченко К.В., Курило С.І., Довбуш Т.І., Сергеев С.А., Родіонов М.В. Уран-свинцева ізотопна геохронологія гранітоїдів бердичівського типу Побужжя (Український щит). *Мінерал. журн.* 2015. Т. 37. № 3. С. 51—66.
- Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Пономаренко О.М., Довбуш Т.І., Висоцький О.Б., Дьюйм Бруно. До питання про вікові межі формування кошаро-олександрівської світи бузької серії Побужжя. *Геохімія та рудоутворення.* 2010. № 28. С. 4—10.
- Сукач В.В. Геологічна будова та перспективи золотоносності Солонянського рудного поля (Середнє Придніпров'я). *Доп. НАН України.* 1999. № 6. С. 139—142.
- Тектонічна карта України. Масштаб 1:1000 000. Ч. I. Пояснювальна записка.* Київ: УкрДГРІ, 2007. 97 с.
- Філософський енциклопедичний словник.* Під ред. В.І. Шинкарук. Київ: Абрис, 2002. 742 с. Режим доступу: https://shron1.chtyvo.org.ua/Shynkaruk_Volodymyr/Filosofskiy_entsyklopedychnyi_slovnyk.pdf.
- Фомин Ю.А., Демихов Ю.Н., Лазаренко Е.Е. Генетические типы золотого оруденения архейских зеленокаменных структур Украинского щита. *Мінерал. журн.* 2003. Т. 25. № 1. С. 95—103.
- Фуко М. *Археология знания.* Киев: Ника-Центр, 1996, 207 с.
- Шевчук В.В. Соотношение протерозойского автохтонного гранитообразования и деформационных процессов в пределах Тальновской зоны разломов (Украинский щит). *Вісник Київ. ун-ту. Сер. Геологія.* 2012. Вип. 56. С. 5—7.
- Шумлянський Л.В. Вік та ізотопний склад гафнію цирконів з кварцитів Середнього Побужжя Українського щита. *Геохімія та рудоутворення.* 2012. Вип. 31-32. С. 136—143.

- Шумлянський Л.В., Степанюк Л.М., Клаесон С., Руденко К.В., Беккер А.Ю. Уран-свинцева за цирконом та монацитом геохронологія гранітоїдів житомирського та шереметівського комплексів, північно-західний район Українського щита. *Мінерал. журн.* 2018. Т. 40. № 2. С. 63—82. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.063>.
- Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Бартницький Е.Н., Верхогляд В.М., Комаристый А.А., Лесная И.М., Мицкевич Н.Ю., Пономаренко А.Н., Скобелев В.М., Щербак Д.Н. *Геохронологическая шкала докембрия Украинского щита*. Киев: Наук. думка, 1989, 144 с.
- Щербак Н.П., Половко Н.И., Левковская Н.Ю. Изотопный возраст акцессорных минералов из нижней свиты криворожской серии. *Геол. журн.* 1969. Т. 28. № 3. С. 23—32.
- Ярошук М.А., Богатырев В.Ф., Епатко Ю.М. Железорудные формации западной части Украинского щита. *Геол. журн.* 1982. Т. 42. № 3. С. 48—60.
- Ярошук М.А., Ярошук Є.А. Диафториты юго-западной окраины Украинского щита и их рудоносность. *Геология рудных месторождений*. 1989. Т. XXXI. № 3. С. 74—81.
- Anhaeusser, C.R. (1976a). The geology of the Sheba Hills area of the Barberton Mountain Land, South Africa, with particular reference to the Eureka Syncline. *Transactions of the Geological Society of South Africa*, 79, 253—280.
- Anhaeusser, C.R. (1976b). The nature and distribution of Archaean gold mineralization in southern Africa. *Minerals Science and Engineering*, 8, 46—84.
- Anhaeusser, C.R. (1978). The geological evolution of the primitive Earth — evidence from the Barberton Mountain Land. In D.H. Tarling (Ed.), *Evolution of the Earth's Crust* (pp. 71—106). London: Academic Press.
- Anhaeusser, C.R. (2019). The geology and tectonic evolution of the northwest part of the Barberton Greenstone Belt, South Africa: A review. *South African Journal of Geology*, 122(4), 1—34. <https://doi.org/10.25131/sajg.122.0033>.
- Anhaeusser, C.R., & Robb, L.J. (1983). Geological and geochemical characteristics of the Heerenveen and Mpuluzi batholiths south of the Barberton Greenstone Belt and preliminary thoughts on their petrogenesis. In C.R. Anhaeusser (Ed.), *Contributions to the Geology of the Barberton Mountain Land* (pp. 131—151). Geol. Soc. of South Africa Spec. Publ., 9.
- Artemenko, G.V., Shumlyanskyy, L.V., & Dovbysh, L.S. (2023). The age of detrite zircon from metasedimentary rocks of the Ternuvate strata (West Azov block of the Ukrainian Shield). *Dopov. Nac. akad. nauk Ukr.*, (3), 49—59. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2023.03.049>.
- Bogdanova, S.V., Bingen, B., Gorbatshev, R., Kheraskova, T.N., Kozlov, V.I., Puchkov, V.N., & Volozh, Y.A. (2008). The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia. *Precambrian Research*, 160(1-2), 23—45. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.04.024>.
- Bogdanova, S., Gorbatshev, R., Grad, M., Janik, T., Guterch, A., Kozlovskaya, T., Motuza, G., Skridlaite, G., Starostenko, V., & Taran, L. (2006). EUROBRIDGE: new insight into the geodynamic evolution of the East European Craton. In D.G. Gee, R.A. Stephenson (Eds.), *European Lithosphere Dynamics* (Vol. 32, pp. 599—625). Geol. Soc., London, Memoirs. <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2006.032.01.36>.
- Bogdanova, S.V., Pashkevich, I.K., Gorbatshev, R., & Orlyuk, M.I. (1996). Riphean rifting and major Palaeoproterozoic crustal boundaries in the basement of the East European Craton: geology and geophysics. *Tectonophysics*, 268(1-4), 1—21. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00232-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00232-6).
- Byerly, G.R. (1999). Komatiites of the Mendon Formation: late-stage ultramafic volcanism in the Barberton Greenstone Belt. In Lowe, D.R., Byerly, G.R. (Eds.), *Geologic Evolution of the Barberton Greenstone Belt, South Africa* (pp. 189—211). Geol. Soc. Am. Spec. Pap. 329. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2329-9.189>.
- Claesson, S., Bibikova, E., Shumlyanskyy, L., Dhuime, B., & Hawkesworth, C. (2015). The oldest crust in the Ukrainian Shield — Eoarchean U-Pb ages and Hf-Nd constraints from enderbites and metasediments In N.M.W. Van Kranendonk, S. Parman, S. Shirey, P.D. Clift (Eds.), *Continent Formation Through Time* (Vol. 389, pp. 227—259). Geol. Soc., London, Spec. Publ. <https://doi.org/10.1144/SP389.9>.

