

Особливості сучасної структури побузького гранулітового комплексу, розвиненого в межах Середнього Побужжя, і його поділу на серії та світи

О.Б. Гінтов, О.В.Усенко, 2022

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна
Надійшла 3 травня 2022 р.

На прикладі Побузького гірничорудного району (ПГРР, Середнє Побужжя), зокрема ділянки Гайворон—Завалля і Голованівської шовної зони (ГШЗ), які вже довгі роки є «полігоном» вивчення структури і стратиграфії ранньодокембрійських комплексів Українського щита (УЩ), розглянуто ранньодокембрійську частину останньої Кореляційної хроностратиграфічної схеми (КХС) УЩ і питання, що виникають навколо її обговорення і необхідності змін. Головна проблема стосується виділення в КХС УЩ серій, світ і товщ гірських порід, що є доволі дискусійним. Показано, що деякі товщі (лейкогранулітова формація і зеленолевадівська товща, значна частина кошаро-олександрівської світи) належать до формаційно-генетичного ряду кварц-польовошпатових метасоматитів, зокрема, до структурно-формаційної асоціації метасоматитів зон регіональних розломів і не є стратигенними. За ізотопно-геохронологічними даними березнинська товща не є архейською і тому не належить до дністровсько-бузької серії. Шаруватість, смугастість і гнейсуватість комплексу ендербіто-гнейсів ділянки Гайворон—Завалля пов'язана з перетином її густою мережею зон розломів, і тому ця ділянка належить до площі поширення високодисперсних метаморфічних тектонітів, а не стратигенної товщі, котру деякі дослідники намагаються іменувати «сальківською світою». Об'єднання залізородних товщ ПГРР у павлівську товщу архейської дністровсько-бузької серії є невірним, тому що справжній перекритий розріз такої товщі досліджено в Молдовській структурі ГШЗ, і його віднесено до бузької серії. Проте генезис залізородних порід є спірним, тому вносити їх до КХС УЩ автори вважають небажаним. Спірним є також генезис графітових гнейсів і кварцитів хащувато-заваллівської світи, з чого випливає необхідність її вилучення з КХС УЩ. Із вилученням зі складу дністровсько-бузької серії зеленолевадівської, березнинської та павлівської товщ з неї залишається тільки товща гіперстенових і двопіроксенових плагіогнейсів та кристалічних сланців, яка зветься тиврівською. Її стратотип набуває стратотипу всієї серії, тому стратон «тиврівська товща» також може бути вилучений зі складу серії. Автори дійшли висновку, що поділ побузького гранулітового комплексу на світи і товщі є недоцільним. При розгляді питання поділу побузького гранулітового комплексу на серії показано, що поняття «серія», викладене у Стратиграфічному кодексі України, хоча й не враховує особливостей формування архейських серій, проте не суперечить їм. Тому виділення дністровсько-бузької та бузької серій різного складу та віку є цілком закономірним. Всупереч поглядам деяких дослідників про безперервний процес нагромадження осадово-вулканогенних порід Середнього Побужжя показано, що аномалії у віковому розподілі кластогенних цирконів з порід ділянки Гайворон—Завалля та ГШЗ відповідають світовим і відображають загальносвітовий процес формування земної кори, у якому відносно спокійні тектонічні режими чергувалися з періодами тектонічних активізацій та плюмової діяльності. Під час таких періодів активізувалися як магматичні і метасоматичні процеси, так і осадово-вулканогенні. Матеріали дослідження ізотопного складу гафнію з цирконів порід дністровсько-бузької та бузької серій засвідчують про можливу різницю у віці їх формування 600—700 млн років. Розглянуто

також питання походження і перебудови побузького комплексу ендербіто-гнейсів, поширеного в районі досліджень.

Ключові слова: Український щит, Середнє Побужжя, побузький гранулітовий комплекс, серії, світи, товщі, шаруватість, смугастість, циркони.

Вступ. Регіон Середнього Побужжя Українського щита (УЩ), особливо Побузький гірничорудний район (ПГРР), який охоплює площу розвитку архейського гранулітового комплексу в межах території між містами Гайворон і Первомайськ (рис. 1), історично й геологічно є своєрідним «полігоном» вивчення структури і стратиграфії ранньодокембрійських комп-

лексів УЩ [Щербаков, 2005; Степанюк, 2020; Кирилюк, 2020; Гінтов та ін., 2020], а також об'єктом численних дискусій з цих питань.

Зокрема, добре відслонена ділянка середньої течії р. Південний Буг між м. Гайворон і пгт Завалля з відомими кар'єрами — Гайворонським, Одеським, Козачоярським і Заваллівським — є польовою гео-

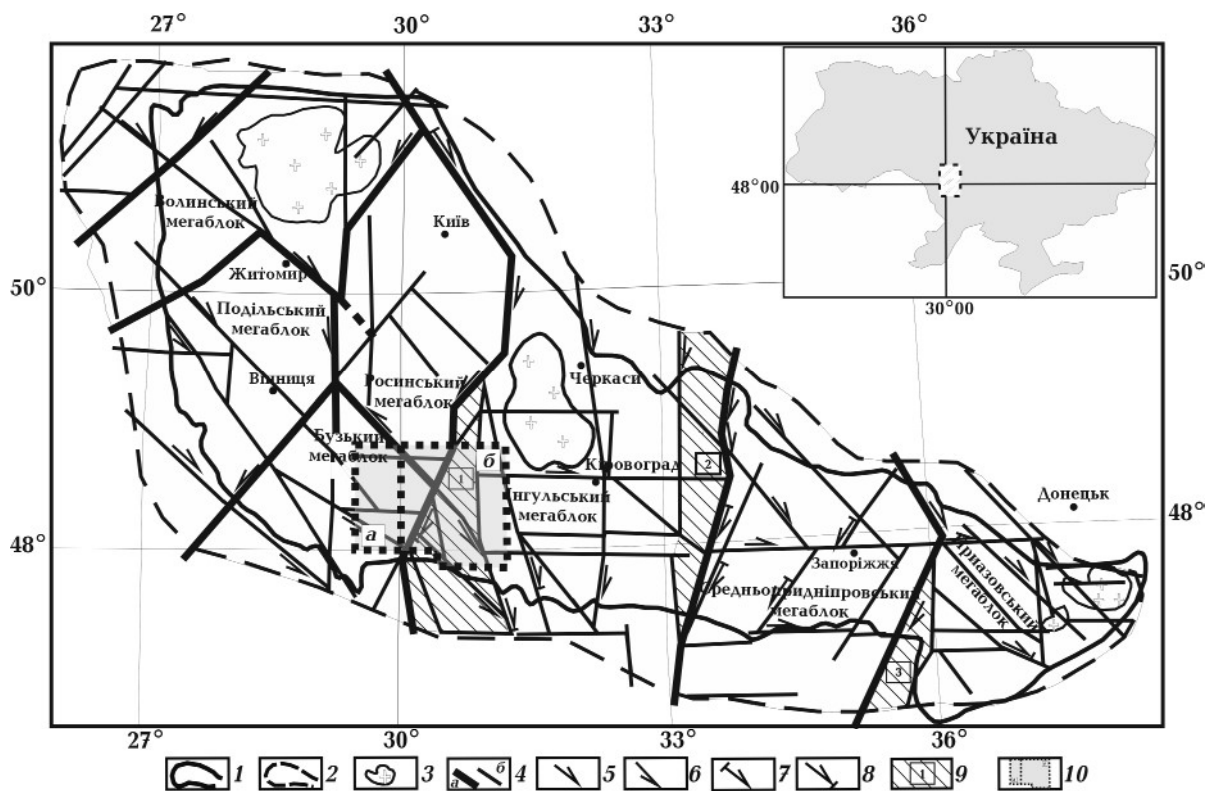


Рис. 1. Положення Побузького гірничорудного району (жирний пунктир) у межах Українського щита: 1 — контур відкритої частини щита; 2 — схили щита до глибини 300 м; 3 — плутони та великі масиви гранітоїдів; 4 — зони розломів (а — міжмегаблокові, б — внутрішньомегаблокові); 5—8 — кінематичні знаки (5 — правий зсув, 6 — лівий зсув, 7 — підкидо-зсув, 8 — скидо-зсув); 9 — шовні зони та їх номери (1 — Голованівська, 2 — Інгулецько-Криворізька, 3 — Орхівсько-Павлоградська); 10 — площа Побузького гірничорудного району (а — Гайворон-Заваллівський район, б — Первомайсько-Голованівський район). На вставці — положення Побузького гірничорудного району в межах України.

Fig. 1. Position of the Bug mining area (bold dotted line) within the Ukrainian shield: 1 — contour of the open part of the shield; 2 — slopes of the shield to a depth of 300 m; 3 — plutons and large arrays of granitoids; 4 — fault zones (a — intermegablock, б — intra megablock); 5—8 — kinematic signs (5 — right shift, 6 — left shift, 7 — throw-shift, 8 — dump-shift); 9 — suture zones and their numbers (1 — Golovanivsk, 2 — Ingulets-Kryviy Rig, 3 — Orikhovo-Pavlograd); 10 — the area of the Bug mining district (a — Gaivoron-Zavalevsk area, б — Pervomaisk-Golovanivsk district). In the box — the position of the Bug mining area within Ukraine.

лого-геофізичною лабораторією на протязі 100 років, починаючи з вивчення залізо-марганцевих і графітових руд у 1922—1925 рр. під керівництвом В.В. Мокринського та В.І. Лучицького [Лучицкий, 1939] і закінчуючи працею геофізиків С.В. Мичака, М.І. Бакаржієвої та інших у 2021 р. [Мичак та ін., 2021].

В останній офіційній Кореляційній хроностратиграфічній схемі (КХС) УЩ [Кореляційна..., 2004] кристалічні породи Середнього Побужжя площею біля 9 тис. км² віднесено до нижньо- та верхньоархейського регіональних стратиграфічних підрозділів — так званих Азово-Дністровію (3800—3200 млн років) і Побужжю (2800—2600 млн років). За КХС УЩ вони складають тут три серії — дністровсько-бузьку, з товщами (знизу до гори) тиврівською, гніваньською, павлівською, березнинською й зеленолевадівською, віднесених до Азово-Дністровію; бузьку, з кошаро-олександрівською й хащувато-завалівською світами; росинсько-тікицьку, з володарсько-білоцерківською товщею осадово-вулканогенних порід, віднесених до Побужжю.

Схема потребує деяких змін та уточнень, що пропонуються багатьма спеціалістами-стратиграфами і петрологами, проте залишається незмінною вже 18 років через недостатню обґрунтованість пропозицій і через те, що вони нерідко суперечать одна одній. Сталість Схеми дала змогу закартувати територію кристалічного фундаменту УЩ у масштабі 1:200 000 і значну частину рудних районів у масштабі 1:50 000 з єдиних позицій, але чи досконаліми є ці карти, буде зрозуміло в майбутньому.

Власне кажучи, питання вдосконалення архейської частини КХС УЩ могло б бути вирішене швидше, якби всі геологизйомщики, теоретики і члени докембрійської секції НСК України діяли в рамках однієї геологічної парадигми. Проте теоретичні основи розвитку земної кори в ранньому докембрії на рубежі ХХ і ХХІ ст. знаходяться на зламі парадигм, котрі сповідаються переважно різними поколіннями українських геологів. Старше по-

коління, починаючи з В.І. Лучицького і М.І. Безбородька, було захоплене ідеями П. Есколи про осадову геологію докембрію, фації метаморфізму та принцип послідовності нашарування, підхоплені пізніше міністром геології СРСР О.В. Сидоренком. Ця парадигма вплинула на геологічне картування ранньодокембрійських утворень УЩ. Останньою найбільш авторитетною групою українських дослідників, яка підтримувала і підтримує парадигму осадової геології раннього докембрію, є львівська група вчених на чолі з В.М. Лазько (раніше) [Лазько и др., 1975, 1986] і В.П. Кирилюком (тепер) [Кирилюк, 2010, 2015а, б, 2016, 2020; Кирилюк, Жуланова, 2013; Кирилюк, Паранько, 2014].

Але вже в середині ХХ ст. існували одиниці [Чередниченко, 1964; Слензак, 1965], які доводили неспроможність парадигми осадової геології докембрію пояснити механізм формування архейського гранулітового комплексу УЩ. Їх погляди тоді були проігноровані, проте змусили замислитись багатьох докембристив нового покоління і шукати шляхи вирішення питань геології раннього докембрію УЩ, відмовившись від старої парадигми. Цьому сприяла поява нових методів ізотопної геохронології, петрології, геохімії та геофізики, а також новий фактичний матеріал, одержаний під час геологознімальних і розвідувальних робіт.

Нові погляди щодо природи і характеру формування ранньодокембрійських порід, їх комплексів і товщ з'являються в працях О.М. Пономаренка, Л.М. Степанюка, О.Б. Гінтова [Гинтов и др., 1985, 2016, 2018; Степанюк, 1997, 2017, 2018, 2020; Степанюк та ін., 2010, 2015; Пономаренко и др., 2014, 2018; Гинтов та ін., 2018, 2020]; О.В. Усенко [Усенко, 2015, 2019, 2021а,б, 2022]; С.В. Мичака [Мичак та ін., 2018, 2021; Мичак, 2019]; В.А. Єнтіна [Ентин, 1987; Ентин и др., 2015]; С.Б. Лобач-Жученко [Лобач-Жученко и др., 2009, 2013, 2014, 2017а,б]; Є.І. Паталахи та О.І. Лукієнка [Паталаха, 1979; Лукієнка та ін., 2008]; С.В. Нечаєва [Нечаев и др., 2019а,б]; Р.М. Довганя [Довгань и др., 2006]; В.С. Костюченка і В.В. Зюльцде [Костюченко и др., 1990]; В.В. Шевчука [Шевчук

та ін., 2013]; К.А. Шакіної та Л.З. Скакуна [Шакіна, Скакун, 2010]; О.О. Юшина [Юшин, 2015].

Цікава з цього погляду позиція одного з найвідоміших українських петрологів І.Б. Щербакова [Щербаков, 2000, 2005]. Обережний у своїх висловлюваннях, він очолив виконання теми ІГФМР НАН України «Изучение вещества метаморфических, ультраметаморфических, интрузивных и метасоматических образований докембрийского фундамента Среднего Побужья» [Изучение..., 1990], виконавцями якої стали такі критики стратиграфічного принципу розчленування метаморфічних утворень Побужжя методом послідовного нашарування, як В.М. Скобелев, В.В. Рябонь та ін. Різко критикуючи цей принцип, В.М. Скобелев показав, що при вивченні метаморфічних товщ регіону в жодному випадку така послідовність не була доведена. А І.Б. Щербаков наводить результати досліджень відомого петролога Д.А. Михайлова [Михайлов, 1983] про метасоматичну природу магнетитових кварцитів регіону, як продуктів переробки високозалізистих мафітів.

В даній статті автори спробують навести аргументи, що вдосконалення КХС України потрібне, але з позицій, протилежних тим, які відстоюють прибічники стратигенно-метаморфогенного підходу до розчленування ранньокембрійського гранулітового комплексу Побужжя.

Вдосконалення тієї частини КХС УЩ, котра належить до ранньокембрійського гранулітового комплексу Побужжя, можливе шляхом її спрощення і відображення лише тих стратонів, які, з одного боку, обґрунтовані сучасними геолого-геофізично-геохімічними методами, а з другого, вміщують у собі всі дані, одержані під час геолого-рознімальних робіт і наукових досліджень останніх двох-трьох десятиліть.

Розгляд проблеми, зазначеної в статті, зазвичай потрібно узгоджувати з вимогами Стратиграфічного кодексу України (СКУ) [Стратиграфічний..., 2012, ст. 1.4]). Але автори зіткнулись з тим, що в кодексі розглядається докембрій загалом, хоча ар-

хейські гранулітові комплекси і докембрій, як то кажуть, «дві великі різниці». У СКУ специфіка розвитку земної кори України в ео- та палеоархеї не врахована, і вся термінологія стосується молодших інтервалів геологічного часу. Наприклад, при виділенні місцевих стратиграфічних підрозділів однією з характеристик вказується інтрузивний магматизм, тоді як у кінцевих стадіях формування архейського гранулітового комплексу Побужжя основну роль відігравали процеси ультраметаморфізму та мігматизації. СКУ зовсім не враховує і не розглядає мантийно-флюїдні процеси, роль котрих у ранньому докембрії була особливо великою.

З трьох головних місцевих стратиграфічних підрозділів, що розглядаються у СКУ (таксономічні одиниці «комплекс, серія, світа»), останні дві викликають серед геологів найбільше дискусій. Тому розгляд проблеми хотілось би почати саме з них.

1. Світи, товщі та серії.

1.1. Світи і товщі. У публікаціях [Кирилюк, 2015а, б, 2016] пропонується і обґрунтовується поділ побужького гранулітового комплексу на геолого-формаційній основі. Виділено шість світ (знизу): березнинська (кінцигітова формація), тиврівська (ендербіто-гнейсова формація), зеленолевадівська (лейкогранулітова формація), кошаро-олександрівська (високоглиноземисто-кварцитова формація), хащувато-заваллівська (мармур-кальцифірова й кондалітова формації), сальківська (ритмічно-шарувата глиноземисто-базитова й евлізитова формації). Вік світ — ранній архей (за сучасною віковою шкалою понад 3800—3200 млн років).

Цей поділ у майже незмінному вигляді активно пропагується львівською групою з 80-х років минулого століття, що й вплинуло на включення перших трьох світ у вигляді товщ у КХС УЩ, причому порядок розміщення товщ дещо відрізняється від наведеного вище. Зрозуміло, чому товщі, а не світи, і чому інший порядок їх розміщення у вертикальному розрізі. По-перше, виділення запропонованих світ не узгоджується з вимогами СКУ [Страти-

графічний..., 2012], тому спочатку потрібно вносити поправки в СКУ спеціально для виділення світ раннього докембрію. По-друге, багато дослідників геології Побужжя взагалі не погоджуються з віднесенням окремих запропонованих товщ гірських порід, зокрема зеленолевадівської та сальківської, до вулканогенно-осадових. По-третє, порядок розташування запропонованих світ у вертикальному розрізі та їх вік не узгоджуються з даними, отриманими поширеними у всьому світі сучасними методами ізотопної геохронології.

На двох останніх пунктах зупинимось окремо.

У статті [Пономаренко и др., 2018] аргументовано показано, що «зеленолевадівська світа» є не що інше, як породи, що належать до формаційно-генетичного ряду кварц-польовошпатових метасоматитів, зокрема до структурно-формаційної асоціації метасоматитів зон регіональних розломів [Геологический..., 1973]. Вони ні на чому не лежать і ніщо не підстиляють, а зазвичай круто перетинають архейські та ранньопротерозойські породи кристалічного фундаменту. Наведено матеріали зі статті [Ярощук, Ярощук, 1989], в якій смугу порід так званої зеленолевадівської світи («стратотипу») віднесено до зони розвитку моно- і полідіафторитів — Тарноватського розлому. А незалежними тектонофізичними дослідженнями [Гинтов, Исай, 1988; Гинтов, Мычак, 2011] ця смуга розглянута як Молдовська зона розломів завширшки 4 км. Та й самі укладачі Карти геологічних формацій вказують на явища діафторезу в біотит-гранатових гнейсах лейкогранулітової формації, а також на те, що «міліонізація та катаклаз супроводжуються інтенсивною біотитизацією» [Лазько та ін., 1975, с. 63]. Якщо уважно придивитися до Карти геологічних формацій, то можна побачити, що практично всі показані розломи (а їх показали саме автори Карти) простежуються в породах лейкогранулітової та гнейсо-аляскітової формацій або обмежують їх.

Тому в працях [Пономаренко и др., 2018; Степанюк, Грінченко, 2019] прямо наголо-

шується, що лейкогранулітова формація та відповідна їй «зеленолевадівська товща» не є підрозділом, що стратифікується, і її необхідно вилучити з КХС УЩ.

Щодо так званої «сальківської світи», котру докембрійська секція НСК України «ніяк не бажає» включати до КХС УЩ (див. [Степанюк, 2017]), необхідно зауважити таке. Переважна більшість геологів, які виконували картування масштабів 1:200 000 і 1:50 000 у Гайворон-Заваллівському районі (Г.Г. Виноградов, Р.М. Довгань, В.В. Зюльцле, В.В. Кислюк, В.М. Павлюк та ін.), а також наукові дослідження (Е.Б. Налівкіна, Л.М. Степанюк, С.Б. Лобач-Жученко, В.В. Балаганський та ін.), розглядають район цієї світи як площу розвитку гайворонського ендербіто-гнейсового або чарнокіт-ендербітового комплексу. Природу цього комплексу буде детально розглянуто в розділі 2, на підставі чого можна побачити, що його сучасна структура не є стратигенною.

Автори пропонують.

1. Вилучити зі складу дністровсько-бузької серії, окрім зеленолевадівської товщі, також березнинську товщу, котра не є архейською: у жодному з багатьох визначень ізотопного віку порід цієї товщі за монацитами та цирконами (зокрема кластогенними) не отримано архейських датувань [Степанюк та ін., 2015; Степанюк, 2000] (максимальна цифра 2331 млн років). Уявлення про те, що березнинська товща підстеляє тиврівську, не доведене: ці товщі майже ніде не контактують, а там, де вони спостерігаються поряд (наприклад, район Новоселиці—Балина), контакти тектонічні.

2. Вилучити зі складу дністровсько-бузької серії та взагалі з КХС УЩ павлівську товщу.

Це питання потрібно обговорити більш докладно.

В.П. Кирилюк [Кирилюк, 2010], розглядаючи склад лейкогранулітової формації — зеленолевадівської світи, спирається не на так званий «стратотипічний» район с. Зелена Левада, а на район Павлівської групи магнітних аномалій, де розріз павлівської товщі детально описано А.М. Лисаком, В.Г. Пащенко і В.В. Зюльцле [Лысак

и др., 1983] як розріз гнейсо-аляскітової формації (лейкогранулітової — зеленолевадівської світи, за В.П. Кирилюком), з метою з'ясування формаційної приналежності і стратиграфічного положення залізо-кремнистих утворень Побужжя. Автори дійшли висновку (с. 108—109), що павлівська товща складається з двох різних за складом частин, і що зеленолевадівська товща відповідає верхній частині павлівської товщі, а нижню частину складають породи з залізорудними проявами. Слідом за М.О. Ярощук із співавторами [Ярощук и др., 1982], вони вважають, що аналогічні за складом породні асоціації, які включають залізо-кремністі утворення, максимально широко розвинені в межах ПГРР (Молдовський, Ананьївський, Слюсарівський та інші прояви). У КХС УЩ ці дві напівтовщі розділено на нижню павлівську товщу з залізорудними проявами й верхню зеленолевадівську. Якщо з КХС УЩ вилучається зеленолевадівська товща, то чому залізорудна товща зветься павлівською, якщо вона краще всього досліджена, наприклад, у межах Молдовської магнітної аномалії перекритим розрізом свердловин до глибини 1—1,5 км (рис. 2)? Зазначимо, що в межах Павлівської групи магнітних аномалій немає жодного профілю, розбуреного по-справжньому перекритим бурінням. У нижній, залізорудній, частині павлівської товщі (розріз свердловин 2008—2007 протяжністю 700 м [Лысак и др., 1983]) сумарна потужність залізистих утворень становить близько 9 %, тоді як у Молдовській структурі — до 38 %.

Але це ще не все. Встановлено [Гинтов и др., 1985; Ентин, 1987; Ентин и др., 2015], що переважна більшість залізорудних структур ПГРР є прирозломними або внутрішньорозломними складками волочиння із сувертикальними шарнірами та крилами, які *прямолінійно* занурюються на значні глибини і ніде не утворюють синклінальних складок. Такі структури могли утворитися тільки з монокліналей, а приналежність їх до розломів може свідчити про дайкове або метасоматичне чи магматичне походження. До речі, всі розбурені ділянки Пав-

лівської групи магнітних аномалій також примикають до розломів, зображених на Формаційній карті району однією лінією, і мають моноклінальну будову [Лысак и др., 1983]. Справжня ширина таких розломів декілька кілометрів, тому вони можуть охоплювати кожен розбурену ділянку повністю, і щодо Павлівської групи можна висловити ту ж саму думку, що й до залізорудних структур ПГРР.