- Claesson, S., Bibikova, E.V., Shumlyansky, L., Whitehouse, M.J., & Billström, K. (2016). Can oxygen isotopes in magmatic zircon be modified by metamorphism? A case study from the Eoarchean Dniester-Bug Series, Ukrainian Shield. *Precambrian Research*, 273, 1—11. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2015.11.002>.
- de Ronde, C.E.J., & de Wit, M.J. (1994). Tectonic history of the Barberton greenstone belt, South Africa: 490 million years of Archean crustal evolution. *Tectonics*, 13(4), 983—1005. <https://doi.org/10.1029/94TC00353>.
- de Wit, M.J., Armstrong, R.A., Hart, R.J., & Wilson, A.H. (1987a). Felsic igneous rocks within the 3.3—3.5 Ga Barberton Greenstone Belt: high crustal level equivalents of the surrounding Tonalite-Trondhjemite terrain, emplaced during thrusting. *Tectonics*, 6(5), 529—549. <https://doi.org/10.1029/TC006i005p00529>.
- de Wit, M.J., & Ashwal, L.D. (1986). *Workshop on Tectonic Evolution of Greenstone Belts*. LPI Tech. Rpt. 86—10. Lunar and Planetary Institute, Houston, 227 p. Retrieved from <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19870020528/downloads/19870020528.pdf>.
- de Wit, M.J., Furnes, H., & Robins, B. (2011). Geology and tectonostratigraphy of the Onverwacht Suite, Barberton Greenstone Belt, South Africa. *Precambrian Research*, 186(1-4), 1—27. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2010.12.007>.
- de Wit, M.J., Hart, R.A., & Hart, R. (1987b). The Jamestown Ophiolite Complex, Barberton mountain belt: a section through 3.5 Ga oceanic crust. *Journal of African Earth Sciences*, 6(5), 681—730. [https://doi.org/10.1016/0899-5362\(87\)90007-8](https://doi.org/10.1016/0899-5362(87)90007-8).
- Definitions of Fact, Theory, and Law in Scientific Work National Center for Science Education*. (2008). Retrieved from <https://web.archive.org/web/20160521074258/http://ncse.com/evolution/education/definitions-fact-theory-law-scientific-work>.
- Dirks, P.H.G.M., Charlesworth, E.G., & Munnai, M.R. (2009). Cratonic extension and Archean gold mineralisation in the Sheba-Fairview mine, Barberton greenstone belt, South Africa. *South African Journal of Geology*, 112(3-4), 291—316. <https://doi.org/10.2113/gssajg.112.3-4.291>.
- Dirks, P.H.G.M., Charlesworth, E.G., Munnai, M.R., & Wormald, R. (2013). Stress Analysis, Post-Orogenic Extension and 3.01 Ga Gold Mineralisation in the Barberton Greenstone Belt, South Africa. *Precambrian Research*, 226, 157—184. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2012.12.007>.
- Frieman, B.M. (2018). *U-Pb and Lu-Hf LA-ICP-MS detrital zircon and structural investigations in the Abitibi subprovince, Canada, with implications for Archean geodynamic processes and deformation behavior along gold-bearing, crustal-scale faults*. Mines Theses & Dissertations. Retrieved from https://repository.mines.edu/bitstream/handle/11124/172262/Frieman_mines_0052E_11468.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Heubeck, C., Thomsen, T.B., Heredia, B.D., Zeh, A., & Balling, P. (2023). The Malolotsha Klippe: Large-Scale Subhorizontal Tectonics Along the Southern Margin of the Archean Barberton Greenstone Belt, Eswatini. *Tectonics*, 42(1), 1—25. <https://doi.org/10.1029/2022TC007359>.
- Kohler, E.A. (2003). *The geology of the Archean granitoid-greenstone terrane in the vicinity of Three Sisters, Barberton Greenstone Belt*. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/188773291.pdf>.
- Mason, R. (1973). A Discussion on the evolution of the Precambrian crust — The Limpopo mobile belt — Southern Africa. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A*, 273, 463—485. <https://doi.org/10.1098/rsta.1973.0012>.
- Robb, L.J., Brandl, G., Anhaeusser, C.R., & Pouljol, M. (2006). Archean granitoid intrusions. In M.R. Johnson, C.R. Anhaeusser, R.J. Thomas (Eds.), *The Geology of South Africa* (pp. 57—94). Geological Society of South Africa, Johannesburg/Council for Geoscience, Pretoria.
- Schoene, B., & Bowring, S.A. (2010). Rates and mechanisms of Mesoarchean magmatic arc construction, eastern Kaapvaal Craton, Swaziland. *Geological Society of America Bulletin*, 122, 408—429. <https://doi.org/10.1130/B26501.1>.
- Schoene, B., Dudas, F.O.L., Bowring, S.A., & de Wit, M. (2009). Sm-Nd Isotopic Mapping of Lithospheric Growth and Stabilization in the Eastern Kaapvaal Craton. *Terra Nova*, 21(3), 219—228. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2009.00877.x>.