Про неосадове походження залізорудних утворень Побужжя частина геологів висловлюється вже досить давно [Богатырев и др., 1974; Михайлов, 1983; Юшин, 2015; Усенко, 2015, 2022]. Те ж саме стосується й рудних кальцифірів, для котрих, за розрахунками О.О. Юшина [Єнтін та ін., 2015], спостерігається тренд від осадових порід до карбонатитів. Враховуючи суперечливий генезис цих порід, спробуємо, наприклад, вилучити з Молдовської структури (рис. 3, розріз 12) ці породи, як умовно інтрузивні чи неясного генезису. Тоді у розрізі залишаються (із заходу на схід, спрощено) безрудні кальцифіри з тонкими прошарками безрудних кварцитів — гнейси гранат-біотитові з силіманітом і кордієритом та гнейси графітові й піроксенові з тонкими прошарками безрудних кварцитів — кристалосланці двопіроксен-плагіоклазові з прошарками безрудних кварцитів — граніти й мігматити — безрудні кальцифіри — гнейси гранат-біотитові з силіманітом і кордієритом та гнейси графітові й піроксенові. Враховуючи потужності, безрудні кальцифіри займають у такому розрізі близько 33 % і занурюються на глибину більше 1400 м. Де в розрізі дністровсько-бузької серії є така кількість карбонатних порід? За даними В.П. Кирилюка [Кирилюк, 2010], їх більше всього в тиврівській товщі Верхнього Побужжя, і це 1—2 %. А у хащувато-заваллівській світі-товщі бузької серії мрамур-кальцифірова формація займає 80—85 % об'єму. Решту товщі займає кондалітова формація, представлена біотит-графітовими, гранат-біотит-графітовими, гранат-біотитовими, біотит-гранатовими, гранат-силіманітовими (з кордієритом)

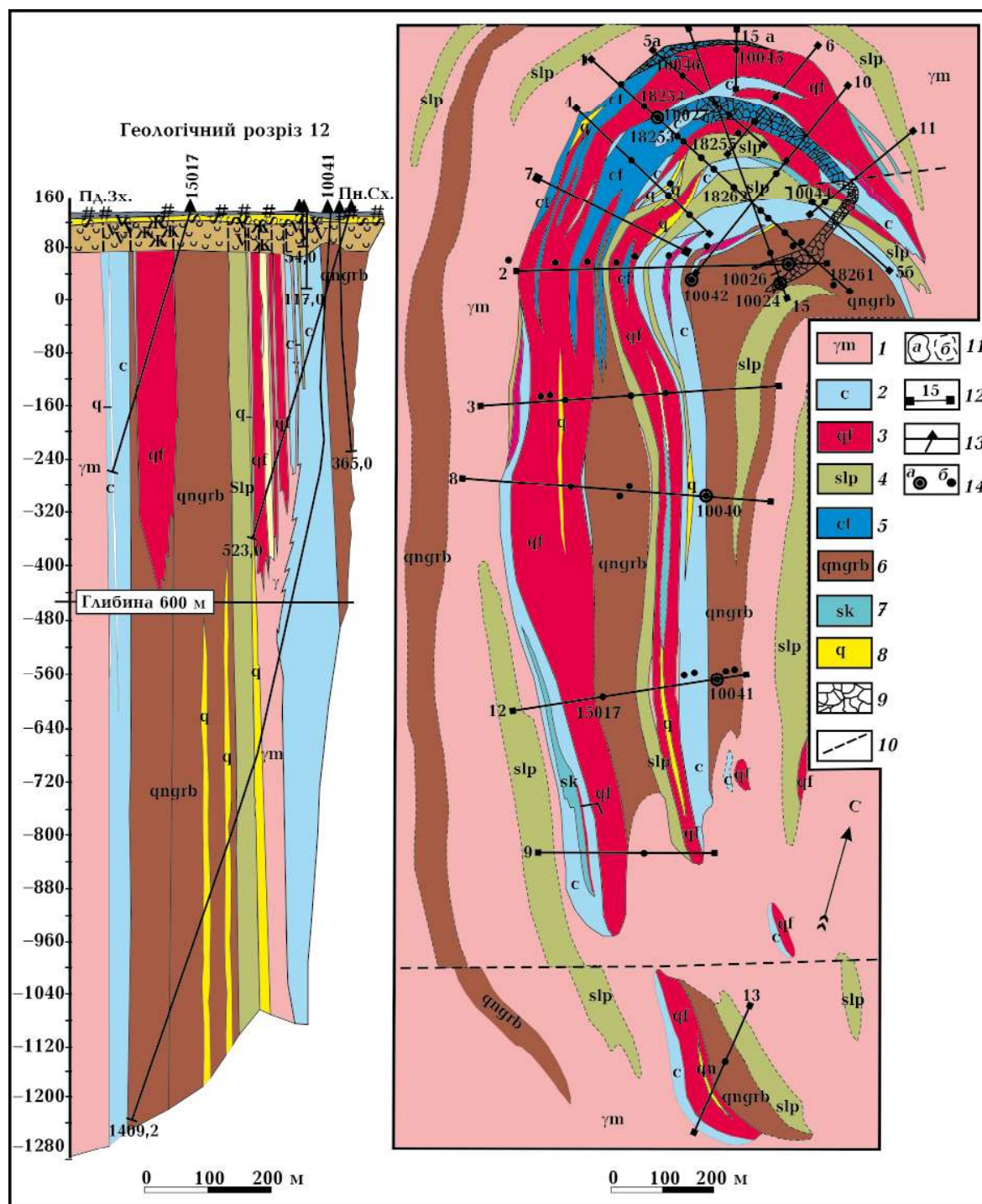


Fig. 2. Schematic geological map of the Moldovan iron ore structure of the scale 1:2000 and geological section along the profile 12 (according to the materials [Ionis et al., 1986]): 1 — granites and migmatites; 2 — non-ore calcifiers with olivine, pyroxene and spinel; 3 — ferrous quartzites, mainly magnetite-ferrohyperstene and magnetite-dipyroxene with garnet; 4 — two-pyroxene-plagioclase crystalline shales, which turn into amphibolites; 5 — ore calcifiers with magnetite, olivine, pyroxene, spinel, sometimes with cuneiform; 6 — pomegranate-biotite and biotite gneisses with sillimanite and cordierite, graphite and pyroxene gneisses; 7 — pyroxene ore skars and pyroxene garnet; 8 — quartzites ore-free hyperstene, garnet-hyperstene and biotite-garnet-hyperstene; 9 — crushing and breccia zones; 10 — rupture violations; 11 — geological boundaries (a — established, b — predictable); 12 — lines of sections and their numbers; 13 — wells in section 12; 14 — position of wells on the map (a — deep wells, b — wells included in the crystalline basement).

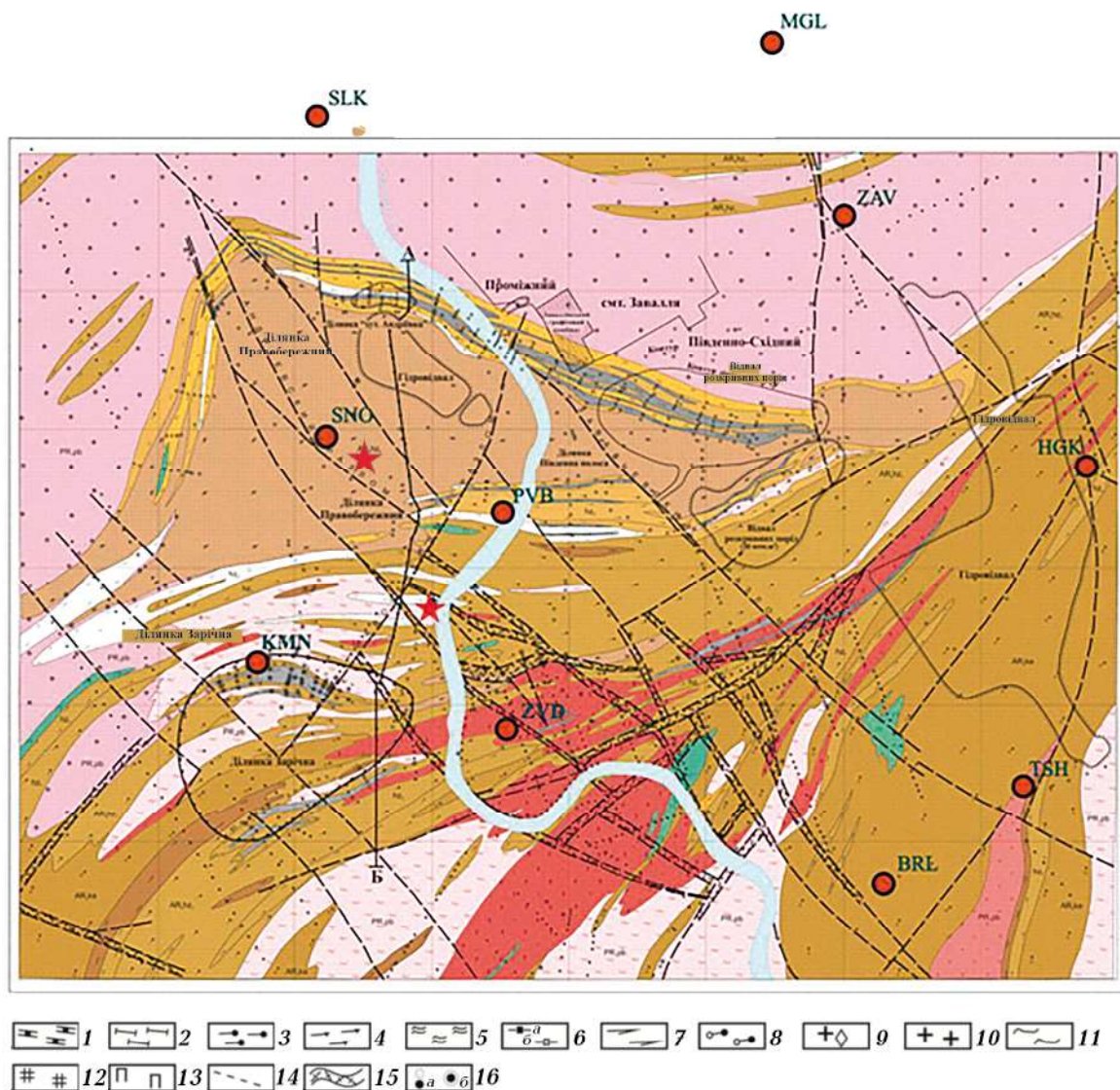


Рис. 3. Геологічна карта району Заваллівського графітового родовища, за В.П. Ніколаєвським: 1—7 — бузька серія, хащувато-заваллівська світа (1 — кальцифіри, мармури, карбонатні сланці; 2 — гнейси графітові, гранат-біотит-графітові; 3 — гнейси біотитові, гранат-біотитові; 4 — гнейси амфіболові; 5 — скарноїди; 6 — кварцити (a — магнетитові, б — безрудні); 7 — амфіболіти); 8 — кошаро-олександрівська світа (гнейси біотитові, гранат-біотитові, гранат-силіманіт-біотитові, іноді з графітом); 9—13 — побузький комплекс (9 — граніти апліт-пегматоїдні; 10 — граніти біотитові; 11 — мігматити; 12 — чарнокіти; 13 — піроксеніти); 14 — розломи; 15 — зони дроблення; 16 — свердловини (a — картувальні, б — глибокі нахилени). Зірка — відслонення «Біла Скеля». Червоні кружки — точки геоелектричних спостережень.

гнейсами.