- Shumlyanskyy, L., Ernst, R.E., Albeikov, A., Soderlund, U., Wilde, S.A., & Bekker, A. (2021). The early Statherian (ca. 1800—1750 Ma) Prutivka-Novogol large igneous province of Sarmatia: Geochronology and implication for the Nuna/Columbia supercontinent reconstruction. *Precambrian Research*, 358, 1—19. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2021.106185>.
- Shumlyanskyy, L., Ernst, R. E., Söderlund, U., Billström, K., Mitrokhin, O. & Tsybal, S. (2016) New U-Pb ages for mafic dykes in the North-western region of the Ukrainian shield: coeval tholeiitic and jotunitic magmatism. *GFF*, 138(1), 79—85. <http://dx.doi.org/10.1080/11035897.2015.1116602>.
- Travers, L., Chauvet, A., & Lehmann, J. (2023). Structure and Distribution of the Gold-Related Quartz Vein Systems in the Southwestern Part of the Barberton Greenstone Belt (South Africa, Eswatini). *Minerals*, 13, 1034. <https://doi.org/10.3390/min13081034>.
- Van Reenen, D.D., Boshoff, R., Smit, C.A., Perchuk, L.L., Kramers, J.D., McCourt, S., & Armstrong, R.A. (2008). Geochronological problems related to polymetamorphism in the Limpopo Complex, South Africa. *Gondwana Research*, 14, 644—662. <https://doi.org/10.1016/jgr.2008.01.013>.
- Viljoen, M.J., & Viljoen, R.P. (1969a). An introduction to the geology of the Barberton granite-greenstone terrain. *Geol. Soc. South Africa Spec. Publ.*, 2, 928.
- Viljoen, M.J., & Viljoen, R.P. (1969b). The geological and geochemical ignificance of the upper formations of the Onverwacht Group, Upper Mantle Project. *Geol. Soc. South Africa Spec. Publ.*, 2, 113—151.
- Visser, D.J.L. et al. (1956). The geology of the Barberton Area. *Geol. Surv. South Africa Spec. Publ.* 15, 1—253.
- Wilde, S.A., & Spaggiari, C. (2007). Chapter 3.6 The Narryer Terrane, Western Australia: A Review. *Developments in Precambrian Geology*, 15, 275—304. [https://doi.org/10.1016/S0166-2635\(07\)15036-2](https://doi.org/10.1016/S0166-2635(07)15036-2).
- Zeh, A., & Gerdes, A., Klemd, R., & Barton, Jr., J.M. (2007). Archaean to Proterozoic Crustal Evolution in the Central Zone of the Limpopo Belt (South Africa-Botswana): Constraints from Combined U-Pb and Lu-Hf Isotope Analyses of Zircon. *Journal of Petrology*, 38(8), 1605—1639. <https://doi.org/10.1093/petrology/egm032>.

Geological facts, geological judgments, geological truth and the State Geological Map of the Ukrainian Shield

O.B. Gintov, S.V. Mychak, 2024

S. I. Subbotin Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The shortcomings of the Geological maps in Ukraine and maps of the minerals of the crystalline basement of the Ukrainian Shield of the State Geological Map of Ukraine (scale 1:200 000) published in Ukraine are considered in terms of the maps' compliance with modern views on the structure and development of the Earth's crust in the Early Precambrian (Archean-Early Proterozoic). It is shown that, despite the basic requirement of the Early Precambrian Section of the National Stratigraphic Committee of Ukraine that the Precambrian formations of the Ukrainian Shield be age-divided based mainly on isotopic geochronology, this did not become the basis for the preparation of geological maps. Some authors and editors of maps are still influenced by the outdated concept of the formation of early Precambrian strata by their successive layering and fixing as a sequence in the vertical section of the crust during regional metamorphism. The determining role of horizontal crustal movements, plume and plate tectonic processes was also

perceived ambiguously. The role of large-scale thrusts and subductions of lithoplates, which changed the age relationships of rocks in the section, was not taken into account. The article compares tectonic schemes and sections of geological and mineral maps of the crystalline basement of the Ukrainian Shield with maps of the Precambrian basement of the South African, Canadian, and Western Australian Shields, in which the legends replace the principle of «lower-higher» with the principle of «older-younger» based on isotopic dating. It is shown how the views of Western geologists have evolved from the mid-twentieth century to the present day in the study of the Archaic Barberton Greenstone Belt (eastern margin of the Kaapvaal Craton, South Africa), having long based geological map legends on highly accurate isotopic data.

Another disadvantage of the discussed maps of the Ukrainian Shield is the many inconsistencies in the author's interpretation of the geological content of different, and even neighboring by nomenclature, map sheets, especially tectonic schemes and sections, and designations of the material composition of rocks.

The authors of the article propose to return again to the discussion and solution by geologists and geological organizations of the issue of compiling a new series of Geological maps and mineral maps of the crystalline basement of the Ukrainian Shield at a scale of 1:200,000 on the basis of previous and new geological, geophysical and geochemical data obtained over the past 20 years and the latest achievements of world geological science.

Key words: Ukrainian Shield, isotopic geochronology, geological maps, tectonic schemes, faults, tectonophysics, geological truth.

References

- Artemenko, G.V., Shumlyansky, L.V., & Shvayka, I.A. (2014). Late Paleoproterozoic tonalitic gneisses of the Western-Azov area megablock (Azov area megablock of the Ukrainian shield). *Geologicheskii Zhurnal*, (4), 91—102 (in Russian).
- Bobrov, A.B. (1994). Volcanic-plutonic associations of greenstone belts of the Ukrainian Shield (formations, paleovolcanic reconstructions, metallogeny). *Abstract of the dissertation for the degree of Doctor of Geological and Mineralogical Sciences*. Lvov. 38 p. (in Russian).
- Geyko, V.S., Tsvetkova, T.A., Sannikova, N.P., Livanova, L.P., & Geyko, K.V. (1998). Regional 3D P-velocity structure of the mantle of North-Western Eurasia-1. Europe. 1. *Geofizicheskii Zhurnal*, 20(3), 67—91 (in Russian).
- Geological Dictionary*. (1973). V. 2. Moscow: Nedra, 476 p. (in Russian).
- Gintov, O.B. (2005). *Field tectonophysics and its application in the study of deformations of the earth's crust of Ukraine*. Kiev: Feniks, 572 p. (in Russian).
- Gintov, O.B. (2022). What happened to the Early Precambrian granulite complexes of the Bug area (Ukrainian Shield) and the Limpopo Belt (South Africa) and how to stratify them? A tectonist's view. *Geofizicheskii Zhurnal*, 44(1), 55—82. <https://doi.org/10.24028/gzh.v44i1.253711> (in Ukrainian).
- Gintov, O.B., Yentyn, V.A., & Mychak, S.V. (2017). To the construction of the Scheme of fault-megablock tectonics of the Ukrainian Shield at a scale of 1:500 000. *Geofizicheskii Zhurnal*, 39(4), 69—83. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i5.2017.112340> (in Ukrainian).
- Gintov, O.B., & Pashkevich, I.K. (2010). Tectonophysical analysis and geodynamic interpretation of the three-dimensional geophysical model of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskii Zhurnal*, 32(2), 3—18 (in Russian).
- Gintov, O.B., & Usenko, O.V. (2022). Features of the modern structure of the Bug granulite complex developed within the Middle Bug area and its division into series and suites. *Geofizicheskii Zhurnal*, 44(4), 3—37. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i4.264839> (in Ukrainian).
- State Geological Map of Ukraine. Scale 1:200 000. Geological map and mineral map of the crystalline basement. Central Ukrainian series. Sheet M-36-XXXI (Pervomaisk)*. (2004). Kyiv: Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, State Geological Service (in Ukrainian).