Можна бачити явну породну схожість Молдовського беззалізородного розрізу з розрізом товщі Хащувате—Завалля. Мабуть, укладачі КХС УЩ керувалися такими ж міркуваннями і справедливо, з нашої точки зору, розріз хащувато-заваллівської світи розширили за рахунок розрізів залізородних структур ПГРР, які віднесено до бузької серії (до хащувато-заваллівської світи ми повернемося пізніше).

То до чого ж тут павлівська товща? Верхня її частина належить до лейкогранулітової формації — зеленолевадівської світи і вилучається з КХС УЩ, а нижня асоціюється з розрізами залізородних структур ПГРР і належить до бузької серії неoarхею. Її місце і в дністорівсько-бузькій, і в бузькій серіях не має сенсу.

Підсумовуючи, бачимо, що після вилучення з дністорівсько-бузької серії березнинської, зеленолевадівської та павлівської товщ в ній залишаються гніванська і тиврівська товщі, причому гніванську товщу, яку В.П. Кирилюк відносить за складом до березнинської світи [Кирилюк, 1986], потрібно вилучити з дністорівсько-бузької серії, як і останню.

Таким чином, у складі дністорівсько-бузької серії залишається тільки тиврівська товща гіперстенових і двопіроксенових, інколи з роговою обманкою, плагіогнейсів і кристалічних сланців, рідше кальцифірів і магнетитових кварцитів, про що, зокрема, говорив раніше Л.М. Степанюк [Степанюк, 2017]. Її протолітом були, за [Лобач-Жученко та ін., 2014, с. 12], вулканічні породи, серед яких виділяються залізисті, глиноземисті, високомагнезійні толейтові базальти та коматіїти.

Але надалі виникає питання: якщо склад

дністорівсько-бузької серії представлений складом лише тиврівської товщі, то стратотип цієї товщі і є стратотипом серії. І тоді немає необхідності залишати в складі серії стратон «тиврівська товща».

3. Цікаве питання щодо кошаро-олександрівської (AR₃ka) і хащувато-заваллівської (AR₃hz) світ бузької серії. Незважаючи на те, що їх виділення відповідає вимогам валідності, автори беруть на себе сміливість стверджувати, що використання цих стратонів вносить багато плутанини в побудову геологічних карт Середнього Побужжя.

По-перше, стратотипічні розрізи цих світ ніде, окрім ділянок їх виділення (Хащувате—Завалля і Кошаро-Олександрівка—Красеньке), не зустрічаються. Лише їх частини.

По-друге, обидві світи складені однаковим набором порід і відрізняються тільки об'ємом головних складових. Набір порід такий (спрощено). AR₃ka: головні складові — безрудні польовошпатові кварцити, гнейси кордієрит-силіманітові, основні кристалосланці; другорядні складові — гнейси гранат-біотитові, гнейси біотит-графітові, кальцифіри; AR₃hz: головні складові — кальцифіри й мармури, гнейси біотит-графітові, гранат-біотитові, гранат-силіманітові, евлізити; другорядні члени — гнейси амфіболові, амфіболіти, кварцити польовошпатові безрудні. Останніх серед головних складових цієї світи досить багато (в тому числі відома «Біла скеля»). Це бачимо з Геологічної карти рудного поля Заваллівського графітового родовища, складеної геологами графітового комбінату під керівництвом В.П. Ніколаєвського (див. рис. 3).

Ми навели список головних і другоряд-

Fig. 3. Geological map of the Zavallye graphite deposit area, according to V.P. Nikolayevsky: 1—7 — Bug series, Khashchuvat—Zavallyevsk suites (1 — calcifirs; marbles, carbonate shales; 2 — graphite gneisses, garnet-biotite-graphite; 3 — biotite gneisses, garnet-biotite gneisses; 4 — amphibole gneisses; 5 — scarnoids; 6 — quartzites (a — magnets, b — ore-free); 7 — amphibolites); 8 — Kosharo-Alexander's suites (gneiss biotite, garnet-biotite, garnet-sillimanite-biotite, sometimes with graphite); 9—13 — the Bug area complex (9 — aplite-pegmatoid granites; 10 — biotite granites; 11 — migmatites; 12 — charnokites; 13 — pyroxenites); 14 — faults; 15 — crushing zones; 16 — wells (a — mapping; b — deep inclined). The star is the White Rock outcrop. Red circles are points of geoelectric observations.

них складових AR_3ka і AR_3hz , щоб показати, що у відслоненнях кристалічного фундаменту Середнього Побужжя, і особливо в свердловинах, зустрічаються окремі породи цих світ, і до якої світи їх віднести, не завжди зрозуміло. Наприклад, біотит-графітові гнейси зустрічаються окремими тілами в багатьох місцях Голованівської шовної зони (ГШЗ) серед чарноендербітів і рожевих гранітів побузького комплексу, а окремі невеликі смуги польовошпатових безрудних кварцитів — біля сс. Семидуби, Саботинівка, Роздол і в інших місцях. В районі сс. Синьки — Кленове серед чарноендербітів присутні тіла кварцитів і гнейсів силіманітових й окремо гнейсів біотит-графітових. Дуже багато окремих смуг гранат-біотитових гнейсів зустрічається на всій площі ПГРР.

У розрізі гнейсового облямування Тарасівської базитової структури зустрінуті гнейси силіманіт-кордієритові, кристалосланці гранат-амфіболові, скарноїди кварц-магнетит-піроксенові з прошарками кальцифірів та ін. Г.Г. Виноградов відніс ці породи до AR_3ka [Виноградов и др., 1976], тоді як на карті [Державна..., 2004] їх віднесено до AR_3hz .

Такі складнощі призводять до того, що в межах території ПГРР немає геологічних карт, котрі були б побудовані за однією системою умовних позначень. Це стосується навіть виданих карт масштабу 1:200 000: на карті листа М-36-XXXI (Первомайськ) залізородні прояви віднесені до хащувато-заваллівської світи бузької серії [Державна..., 2004], а на сусідньому листі М-35-XXXVI (Гайворон) абсолютно однакові з ними прояви — до павлівської товщі дністровсько-бузької серії [Державна..., 2010].

Та й це ще не все. З'являється все більше даних, що деякі різновиди порід хащувато-заваллівської світи (графітові та кварцові), досліджені у Заваллівському кар'єрі, мають не осадовий, а гідротермальнометасоматичний генезис [Нечаев и др., 1990; Шакіна, Скакун, 2010]. У вже згадуваній «Білій Скелі», що знаходиться на один кілометр південніше Заваллівського

кар'єра і є відслоненою частиною широтної смуги безрудних польовошпатових кварцитів протяжністю близько одного кілометра, за даними Л.В. Шумлянського [Шумлянський, 2012], знайдено кластогенні та метаморфогенні циркони, але «продукти руйнування палеоархейських утворень дністровсько-бузької серії в досліджених кварцитах відсутні» (с. 136). Якби ці кварцити мали осадовий генезис (як за традицією гадає автор), то в них обов'язково повинні були б зберегтися продукти руйнування або дністровсько-бузької (кристалосланці основного складу), або бузької (різні гнейси, серед яких знаходиться саме ця смуга) серій.

Згідно із статтею [Степанюк, 2018], метасоматичну природу мають біотитові й гранат-біотитові гнейси кошаро-олександрівської світи. Отже, виникають сумніви щодо валідності і AR_3hz , і AR_3ka .

Як бачимо, при побудові геологічних карт Середнього Побужжя все залежить від того, які рішення і зміни до їх легенд в сенсі товщ і світ прийнято на момент їх складання, а також від уподобань конкретних виконавців. Розумніше, на наш погляд, зробили В.С. Костюченко, В.В. Зюльцле та інші при побудові Геологічної карти листа М-36-XXXI (Первомайськ), відмовившись від зображення світ і товщ і показавши лише дністровсько-бузьку та бузьку серії [Костюченко та ін., 1990].

Враховуючи викладене, ми також пропонуємо в КХС УЩ відмовитись від поділу дністровсько-бузької та бузької серій на відомі товщі та світи, зміст яких не відповідає вимогам СКУ (окрім AR_3ka й AR_3hz), а для ранньодокембрійських, особливо архейських, світ і товщ вимоги СКУ не розроблені. Такий висновок не був цілком нашого дослідження, але виник автоматично після розгляду фактичного матеріалу й аналізу всіх «за» і «проти» виділення світ і товщ.

Проте це не заважає визначати положення різних пачок, шарів, прошарків та інших тіл гірських порід у координатах відносного та абсолютного часу шляхом структурних та ізотопно-геохронологічних методів. Слід зазначити, що принцип «ви-

ще-нижче», який використовувався для світ і товщ досі, не спрацьовує через те, що шаруватість і смугастість побузького гранулітового комплексу в більшості випадків не є первинною осадово-вулканогенною і її круте субвертикальне падіння пов'язане не зі складчастістю загального зминання, а із стресовими навантаженнями й горизонтальними зсувами [Гитов та ін., 2020; Мичак та ін., 2021].

1.2. Серії. Згідно з СКУ, серія — це складно побудоване поліфаціальне геологічне тіло, що відображає подійні етапи відповідних територій і характеризується загальними ознаками: умовами формування (морські, континентальні, вулканогенні, метаморфічні тощо), відповідним речовинним складом порід (осадові, теригенні, карбонатні, вулканогенні та ін.), структурою (ритмічність тощо). Зазвичай поділяється на світи, сукупність стратотипів яких складає стратотип серії. Нерозчленовані серії мають власний стратотип. Стратиграфічні границі ізохронні або діахронні, виражені площинами регіональних кутових або стратиграфічних незгідностей, а також проявами інтрузивного магматизму. Найменування — за будь-яким географічним об'єктом в області поширення.

Не дивлячись на зазначену недосконалість, або неповноту такого визначення, все ж воно дає більше можливостей для картування території розвитку побузького гранулітового комплексу, ніж сильно звужене поняття «світа». Наприклад, з огляду на практику виділення світ, різні магматичні породи основного й ультраосновного складу можуть бути включені до світи лише у вигляді внутрішньопластових тіл або згідних з нашаруванням силлів, тоді як серії є поліфаціальними і можуть включати, як рівноправні, різні за походженням групи порід. За СКУ, з поняття «серія» вилучено термін «породношарувате тіло».

Як зазначалося, у межах Середнього Побужжя, згідно зі схемою ранньодокембрійської секції МСК України [Кореляційна..., 2004], виділяються три серії — дністровсько-бузька (понад 3700—3400 млн

років), бузька (2800—2600 млн років)¹, росинсько-тікицька (2800—2600 млн років). З огляду на наведене вище визначення, з нашої точки зору, немає підстав піддавати сумніву виділення цих серій, хоча щодо виділення перших двох точаться дискусії відносно їх валідності, складу та віку. В.П. Кирилюк [Кирилюк, 2015а,б, 2016] пропонує взагалі відмовитись від виділення дністровсько-бузької та бузької серій саме через ці дискусії (а які ранньодокембрійські серії УЩ не дискутувались? *Прим. авт.*). Натомість пропонується поділ побузького гранулітового комплексу на наведені в попередньому параграфі формації-світи, котрі є ще більш дискусійними [Степанюк, 2018].

Що, з нашої точки зору, потрібно було б зробити?

4. Внести в СКУ, параграф 3.4.4 «Серія» уточнення щодо речовинного складу і стратиграфічних границь серій. Порооди архейських серій гранулітового комплексу УЩ зазнали декілька фаз метаморфізму й деформацій, тому первинний речовинний склад їх встановити не завжди можливо. Куткові та стратиграфічні незгідності також не встановлюються з тих же причин.

5. Затвердити поділ території Придністров'я і Побужжя на Подільський і Бузький мегаблоки (замінивши існуючий Дністровсько-Бузький мегаблок), що знімає низку спірних питань і плутанини, оскільки ці два мегаблоки різні і в петрологічному, і в геофізичному, і в структурному, і в металогеогенічному відношенні. Порооди бузької серії, в тому числі залізородні утворення, розвинуті лише в межах Бузького мегаблока, а породи березнинської товщі — в межах Подільського. Ендербіти гайворонського комплексу поширені лише в межах Бузького мегаблока та ГШЗ. Тут також на порядок більше базитів і гіпербазитів. За більшістю параметрів Бузький мегаблок також відрізняється від Росинського, а деякі дослідники намагаються об'єднати їх у

¹ За уточненими даними [Степанюк та ін., 2010; Степанюк, 2018] вік бузької серії визначено як 2670 (нижня вікова межа) — 2062,4±4,4 (верхня вікова межа) млн років.