- Esipchuk, K.Yu. (2008). A new geological time scale and the Archean-Proterozoic boundary on the Ukrainian Shield (about the evolution of views on the periodization of the Precambrian). *Mineralogical Journal*, 30(1), 104—116 (in Ukrainian).
- Zagnitko, V.M., & Bobrov, O.B. (2008). **Geochemistry and ore formation (state of problems and prospects for the development of directions)**. *Mineralogical Journal*, 30(3), 81—87. (in Ukrainian).
- Kirilyuk, V.P., Lysak, A.M., Bobrov, O.B., Pokalyuk, V.V. Gayovsky, O.V., Lysenko, O.A., & Shevchenko, O.M. (2023). *Project of a new stratigraphic scheme of the foundation of the Ukrainian Shield*. Lviv: ZUKC, 80 p. (in Ukrainian).
- Kyslyuk, V.V., Zulcle, V.V., & Nikitash, L.P. (2011). *Geological structure and minerals of the watershed of the Southern Bug and Dniester rivers. Report on the GDP-200 of the territory of the sheet M-35-XXXVI (Gayvoron)*. Kyiv: Geofunds (in Ukrainian).
- Correlation chronostratigraphic scheme of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield (explanatory note)*. (2004). Esypchuk, K.Yu., Bobrov, O.B., Stepaniuk, L.M. et al. Kyiv: UkrDGRI, 30 p. (in Ukrainian).
- Lazko, E.M., Kirilyuk, V.P., Lysak, A.M., Sivoronov, A.A., & Yatsenko, G.M. (1986). **Stratigraphic scheme of the Lower Precambrian of the Ukrainian Shield (on a formation basis)**. *Geologicheskii Zhurnal*, 46(2), 18—27 (in Russian).
- Lysak, A.M., Pashchenko, V.G., & Zultsle, V.V. (1983). Formation affiliation and stratigraphic position of iron-siliceous formations of the Pavlov group of magnetic anomalies (Middle Bug area). *Geologicheskii Zhurnal*, (5), 99—109 (in Russian).
- Nechaev, S.V., Gintov, O.B., & Mychak, S.V. (2019). Connection of rare-metal and rare earth and gold mineralization with fault-block tectonics of the Ukrainian Shield. 1. *Geofizicheskii Zhurnal*, 41(1), 3—32. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158861> (in Russian).
- Starostenko, V.I., & Gintov, O.B. (Ed.). (2018). *Sketches of geodynamics of Ukraine*. Kiev: VI EN EY, 466 p. (in Russian).
- Pavlyuk, V.N., Yentin, V.A., Gintov, O.B., Mychak, S.V., & Guskov, S.I. (2019). **On the prospects for gold deposits in the Golovanevsk suture zone of the Ukrainian shield**. *Geofizicheskii Zhurnal*, 41(5), 87—104 (in Russian).
- Ponomarenko, A.N. (1995). **Genectypes of zircons of magmatic and metamorphic rocks of the Ukrainian Shield**. *Geochemistry and ore formation*, (21), 24—34 (in Russian).
- Ponomarenko, A.N., Gintov, O.B., & Stepanyuk, L.M. (2018). **On the so-called «leyko-granulitic formation» and «zelenolevadovska suite» of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield**. *Geofizicheskii Zhurnal*, 40(5), 47—70. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i5.2018.147474> (in Russian).
- Ponomarenko, A.N., Stepaniuk, L.M., & Shumlyansky, L.V. (2014). Geochronology and geodynamics of the Paleoproterozoic of the Ukrainian Shield. *Mineralogical Journal*, 36(2), 48—60 (in Russian).
- Semenenko, N.P., Boyko, V.L., & Bordunov, I.N. (1967). *Geology of sedimentary-volcanogenic formations of the Ukrainian Shield*. Moscow: Nauka, 379 p. (in Russian).
- Slenzak, O.I. (1965). *On the structure of the Ukrainian Precambrian (on the example of the southwestern part of the Ukrainian crystalline shield)*. Kyiv: Naukova Dumka, 139 p. (in Ukrainian).
- Sollogub, V.B. (1986). *Lithosphere of Ukraine*. Kiev: Naukova Dumka, 183 p. (in Russian).
- Starostenko, V.I., Pashkevich, I.K., & Kutas, R.I. (2002). Deep structure of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskii Zhurnal*, 24(6), 36—48 (in Russian).
- Stepanyuk, L.M. (2000). Geochronology of the Precambrian of the western part of the Ukrainian Shield (Archean-Paleoproterozoic): *Thesis of Dr. of Geological sciences*. Kyiv, 290 p. (in Ukrainian).
- Stepanyuk, L.M. (1997). **Metasomatic nature of biotite and biotite-garnet gneisses of the Middle Bug area**. *Proc. of the National Academy of Sciences of Ukraine*, (1), 133—136 (in Ukrainian).
- Stepanyuk, L.M. (2018). Problems of stratigraphy and geochronology of the Ukrainian Shield. *Mineralogical Journal*, 40(1), 16—31 (in Ukrainian).

- Stepanyuk, L.M., Dovbush, T.I., Vysotsky, O.B., Lisna, I.M., & Bilan, O.V. (2022). Zircon and monazite as geochronometers. *Mineralogical Journal*, 44(1), 41—55. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.44.01.04> (in Ukrainian).
- Stepanyuk, L.M., Dovbush, T.I., Kurylo, S.I., & Lisna, I.M. (2016). The final stage of granitoid magmatism in the Dniester-Bug megablock of the Ukrainian Shield. *Geochemistry and ore mining*, (36), 72—81 (in Ukrainian).
- Stepanyuk, L.M., Ponomarenko, O.M., Petrychenko, K.V., Kurylo, S.I., Dovbush, T.I., Sergeev, S.A., & Rodionov, M.V. (2015). Uranium-lead isotope geochronology of granitoids of the Berdychiv type of the Bug area (Ukrainian shield). *Mineralogical Journal*, 37(3), 51—66 (in Ukrainian).
- Stepanyuk, L.M., Shumlyansky, L.V., Ponomarenko, O.M., Dovbush, T.I., Vysotsky, O.B., & Dhuime, B. (2010). To the question of age limits of formation of the Kosharo-Olexandrivka Suite of the Bug series of Bug area. *Geochemistry and ore formation*, (28), 24—10 (in Ukrainian).
- Sukach, V.V. (1999). Geological structure and prospects of gold bearing of the Solonyansk ore field (Middle Dnipro region). *Proc. of the National Academy of Sciences of Ukraine*, (6), 139—142 (in Ukrainian).
- Tectonic map of Ukraine. Scale 1:1000 000. Part I. Explanatory note.* (2007). Kyiv: UkrDGRI, 97 p. (in Ukrainian).
- Shinkaruk, V.I. (Ed.). (2002). *Philosophical encyclopedic dictionary*. Kyiv: Abrys, 742 p. Retrieved from https://shron1.chtyvo.org.ua/Shynkaruk_Volodymyr/Filosofskyi_entsyklopedychnyi_slovyk.pdf. (in Ukrainian).
- Fomin, Yu.A., Demikhov, Yu.N., & Lazarenko, E.E. (2003). Genetic types of gold mineralization of Archean greenstone structures of the Ukrainian Shield. *Mineralogical Journal*, 25(1), 95—103 (in Russian).
- Fuko, M. (1996). *Archaeology of knowledge*. Kiev: Nika-Center, 207 p. (in Russian).
- Shevchuk, V.V. (2012). Correlation of Proterozoic autochthonous granite formation and deformation processes within the Talnovsk zone of faults (Ukrainian Shield). *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, (56), 5—7 (in Russian).
- Shumlyansky, L.V. (2012). Age and isotopic composition of hafnium of zircons from quartzites of the Middle Bug area of the Ukrainian Shield. *Geochemistry and ore mining*, (31-32), 136—143 (in Ukrainian).
- Shumlyansky, L.V., Stepanyuk, L.M., Claesson, S., Rudenko, K.V., & Bekker, A.Yu. (2018). Uranium-lead according to zircon and monazite geochronology of granitoids of the Zhytomyr and Sheremetiv complexes is northwestern region of the Ukrainian Shield. *Mineralogical Journal*, 40(2), 63—82. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.02.063> (in Ukrainian).
- Shcherbak, N.P., Artemenko, G.V., Bartnytskiy, E.N., Verkhoglyad, V.M., Komaristyy, A.A., Lesnaya, I.M., Mitskevich, N.Yu., Ponomarenko, A.N., Skobelev, V.M., & Shcherbak, D.N. (1989). *Geochronological scale of the Precambrian of the Ukrainian Shield*. Kiev: Naukova Dumka, 144 p. (in Russian).
- Shcherbak, N.P., Polovko, N.I., & Levkovska, N. Yu. (1969). Isotopic age of accessor minerals from the lower suite of the Kryvyi Rig series. *Geologicheskij Zhurnal*, 28(3), 23—32 (in Russian).
- Yaroshchuk, M.A., Bogatyrev, V.F., & Epatko, Yu.M. (1982). Iron ore formations in the western part of the Ukrainian Shield. *Geologicheskij Zhurnal*, 42(3), 48—60 (in Russian).
- Yaroshchuk, M.A., Yaroshchuk, E.A. (1989). Diapirites of the southwestern edge of the Ukrainian Shield and their ore bearing. *Geology of ore deposits*, XXXI(3), 74—81 (in Russian).
- Anhaeusser, C.R. (1976a). The geology of the Sheba Hills area of the Barberton Mountain Land, South Africa, with particular reference to the Eureka Syncline. *Transactions of the Geological Society of South Africa*, 79, 253—280.
- Anhaeusser, C.R. (1976b). The nature and distribution of Archaean gold mineralization in southern Africa. *Minerals Science and Engineering*, 8, 46—84.
- Anhaeusser, C.R. (1978). The geological evolution of the primitive Earth — evidence from the Barberton Mountain Land. In D.H. Tarling (Ed.), *Evolution of the Earth's Crust* (pp. 71—106). London: Academic Press.