Бузько-Росинський. Більш доказово все це обґрунтовано в статті [Гінтов та ін., 2018].

6. Як зазначалось, існує твердження [Кирилюк, 2016], що в побузькому гранулітовому комплексі немає сенсу виділяти дністровсько-бузьку й бузьку серії «у зв'язку з багаторазовою зміною їхнього обсягу й стратиграфічного віку в попередніх схемах і спотвореною характеристикою в КХС УЩ» (с. 102). Автор виходить з ідеї щодо спрямованого, незворотного геоеволюційного розвитку Побузького регіону в докембрії, а також з того, що ізофаціальний гранулітовий метаморфізм порід побузького комплексу розпочався раніше ніж 3,8 млрд років тому і надалі, аж до 2,06—2,04 млрд років, одержані чисельні ізотопні дати «омолоджені щодо «стратиграфічного віку» гранулітових комплексів і зумовлені подальшими метаморфічними й ультраметаморфічними перетвореннями комплексів або ще якимись можливими, поки що невідомими нам процесами, зокрема «власного життя» самих мінералів, з яких зроблено відповідні визначення, наприклад, унаслідок їх фізико-хімічного еволюціонування під час тривалого перебування в *PT*-умовах гранулітової фації чи повільного остигання в складі комплексу» (с. 95).

Автор досить різко критикує покладені в основу стратиграфічного розчленування побузького комплексу деякі результати ізотопно-геохронологічних досліджень, хоча ці дослідження мають необмежені можливості подальшого вдосконалення. Натомість пропонується інший, *геолого-формаційний* підхід. «Геолого-формаційний підхід до стратиграфічного поділу побузького комплексу, як і грануліто-гнейсових комплексів інших частин УЩ — найбільш раціональний, оскільки дає змогу об'єктивно визначати контакти світ і підсвіт як меж геологічних формацій, а також прямо корелювати територіально відокремлені частини розрізів і світ грануліто-гнейсових комплексів різних мегаблоків УЩ на підставі типоморфних структурно-речовинних ознак формацій» (с. 101).

Проте заглибившись у суть методу, можна констатувати, що він виходить з: а) застарілої парадигми осадової геології докембрію; б) не зовсім зрозумілого переведення формацій побузького комплексу у світи; в) побудованого автором дуже суперечливого геологічного розрізу Хашувате—Завалля.

На пунктах а) і б) ми вже зупинялися. Ніхто зараз не знає, які осадові породи лежали в основі побузького комплексу і чи були вони взагалі. Контакти між групами архейських порід, як пишеться в багатьох геологічних звітах, зазвичай *тектонічні і субвертикальні*, тому встановити співвідношення їх за принципом «вище-нижче» практично неможливо (у праці [Артеменко и др., 2014] йдеться про те саме стосовно Центрального Приазов'я з посиланням на геологів-зйомщиків Г.Г. Конькова і Р.М. Полуновського). Майже ніхто з геологів-зйомщиків не визнає виділення в побузькому комплексі так званої «сальківської світи».

А на пункті в) потрібно затриматись, тому що він є ключовим.

Геологічний розріз ділянки Хашувате—Завалля (рис. 4), побудований В.П. Кирилюком ще в 1982 р. [Кирилюк, 1982], наведено автором у багатьох працях для роз'яснення його концепції формування побузького гранулітового комплексу та формацій-світ, що його складають. Ми називаємо цей розріз фантастичним, а сам автор пов'язує з ним і «парадоксальну ситуацію», і «найзагадковішу проблему в стратиграфії гранулітового комплексу Побужжя» [Кирилюк, 2015б, с. 159]. З цього розрізу виходить, що 3,8 млрд років — це не початок, а кінець (!) формування комплексу та «світ», що його складають.

Фантастичний цей розріз через те, що автор виділену ним «сальківську світу» вважає наймолодшою в дністровсько-бузькій серії, а всі інші товщі, всупереч чисельним ізотопним визначенням, «підстеляє» під неї, обґрунтовуючи це геологічними даними. Які ж це геологічні дані?

Спеціальні тектонофізичні та структурно-геологічні дослідження, виконані

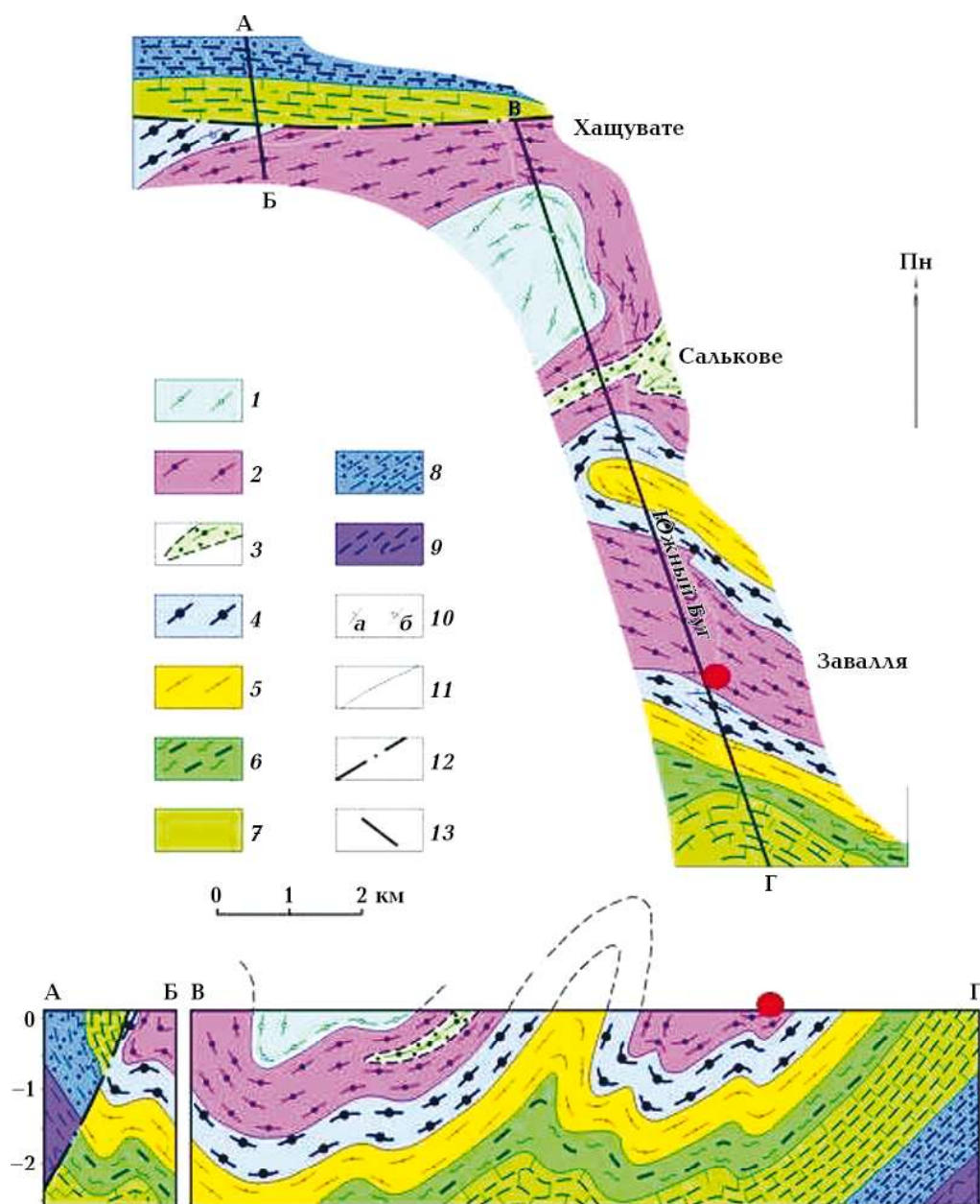


Рис. 4. Структурно-формаційна карта і розріз долини р. Південний Буг в районі селищ Хащувате, Салькове, Завалля (Бандурівська синкліналь), за [Кирилюк, 2010]. Ритмічно-шарувата глиноземисто-базитова (евлізитова) формація (сальківська світа): 1 — верхня чотирикомпонентна субформація; 2 — верхня двокомпонентна субформація; 3 — високоглиноземисто-кварцитова парагенерація в складі верхньої двокомпонентної субформації; 4 — нижня чотирикомпонентна субформація; 5 — нижня двокомпонентна субформація; 6 — кондалітова формація; 7 — мармур-кальцифірова формація; 8 — формація високоглиноземисто-кварцитова; 9 — лейкогранулітова формація (тільки в розрізі); 10 — залягання смугастості (а — нормальне, б — перекинута); 11 — стратиграфічні контакти формацій і субформацій; 12 — тектонічний контакт; 13 — лінії розрізів. Червоний кружок — місце відбору проби, з циркону якої отримано визначення віку 3780 млн років.

Fig. 4. Structural-formational map and crosssection of the Southern Bug valley near the Khashchuvate, Salkove, Zavallya (Bandurivska syncline) villages, according to [Kirilyuk, 2010]. Rhythmic layered alumina-basite (euly-site) formation (Salk suite): 1 — upper four-component subformation; 2 — upper two-component subformation; 3 — high-alumina-quartzite parageneration as a part of the top two-component subformation; 4 — lower four-component subformation; 5 — lower two-component subformation; 6 — condalite formation; 7 — marble-calcified formation; 8 — high alumina-quartzite for-mation; 9 — leukogranulitis formation (only in the crosssection); 10 — banding (a — normal, b — overtur-ned); 11 — stratigraphic contacts of formations and subformations; 12 — tectonic contact; 13 — lines of crosssections. The red circle is the sampling point from which zircon is determined to be 3780 million years old.

вдзовж маршруту АБ —ВГ (див. рис. 4) і навіть далі до м. Гайворон [Мичак та ін., 2021], вказують на суцільно моноклінальну структуру ендербіто-гнейсової товщі з нахилом смугастості й шаруватості: на відслоненнях Хащувате—Завалля на північ—північний захід під кутами 75—85° і (удвічі рідше) 65°; на відслоненнях Гайворон—Хащувате на південь—південний схід під кутами 70—85°. На обох ділянках не виявлено перегинів смугастості й шаруватості у вертикальній площині, що вказувало б на наявність антикліналей чи синкліналей. Протилежне падіння структурно-текстурних елементів на цих двох ділянках не дає підстав для виділення тут синклінорію не лише через субвертикальність падіння (на розрізі В—Г автор, мабуть, навмисно показав сильно виположене падіння шаруватості), а й через те, що вся ділянка Гайворон—Хащувате знаходиться в межах Гайворонської зсувної зони розломів, і залягання порід тут зумовлене процесами зсуву—стиснення.

Слід зазначити, що питання формування структурно-текстурних елементів гірських порід і заміна попередніх наступними під впливом сил стиснення-розтягу і зсуву розглядається вже досить давно як на рівні експериментальних, так і польових досліджень. І лише прибічники стратиграфічного принципу розчленування метаморфічних утворень Побужжя методом послідовного нашарування не помічають і не цікавляться цим.

У монографії [Гинтов, 2005] є спроба узагальнення таких досліджень. Вплив стресових навантажень на формування шаруватості, гнейсуватості та смугастості гірських порід на рівні експериментальних даних розглядається в працях О.І. Чередниченка, О.І. Слензака, В.М. Жаркова, Д. Таркота і Дж. Шуберта, Д. Хеңдіна, Дж. Ферфугена, С.І. Шермана, Б.М. Чікова, В.В. Шевчука. На рівні польових геологічних досліджень — в працях Т.В. Білібіної, В.І. Казанського, О.О. Шмідта, В.М. Рудніка, В.С. Заїка-Новацького, О.Б. Гінтова та В.М. Ісяя, В.М. Венідіктова.