- Anhaeusser, C.R. (2019). The geology and tectonic evolution of the northwest part of the Barberton Greenstone Belt, South Africa: A review. *South African Journal of Geology*, 122(4), 1—34. <https://doi.org/10.25131/sajg.122.0033>.
- Anhaeusser, C.R., & Robb, L.J. (1983). Geological and geochemical characteristics of the Heerenveen and Mpuluzi batholiths south of the Barberton Greenstone Belt and preliminary thoughts on their petrogenesis. In C.R. Anhaeusser (Ed.), *Contributions to the Geology of the Barberton Mountain Land* (pp. 131—151). Geol. Soc. of South Africa Spec. Publ., 9.
- Artemenko, G.V., Shumlyansky, L.V., & Dovbysh, L.S. (2023). The age of detrital zircon from metasedimentary rocks of the Ternuvate strata (West Azov block of the Ukrainian Shield). *Dopov. Nac. akad. nauk Ukr.*, (3), 49—59. <https://doi.org/10.15407/dopovid2023.03.049>.
- Bogdanova, S.V., Bingen, B., Gorbatshev, R., Kheraskova, T.N., Kozlov, V.I., Puchkov, V.N., & Volozh, Y.A. (2008). The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia. *Precambrian Research*, 160(1-2), 23—45. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.04.024>.
- Bogdanova, S., Gorbatshev, R., Grad, M., Janik, T., Guterch, A., Kozlovskaya, T., Motuza, G., Skridlaite, G., Starostenko, V., & Taran, L. (2006). EUROBRIDGE: new insight into the geodynamic evolution of the East European Craton. In D.G. Gee, R.A. Stephenson (Eds.), *European Lithosphere Dynamics* (Vol. 32, pp. 599—625). Geol. Soc., London, Memoirs. <https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2006.032.01.36>.
- Bogdanova, S.V., Pashkevich, I.K., Gorbatshev, R., & Orlyuk, M.I. (1996). Riphean rifting and major Palaeoproterozoic crustal boundaries in the basement of the East European Craton: geology and geophysics. *Tectonophysics*, 268(1-4), 1—21. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00232-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00232-6).
- Byerly, G.R. (1999). Komatiites of the Mendon Formation: late-stage ultramafic volcanism in the Barberton Greenstone Belt. In Lowe, D.R., Byerly, G.R. (Eds.), *Geologic Evolution of the Barberton Greenstone Belt, South Africa* (pp. 189—211). Geol. Soc. Am. Spec. Pap. 329. <https://doi.org/10.1130/0-8137-2329-9.189>.
- Claesson, S., Bibikova, E., Shumlyansky, L., Dhuime, B., & Hawkesworth, C. (2015). The oldest crust in the Ukrainian Shield — Eoarchean U-Pb ages and Hf-Nd constraints from enderbites and metasediments. In N.M.W. Van Kranendonk, S. Parman, S. Shirey, P.D. Clift (Eds.), *Continent Formation Through Time* (Vol. 389, pp. 227—259). Geol. Soc., London, Spec. Publ. <https://doi.org/10.1144/SP389.9>.
- Claesson, S., Bibikova, E.V., Shumlyansky, L., Whitehouse, M.J., & Billström, K. (2016). Can oxygen isotopes in magmatic zircon be modified by metamorphism? A case study from the Eoarchean Dniester-Bug Series, Ukrainian Shield. *Precambrian Research*, 273, 1—11. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2015.11.002>.
- de Ronde, C.E.J., & de Wit, M.J. (1994). Tectonic history of the Barberton greenstone belt, South Africa: 490 million years of Archean crustal evolution. *Tectonics*, 13(4), 983—1005. <https://doi.org/10.1029/94TC00353>.
- de Wit, M.J., Armstrong, R.A., Hart, R.J., & Wilson, A.H. (1987a). Felsic igneous rocks within the 3.3—3.5 Ga Barberton Greenstone Belt: high crustal level equivalents of the surrounding Tonalite-Trondhjemite terrain, emplaced during thrusting. *Tectonics*, 6(5), 529—549. <https://doi.org/10.1029/TC006i005p00529>.
- de Wit, M.J., & Ashwal, L.D. (1986). *Workshop on Tectonic Evolution of Greenstone Belts*. LPI Tech. Rpt. 86—10. Lunar and Planetary Institute, Houston, 227 p. Retrieved from <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19870020528/downloads/19870020528.pdf>.
- de Wit, M.J., Furnes, H., & Robins, B. (2011). Geology and tectonostratigraphy of the Onverwacht Suite, Barberton Greenstone Belt, South Africa. *Precambrian Research*, 186(1-4), 1—27. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2010.12.007>.
- de Wit, M.J., Hart, R.A., & Hart, R. (1987b). The Jamestown Ophiolite Complex, Barberton mountain belt: a section through 3.5 Ga oceanic crust. *Journal of African Earth Sciences*, 6(5), 681—730. [https://doi.org/10.1016/0899-5362\(87\)90007-8](https://doi.org/10.1016/0899-5362(87)90007-8).
- Definitions of Fact, Theory, and Law in Scientific Work National Center for Science Education*. (2008). Retrieved from <https://web.archive.org/web/20160521074258/http://ncse.com/evolution/education/definitions-fact-theory-law-scientific-work>.