В умовах гранулітової фації формуван-

ня смугастості та гнейсуватості порід середньої та нижньої кори під впливом стресових навантажень відбувається шляхом пластичної деформації мінералів (переповзання дислокацій в площинах ковзання) та їх переорієнтації перпендикулярно до напрямку тиску. У формуванні шаруватості провідну роль відіграє синкінематична перекристалізація шляхом дифузії атомів з різними іонними радіусами в енергетично вигідні зони, завдяки чому відбувається вторинна сегрегація хімічних компонентів, мінеральні перетворення та утворюються шари різного складу. Завдяки тому, що в неоархеї та ранньому протерозої під час формування відомої зараз мережі зон розломів стресові навантаження діяли здебільшого в субгоризонтальній площині (це встановлюється тектонофізичними дослідженнями), структурно-текстурні елементи порід зорієнтовані в субвертикальних площинах. І тут зовсім не потрібно процесів складкоутворення, формування синкліноріїв та антикліноріїв. Тому зовсім не зрозуміло, що надихало автора розрізу Хащувате—Завалля «підкладати» кондалітову формацію Заваллівського кар'єра під глиноземисто-базитову (евлізитову) формацію («сальківську світу»), а мрамур-кальцифірову — під кондалітову і т. д. Тим паче, що всі ці формації розділені розломами: розломи тут показані на розрізах А.Я. Древіна, Г.Г. Виноградова (див., наприклад, [Виноградов, 1970; Кирилюк, 2020]), а також на карті Z_a в публікації [Нечаев и др., 2019б]. Обмеження формацій розломами — одна з важливих причин неможливості визначення їх стратиграфічних взаємовідносин.

Потрібно також повернутись до проблеми поділу побузького комплексу на дві серії, котрі в статті [Кирилюк, 2016] пропонується взагалі не виділяти через, на погляд автора, «спрямований, незворотній геоеволюційний розвиток Побузького регіону в докембрії», тобто лінійний тренд без аномальних подій, які могли б призводити до формування різних серій гірських порід.

Звернімося до порівняння гістограм

ізотопних визначень віку цирконів з ендербітів ділянки Хашувате—Завалля зі світовими даними (рис. 5). З них бачимо, що для раннього докембрію Побужжя, як і всього світу, характерні аномальні події 3,4—3,5; 2,7—2,8; 1,9—2,0 млрд років тому, коли утворювалися породи з цирконами цього віку або в досліджувані породи приносилися циркони переважно цих трьох вікових категорій. Звісно, що в методиці ізотопно-геохронологічних досліджень ще не вироблені чіткі критерії поділу цирконів на кластогенні й метаморфогенні, але це не відмінняє статистичних даних про наявність таких подій. Дослідження Л.В. Шумлянським ізотопного складу гафнію в цирконах з кварцитів південної

околиці смт Завалля і ендербітів Одеського кар'єра показало, що утворення цирконів у кварцитах хашувато-заваллівської та кошаро-олександрівської товщ відбулося на 600—700 млн років пізніше утворення цирконів у ендербіто-гнейсах і кристалосланцях ділянки Хашувате—Завалля [Шумлянський, 2012а,б]. Це означає, що означені товщі ніяк не могли «підстилати» ендербіто-гнейси.

Врахування умов метаморфізму порід Середнього Побужжя обмежує вірогідні геологічні процеси, в яких вони могли бути утвореними. Метаморфічні перетворення порід до 2,8 млрд років здійснювалися за $P=0,72\div 1,0$ ГПа та $T=750\div 820$ °С [Lobach-Zhuchenko et al., 2016]. Ці параметри відо-

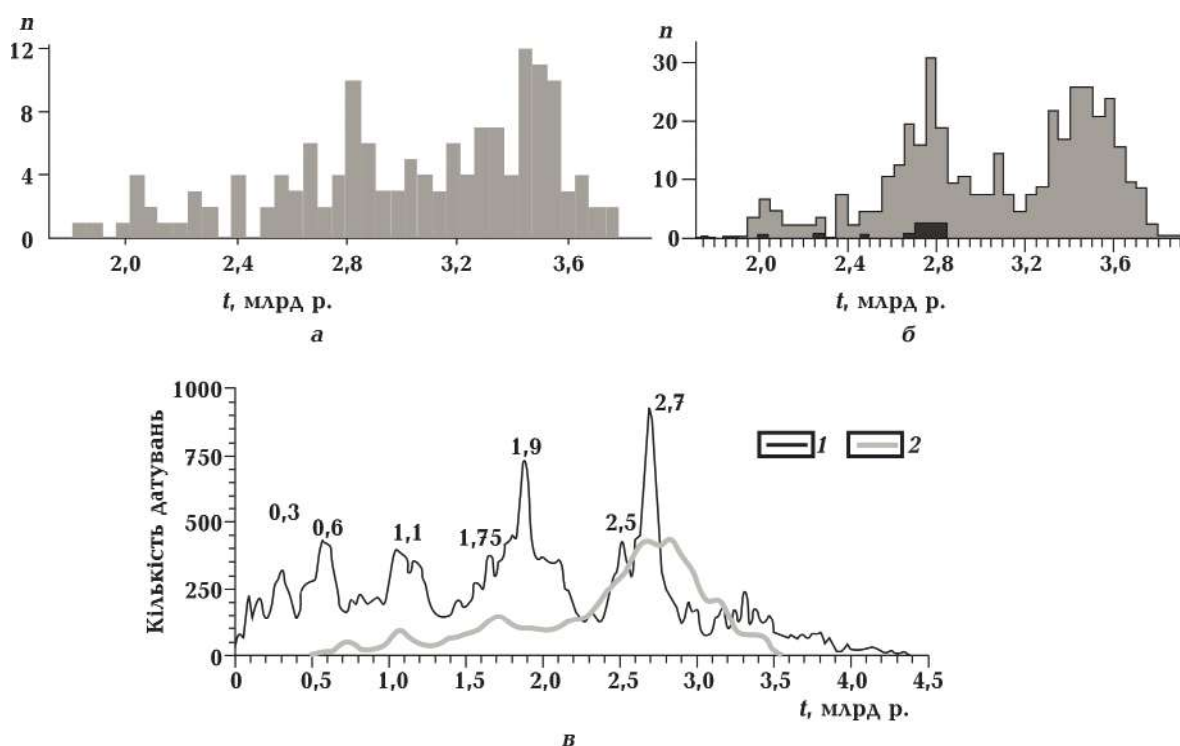


Рис. 5. Порівняння гістограм ізотопних визначень віку цирконів з ендербітів ділянки Хашувате—Завалля зі світовими даними: а — ендербіто-гнейси Одеського кар'єра [Шумлянський, 2012б]; б — ендербіти побузького комплексу (заливкою виділені вікові дані по цирконах з лерцоліту (включення у ендербітах) [Лобач-Жученко и др., 2017б]); в — періодизація етапів утворення кори і мантії за світовими даними досліджень циркону та гафнію [Belousova et al., 2010] (1); розподіл визначень віку літосферних алмазів (Re-Os метод) [Griffin et al., 2014] (2).

Fig. 5. Comparison of histograms of isotopic determinations of the age of zircons with enderbites of the Bug complex with world data: а — enderbite-gneisses of Odessa quarry [Shumlyansky, 2012]; б — enderbites of the Bug area complex. Age data on zircons from lercolite (inclusion in enderbites) were selected by filling [Lobach-Zhuchenko et al., 2017б]; в — periodization of stages of crust and mantle formation according to world data of zircon and hafnium research [Belousova et al., 2010] (1); distribution of lithospheric diamond age determinations (Re-Os method) [Griffin et al., 2014] (2).

бражають умови метаморфізму в межах ділянки Хашчувате—Завалля. Подібні значення P і T були раніш наведені в монографії [Венидиктов, 1986]. Останній етап гранулітового метаморфізму датований 2,0 млрд років тому ($T > 700^\circ\text{C}$, $P > 0,7 \div 0,8$ ГПа) [Лобач-Жученко и др., 2017a]. Кристалізація трахібазальту 1,9 млрд років тому відбувалася при схожій температурі, але тиск був нижчим на 0,2—0,3 ГПа [Lobach-Zhuchenko et al., 2016].

На рис. 6 ці параметри зіставлені з розподілом температури з глибиною, полями метаморфічних фацій та температурами солідусу й ліквідусу порід.

Температура кристалізації порід тоналіт-трондьєміт-гранодіоритової (ТТГ)

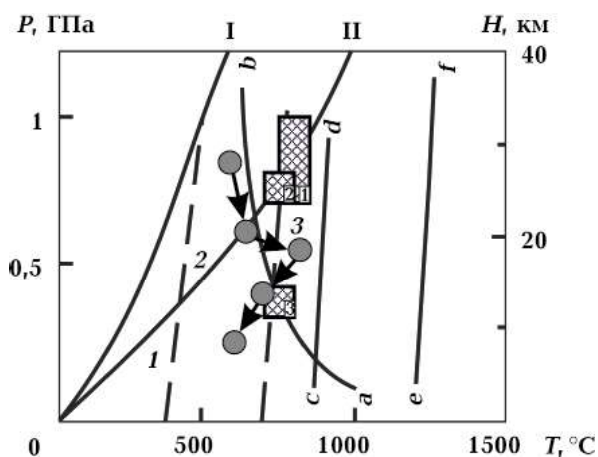


Рис. 6. PT -діаграма, що моделює умови метаморфізму порід ділянки Хашчувате—Завалля. I і II — розподіл температур у корі (I — без урахування конвективних процесів у мантії, II — при підшаровуванні кори ультраосновним розплавом, що надходить з глибини 250 км і більше), за [Гордиенко, 2007]. Штриховими лініями обмежено зони метаморфізму: 1 — зеленосланцевої, 2 — амфіболітової, 3 — гранулітової фацій [Bucher, Grapes, 2011]; суцільні лінії: ab — водонасичений солідус порід амфіболітової фації, cd — водонасичений солідус порід гранулітової фації, ef — безводний ліквідус тоналіту [Gliksion, 1972; Wyllie, 1977]. Прямокутники — розподіл PT -умов метаморфізму порід ділянки Хашчувате—Завалля. Цифри у прямокутниках — розподіл PT -умов (1 — до 2,8 млрд років тому, 2 — 2,0 млрд років тому, 3 — 1,9 млрд років тому [Lobach-Zhuchenko et al., 2016]). Залиті кружки — PT -умови перетворень (зсувної деформації — перекристалізації) метаморфічних порід Оріхівсько-Павлоградської зони УЩ 2,1—2,0 млрд років тому, за [Lobach-Zhuchenko et al., 2014]). Послідовність процесу позначено стрілками.

Fig. 6. Conditions of metamorphism of the rocks of the Khashchuvate—Zavallya area. I and II — temperature distribution in the crust (I — without taking into account convective processes in the mantle, II — when the crust is underlayered by ultrabasic melt coming from a depth of 250 km and more) [Gordienko, 2007]. The sequence of the process is indicated by arrows. Dashed lines delimit the zones of metamorphism: 1 — greenschist, 2 — amphibolite, 3 — granulite facies [Bucher, Grapes, 2011]; solid lines: ab — water-saturated solidus of amphibolite facies rocks, cd — water-saturated solidus of granulite facies rocks, ef — anhydrous liquidus of tonalite [Gliksion, 1972, Wyllie, 1977]. Rectangles — distribution of PT -conditions of metamorphism of rocks of the Khashchuvate-Zavallya area. The numbers in the rectangles are the distribution of PT -conditions (1 — up to 2.8 billion years ago, 2 — 2.0 billion years ago, 3 — 1.9 billion years ago [Lobach-Zhuchenko et al. 2016]). Filled circles — PT -conditions of transformations (shear deformation — recrystallization) of metamorphic rocks of the Orikhiv-Pavlogad zone of the Ukrainian shield 2.1—2.0 billion years ago, according to [Lobach-Zhuchenko et al., 2014].

формації значно перевищує температури процесів, що відбуваються в корі. Однак ці температури є реальними. Тоналіти УЩ кристалізувалися при $T = 1000 \div 1200^\circ\text{C}$ [Щербаков, 2005]. Температури кристалізації архейських базальтоїдів (габро) не менші за 1300°C .

Отже, більшість порід, виведених на сучасну поверхню, в археї знаходилася на рівні сучасної нижньої кори. Тому їх осадове походження практично неможливе.

Вік гнейсів і кристалосланців дністровсько-бузької серії та ендербітів гайворонського комплексу залежить від того, що ми вважаємо часом їх утворення — початок процесу чи його закінчення. Вірогідно, час максимальних перетворень, що відображається періодом, в який утворено найбільше цирконів (за наявності достатньої кількості вимірювань). Тоді, відповідно рис. 5, а, б, вік гнейсів і кристалосланців дністровсько-бузької серії та ендербітів гайворонського комплексу є безперечно архейським. Але, оскільки багаторазово відбувалася перекристалізація існуючої кори, а заміщення не було повним, в породах, наприклад, Одеського кар'єра, присутні циркони, утворені від 3,8 до 1,9 млрд років тому.

У протерозої, в результаті підйому території, гранітоїди віком біля 2,0 млрд років

тому формувались на рівні осередку часткового плавлення кори (20 км). Близько 1,9 млрд років тому рівень сучасної поверхні знаходився над осередком часткового плавлення. Тому породні комплекси, що утворились після 2,0 млрд років, мають не ареальне поширення, а знаходяться в прирозломних структурах і прямолінійно занурюються на значні глибини. Це продукти кристалізації розплавів і флюїдів (карбонатних і водно-силікатних) у проникних зонах розломів різного напрямку, що утворювалися внаслідок тектонічних навантажень [Гранулитовая..., 1985; Усенко, 2021а].

2. Щодо уявлень про побузький гранулітовий комплекс, розвинений у межах району Гайворон—Завалля та ГШЗ.

Комплекс ендербіто-гнейсів, розвинений у межах досліджуваного району, привертає особливу увагу не лише через свою відслоненість, а й через давній вік протоліту та особливості сучасної структури комплексу. У літературі він одержав назву «гайворонського». Прибічники осадової геології докембрію розглядають його, як і весь побузький гранулітовий комплекс, як стратигенний, створений двома або навіть однією розглянутими вище серіями осадово-метаморфічних порід, а його сучасну, видиму на поверхні структуру — як відображення складчастої шаруватої будови декількох суперкрустальних формацій, а також ізофаціальних гранітоподібних плутоно-метаморфічних (ультраметаморфічних) формацій, які ізоморфно їх заміщують [Кирилюк, 2010, с. 8]. Такий погляд відповідає визначенню поняття «комплекс» у СКУ, але зовсім не відповідає результатам спостережень багатьох згаданих вище дослідників, які вивчали гайворонський комплекс і не бачать або мають сумніви в можливості його стратиграфічного розчленування, окрім як на дністровсько-бузьку й бузьку серії.

Встановлено [Лобач-Жученко и др., 2013; Пономаренко и др., 2018; Нечаев и др., 2019б; Степанюк, 2020; Гитов та ін., 2020; Усенко, 2021а; Мичак та ін., 2021], що 2000 ± 100 млн років тому, а можливо дещо

раніше, гайворонський комплекс був переформований стиском-розсувом і зсувними процесами настільки, що від його попередньої структури практично нічого не залишилось, а шаруватість і смугастість порід комплексу є не стратигенною, а новоствореною цими процесами.

Гнейсуватість комплексу, яка спостерігається поряд із масивними різновидами, пояснюється в праці [Лобач-Жученко та ін., 2013], за результатами детального вивчення ендербіто-гнейсів Одеського кар'єра, «орієнтуванням сланцюватості і метаморфогенної та/або мігматитової смугатості, представленої в темно-сірому сланцюватому кислому субстраті з включеннями ортопіроксену кварц-польовошпатовими смугами потужністю від кількох міліметрів до 10—20 см. У структурному візерунку чітко виділяються два провідні компоненти: субвертикальні сланцюватість і смугастість північно-західного простягання та накладені на них пізніші субвертикальні зони субширотного розшарування (зони пластичного зсуву, shear zones). Субширотне розсланцювання у багатьох місцях характеризується мілонітовими текстурами. Відмінною особливістю площинних текстур цих двох основних етапів деформації (ранні, північно-західні, і пізніші, накладені на них субширотні структури) є крута мінеральна й агрегатна лінійність» (с. 88).

На виділену в цитаті фразу звернемо особливу увагу. Справа в тому, що в межах Гайворон-Заваллівської ділянки, де розвинений найдавніший (3,8 млрд років) гайворонський комплекс ендербіто-гнейсів, субширотне, північно-західне, північно-східне й субмеридіональне розсланцювання з мілонітовими текстурами охоплює не менше 80 % території. Тут закартовані Гайворонська (завширшки майже 10 км), Заваллівська (завширшки понад 4 км), Берестягівська, Яланецька, Ободівська, Піщансько-Жакчицька (ширина кожної 2—3 км) зони розломів. При розмірах ділянки вздовж р. Південний Буг (від північної околиці м. Гайворон до південної околиці селища Завалля) 20 км, зони розло-

мів, субперпендикулярні до течії річки, займають територію завширшки приблизно 16 км (на рис. 7 показано типовий перетин Гайворонської зони по р. Південний Буг в районі с. Солгутове: ендербіто-гнейси тут розсланцьовані та мілонітизовані). До того ж потрібно ще враховувати субмеридіональні зони розломів — Михайлівську, Голдашівську, Долинівську, Кам'янську, котрі насичені породами з мілонітовими текстурами, як і субширотні.

Широка мережа розломів різного віку призвела до кількаразової перебудови і структурних планів району, і структурної тканини порід. Можна навести думку спеціаліста по Побужжю і Придністров'ю В.М. Венедіктова, висловлену ще у 1986 р.: «У глибоко метаморфізованих і дислокованих товщах докембрію повністю втрачені ознаки їх первинного генезису, при «знятті» метаморфізму одного етапу виявляється інший метаморфічно-метасоматичний парагенезис, якому передують третій і т.д., а перекристалізація часто повністю знищує сліди попередніх деформацій» [Венедіктов, 1986, с. 35].

За структурними особливостями вся площа розвитку гайворонського комплексу ендербіто-гнейсів у районі досліджень дуже подібна до площі розвитку розгнейсованих порід ТТГ формації гранулітового поясу Лімпопо (Південна Африка), котрі Р. Мейсон [Mason, 1973, р. 463] назвав «високодисперсними метаморфічними тектонітами», утвореними в результаті ранньопротерозойської переробки архейського граніт-зеленокам'яного фундаменту. Пояс був зоною повторюваних зсувних деформацій, інтрузій і екструзій, що завершилися «потужною тектоно-термічною реактивацією близько 1900 млн років тому». Це визначення повністю стосується й побузького гранулітового комплексу, розвиненого в районі Гайворон—Завалля і центральної частини ГШЗ [Гінтов, 2022].

Ендербіти та гнейси Побужжя є частиною складно побудованої товщі, що виникає внаслідок декількох процесів. З одного боку, просочування розплавів-флюїдів по проникних зонах (від розломів

до мікротріщин) первинної кори та раніше перетворених товщ, що повторюється багаторазово [Гранулитовая..., 1985]. Замість нашарування молодших порід на старші відбувається багаторазове часткове заміщення старших порід молодшими розплавами й флюїдами, що надходять з мантійних осередків плавлення та кристалізуються на рівні розповсюдження порід гранулітової фації метаморфізму. З іншого боку, формування розглянутої товщі порід може бути спричинене процесами метаморфічної диференціації речовини первісної земної кори в умовах переважно тангенціального (бокового) стиснення та мінеральних перетворень і формування смугастості в гірських породах, які знаходились у пластичному стані [Щербаков, 2005], що зумовлює круті падіння порід і дає змогу розглядати щит як вертикально верствувате середовище [Чередниченко, 1964; Слензак, 1965].

Отже, масив ендербіто-гнейсів досліджуваного району ніяк не може бути віднесений до структури, сформованої шляхом послідовного нашарування, тобто до світи метаморфізованих осадово-вулканогенних порід. Вся сучасна шаруватість, смугатість і мілонітова текстура ендербіто-гнейсів є результатом ранньопротерозойських динамометаморфічних процесів під дією субгоризонтальних тектонічних сил, неодноразово накладених на більш давні структурні плани, і руйнування попередніх осадово-вулканогенних структур наступними (архейських протерозойськими). Це не дає змоги доказово стратифікувати архейський гранулітовий комплекс Побужжя в рамках стратигенно-метаморфогенного підходу на рівні світ і детальніше. Його гайворонська частина, імовірно, належить до монофаціального комплексу динамо-або дислокаційно-метаморфічних порід і складається з метаморфічних товщ, що регламентується, скоріше за все, не Стратиграфічним, а Петрографічним кодексом України.

Ендербіти гайворонського комплексу належать до ТТГ формації, яка на усіх кратонах світу представлена породами, що

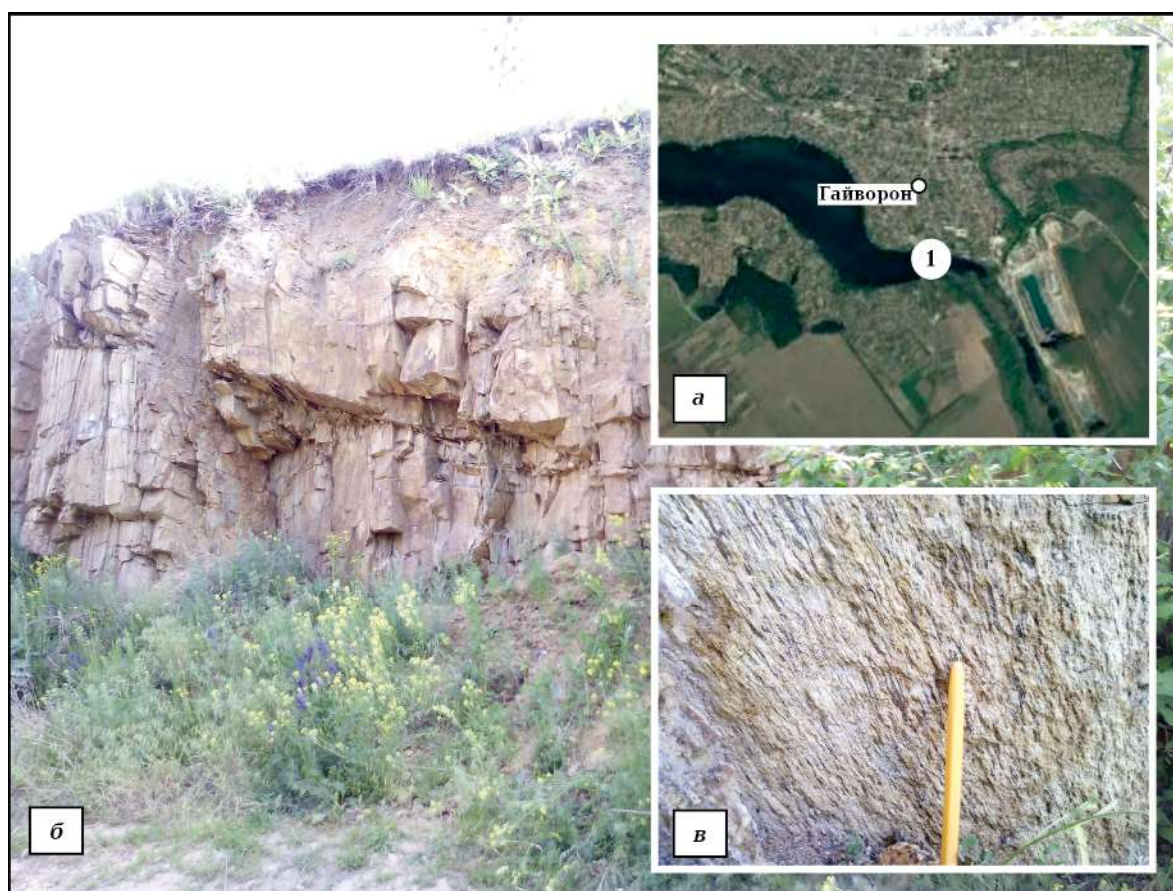


Рис. 7. Гайворонська зона розломів широтного простягання, Солгутівська зона сколювання. Відслонення ендербіто-гнейсів на правому березі р. Південний Буг: *а* — положення відслонення, *б* — загальний вигляд відслонення, *в* — сланцюватість в ендербіто-гнейсах з мілонітовими прошарками. Фото Г.В. Муровської.