- Dirks, P.H.G.M., Charlesworth, E.G., & Munyai, M.R. (2009). Cratonic extension and Archaean gold mineralisation in the Sheba-Fairview mine, Barberton greenstone belt, South Africa. *South African Journal of Geology*, 112(3-4), 291—316. <https://doi.org/10.2113/gssajg.112.3-4.291>.
- Dirks, P.H.G.M., Charlesworth, E.G., Munyai, M.R., & Wormald, R. (2013). Stress Analysis, Post-Orogenic Extension and 3.01 Ga Gold Mineralisation in the Barberton Greenstone Belt, South Africa. *Precambrian Research*, 226, 157—184. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2012.12.007>.
- Frieman, B.M. (2018). *U-Pb and Lu-Hf LA-ICP-MS detrital zircon and structural investigations in the Abitibi subprovince, Canada, with implications for Archean geodynamic processes and deformation behavior along gold-bearing, crustal-scale faults*. Mines Theses & Dissertations. Retrieved from https://repository.mines.edu/bitstream/handle/11124/172262/Frieman_mines_0052E_11468.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Heubeck, C., Thomsen, T.B., Heredia, B.D., Zeh, A., & Balling, P. (2023). The Malolotsha Klippe: Large-Scale Subhorizontal Tectonics Along the Southern Margin of the Archaean Barberton Greenstone Belt, Eswatini. *Tectonics*, 42(1), 1—25. <https://doi.org/10.1029/2022TC007359>.
- Kohler, E.A. (2003). *The geology of the Archaean granitoid-greenstone terrane in the vicinity of Three Sisters, Barberton Greenstone Belt*. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/188773291.pdf>.
- Mason, R. (1973). A Discussion on the evolution of the Precambrian crust — The Limpopo mobile belt — Southern Africa. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A*, 273, 463—485. <https://doi.org/10.1098/rsta.1973.0012>.
- Robb, L.J., Brandl, G., Anhaeusser, C.R., & Pouljol, M. (2006). Archaean granitoid intrusions. In M.R. Johnson, C.R. Anhaeusser, R.J. Thomas (Eds.), *The Geology of South Africa* (pp. 57—94). Geological Society of South Africa, Johannesburg/Council for Geoscience, Pretoria.
- Schoene, B., & Bowring, S.A. (2010). Rates and mechanisms of Mesoarchean magmatic arc construction, eastern Kaapvaal Craton, Swaziland. *Geological Society of America Bulletin*, 122, 408—429. <https://doi.org/10.1130/B26501.1>.
- Schoene, B., Dudas, F.O.L., Bowring, S.A., & de Wit, M. (2009). Sm-Nd Isotopic Mapping of Lithospheric Growth and Stabilization in the Eastern Kaapvaal Craton. *Terra Nova*, 21(3), 219—228. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2009.00877.x>.
- Shumlyanskyy, L., Ernst, R.E., Albekov, A., Soderlund, U., Wilde, S.A., & Bekker, A. (2021). The early Statherian (ca. 1800—1750 Ma) Prutivka-Novogol large igneous province of Sarmatia: Geochronology and implication for the Nuna/Columbia supercontinent reconstruction. *Precambrian Research*, 358, 1—19. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2021.106185>.
- Shumlyanskyy, L., Ernst, R. E., Söderlund, U., Billström, K., Mitrokhin, O. & Tsymbal, S. (2016). New U-Pb ages for mafic dykes in the Northwestern region of the Ukrainian shield: coeval tholeiitic and jotunitic magmatism. *GFF*, 138(1), 79—85. <http://dx.doi.org/10.1080/11035897.2015.1116602>.
- Travers, L., Chauvet, A., & Lehmann, J. (2023). Structure and Distribution of the Gold-Related Quartz Vein Systems in the Southwestern Part of the Barberton Greenstone Belt (South Africa, Eswatini). *Minerals*, 13, 1034. <https://doi.org/10.3390/min13081034>.
- Van Reenen, D.D., Boshoff, R., Smit, C.A., Perchuk, L.L., Kramers, J.D., McCourt, S., & Armstrong, R.A. (2008). Geochronological problems related to polymetamorphism in the Limpopo Complex, South Africa. *Gondwana Research*, 14, 644—662. <https://doi.org/10.1016/j.jgr.2008.01.013>.
- Viljoen, M.J., & Viljoen, R.P. (1969a). An introduction to the geology of the Barberton granite-greenstone terrain. *Geol. Soc. South Africa Spec. Publ.*, 2, 928.
- Viljoen, M.J., & Viljoen, R.P. (1969b). The geological and geochemical ignificance of the upper formations of the Onverwacht Group, Upper Mantle Project. *Geol. Soc. South Africa Spec. Publ.*, 2, 113—151.
- Visser, D.J.L. et al. (1956). The geology of the Barberton Area. *Geol. Surv. South Africa Spec. Publ.*, 15, 1—253.

Wilde, S.A., & Spaggiari, C. (2007). Chapter 3.6 The Narryer Terrane, Western Australia: A Review. *Developments in Precambrian Geology*, 15, 275—304. [https://doi.org/10.1016/S0166-2635\(07\)15036-2](https://doi.org/10.1016/S0166-2635(07)15036-2).

Zeh, A., & Gerdes, A., Klemd, R., & Barton, Jr.,

J.M. (2007). Archaean to Proterozoic Crustal Evolution in the Central Zone of the Limpopo Belt (South Africa-Botswana): Constraints from Combined U-Pb and Lu-Hf Isotope Analyses of Zircon. *Journal of Petrology*, 38(8), 1605—1639. <https://doi.org/10.1093/petrology/egm032>.