Fig. 7. Gaivoron zone of latitudinal faults, Solgut chipping zone. Outcrop of enderbite-gneisses on the right bank of the Southern Bug River: *a* — outcrop position, *б* — general view of the exposure, *в* — shale in enderbite-gneisses with milonite layers. Photo by Murovska.

виникли в археї і не утворювалися ніколи пізніше [Rollinson, 2007; Condie, 2011]. У межах УЩ ендербіти, окрім західної його частини, закартовані в межах Славгородської брили Середньопридніпровського мегаблока (СПМБ), в Оріхівсько-Павлоградській шовній зоні (ОПШЗ) і Західному та Центральному Приазов'ї, де вони скрізь спостерігаються поряд з тоналітами, діоритами, гранодіоритами, плагіогранітами й гнейсами різного складу, особливо піроксеновими [Геологическая..., 1988; Щербак и др., 2005; Lobach-Zhuchenko et al., 2014; Артеменко и др., 2014]. Головною ознакою ендербітів є присутність піроксену, що визначає умови гранулітової фації, а склад польового

шпату в них, як і в породах типової ТТГ формації, представлений виключно плагіооклазом (переважно альбітом чи олігоклазом) [Петрологія..., 2011].

За хімічним складом гайворонські ендербіти дещо відрізняються від інших чарнокітоїдів УЩ (літинських, ятранських, славгородських, новопавлівських, приазовських) підвищеною залізистістю та зниженим вмістом оксидів натрію та калію (майже повною відсутністю останнього). У статті [Лесная, Касьяненко, 2015, с. 32] також зазначено, що «в кар'єрах Козачий Яр та Одеський переважають настільки своєрідні циркони, що їх вигляд став типоморфною ознакою найдавніших корових порід УЩ».

Аналогічний склад і будову мають «сірі гнейси» Акаста (Канадкий щит) — найдавніші ізотопно-датовані породи (4,03—3,96 млрд років), які є гетерогенною сукупністю сильно деформованих тоналітів, трондьємітів-гранодіоритів, що чергуються в сантиметровому масштабі з амфіболітами, ультрамафітами, гранітами та кварцитами. Амфіболіти являють собою деформовані дайки базальтів і габро [Cordie, 2011]. Такої ж думки відносно первинної природи амфіболітів Побужжя дотримувався І.Б. Щербakov [Щербakov, 2005]. Цей опис збігається з описом ендербіто-гнейсів Одеського кар'єра [Шумлянський, 2012].

Утворення ендербітів за рахунок багаторазової перекристалізації кори та підвищення вмісту кремнезему в мігматизованій (гранітизованій) товщі пояснює поступові переходи від гіперстенових плагіогнейсів, ультрамафітів та амфібол-піроксенових кристалосланців дністровсько-бузької серії до ендербітів гайворонського комплексу [Гранулитовая..., 1985; Усенко, 2021б]. Іноді навіть важко визначитися з назвою. Так, породи з Одеського кар'єра, опис яких наведено в статті [Шумлянський, 2012], в одних випадках відносили до тиврівської товщі [Кореляційна..., 2004; Степанюк та ін., 2004], в інших — до гайворонського комплексу [Петрологія..., 2011].

У статті [Лобач-Жученко и др., 2013] час утворення реліктового субстрату ендербіто-гнейсів Середнього Побужжя (за дослідженнями в Одеському кар'єрі) визначений інтервалом 3,62—3,75 млрд років тому. Його перетворення відбувались 3,48, 3,33, 3,0—2,9 та 2,8 млрд років тому. Вторинні зміни цирконів пов'язані з процесами 2,6—2,4 млн років тому. Палеопротерозойська структурно-метаморфічна переробка й етап гранулітового метаморфізму проявлено 2,2—2,0 млрд років тому. Але мінеральні парагенезиси архейських і протерозойських етапів перетворень є різними. В архейі утворюються типові ендербіти, на межі архею та палеопротерозою — плагіограніти.

Останній етап перебування та грануліто-

вого метаморфізму побузького комплексу не викликає сумнівів. Він підтверджується дослідженнями грануліт-амфіболітових комплексів на інших мегаблоках УЩ та на інших щитах, а також збігається, з точністю $\pm 0,1$ млрд років, з періодизацією етапів утворення кори і мантії за світовими даними (див. рис. 5). А от нижня межа утворення субстрату комплексу викликає питання. Те, що вік кристалосланців дністровсько-бузької серії давніший 3,8 млрд років, обговорювалось вище. Нещодавно в межах Західного Приазов'я в метатрахіандезитах віком до 3,2 млрд років уперше на УЩ методом LA-ICP-MS встановлено популяцію циркону віком 3,95 млрд років [Артеменко и др., 2020]. Циркони потрапили у метатрахіандезити з порід древнього фундаменту поки що невідомого складу. Цілком можливо, що подальші дослідження наблизять вік утворення порід ТТГ формації УЩ до віку гнейсів Акаста.

Етап $2,0 \pm 0,1$ млрд років тому заслуговує окремого обговорення. Дуже детальні дослідження цього етапу з використанням найновіших методик петрологічного й ізотопного аналізів виконані на Васильківській ділянці ОПШЗ [Lobach-Zhuchenko et al., 2014]. Одержані результати зближують проходження протерозойських метаморфічних процесів у ГШЗ і ділянці Гайворон—Завалля з процесами в ОПШЗ і пояснюють дуже близькі їх кінцеві структурні особливості. Це дає змогу скласти більш точне уявлення про геодинамічні умови формування всієї структури УЩ. ОПШЗ вважалася цілком архейською, через що в монографії [Щербак и др., 2008] вона навіть не згадується. Однак тепер зрозуміло, що формування цієї шовної зони відбувалося синхронно з ГШЗ.

У межах Васильківської ділянки товща круто моноклінально залягаючих порід потужністю біля 10 км (падіння на північний схід під кутами $65\text{--}80^\circ$) представлена (авторська термінологія) палеоархейськими та архей-палеопротерозойськими мігматитами з реліктами основних залізистих гранулітів, чарнокітів, гранатових, високоглиноземистих та інших гнейсів,

породами залізорудної формації, палеопротерозойськими біотитовими, гранат-силіманіт-кордиєритовими гнейсами, іноді графітизованими. Породи в окремих місцях катаклазовані та мілонітизовані.

Авторами встановлено, що в період 2,1—2,0 млрд років у межах ділянки відбулося декілька метаморфічних подій: породи, особливо палеопротерозойські кварцити, були інтенсивно деформовані та метаморфічно перероблені правозсувними (за результатами вивчення структур підвертання) процесами, в результаті чого сформувався той структурний рисунок, який спостерігається зараз на поверхні ерозійного зрізу і на ділянці, і у всій ОПШЗ. Ознак великомасштабної ізоклінальної складчастості не виявлено. (Все це нагадує результати вивчення розрізу Гайворон—Завалля [Мичак та ін., 2021].) Зсувні процеси супроводжувалися практично одночасним вторгненням у породи ділянки інтрузивних тіл ультраосновного основного складу і карбонатитів мантійного, а також гранітів корового походження.

Також було встановлено, що найдавніший палеопротерозойський метаморфізм порід Васильківської ділянки відбувся при $P \approx 0,85$ ГПа і $T = 600$ °С, потім при $P = 0,5 \div 0,7$ ГПа і піквій метаморфічній температурі $T = 830$ °С, а кінцева стадія відбулася при $T = 600$ °С і $P = 0,33 \div 0,4$ ГПа. Одержаний палеопротерозойський *PT*-тренд передбачає еволюцію ОПШЗ за годинниковою стрілкою (він показаний вище на рис. 6), тоді як метаморфічні процеси архею 2,8 млрд років тому проходили при $P = 0,53 \div 0,78$ ГПа та $T = 735 \div 749$ °С.

Зрозуміло, що тиск 0,85 ГПа, який відповідає літостатиці нижньої кори, у цьому випадку міг бути досягнутий лише через додавання тектонічного бічного стиснення. Воно почалося не 2,1 млрд років тому, а раніше, і до початку метаморфізму тиск досяг свого максимального значення, після чого почав знижуватись через дію складних зсувних механізмів.

Автори пояснюють проходження означених тектонічних процесів на фоні одночасного з ними регіонального грануліто-

вого й амфіболітового метаморфізму дією мантійного плюму і магматичного андерплейтінгу, який призводив до прогріву кори та часткового її плавлення. Автори вважають, що залишається не з'ясованим поєднання процесів гранітоїдного магматизму в ОПШЗ з транспресією під час зсувних рухів.

З тектонофізичних позицій пояснення палеопротерозойського *PT*-тренду еволюції ОПШЗ за годинниковою стрілкою можна пов'язати з геодинамічною моделлю, запропонованою для Інгільського мегаблока, до якого належить і ГШЗ [Гинтов, 2012, 2014, 2019]. Не зупиняючись на деталях, зазначимо, що в основі моделі лежать відомі уявлення про «мантійний вітер» і пульсуючі плюми. Якщо застосувати цю модель до ОПШЗ, то до моделі, розглянутої в праці [Lobach-Zhuchenko et al., 2014], потрібно додати уявлення, що коса (відносно простягання ОПШЗ) колізія Сарматії та Волго-Уралії відбувалася під впливом регіонального довготривалого мантійного плюму, розташованого (у сучасній системі координат) південно-західніше УЩ, а локальний плум під ОПШЗ був пульсуючим, що спричинило чергування процесів стиснення й розтягу в межах зони (тобто транспресія не була постійною). На ці процеси накладалося зсувне тертя, що призвело, з одного боку, до більшого прогріву кори, а з іншого, до дилатансії гірських порід, їх розпушування й густої тріщинуватості, через яку тиск зменшувався, а зона ставала проникною для флюїдів і магм. На жаль, кількісного виразу ці процеси не мають, але з їх допомогою можна пояснити деякі протиріччя в *PT*-умовах формування ОПШЗ.

Отже, процес перебудови гайворонського комплексу ендербіто-гнейсів $2 \pm 0,1$ млрд років тому не є вигадкою геохронологів-ізотопістів, а відповідає світовим даним про сплеск процесів мантійно-корової активізації. Характер цього процесу, з'ясований на прикладі ОПШЗ, відповідає результатам досліджень на Середньому Побужжі.

Висновки. 1. Більшість товщ і світ, віднесених у КХС УЩ до дністровсько-бузької та бузької серій, не належать, або нале-

жать під питанням, до стратифікованих утворень і тому не можуть розглядатися як світи, як це пропонується прибічниками стратигенно-метаморфогенного підходу вивчення раннього докембрію УЩ. До перших належить лейкогранулітова формація — так звана зеленолевадівська світа, до других — хашувато-завалівська й кошаро-олександрівська світи. Березнинська товща-світа за даними ізотопно-геохронологічних досліджень не є архейською і не належить до дністровсько-бузької серії; павлівська залізорудна товща є аналогом молдовської і також не може представляти дністровсько-бузьку серію.

2. Стратотип дністровсько-бузької серії повністю вичерпується стратотипом тиврівської товщі, тому необхідність виділення у КХС УЩ стратону «тиврівська товща» відпадає.

3. Виділення ранньоархейської дністровсько-бузької та пізньоархейської бузької серій у межах Середнього Побужжя відповідає вимогам СКУ, а вилучення з їх складу світ і товщ спрощує ранньодокембрійську частину КХС УЩ і вимоги до картування відповідної території. Проте у Стратиграфічному кодексі необхідно доповнити параграф 3.4.4 «Серія» уточненням щодо речовинного складу й стратиграфічних границь серій, враховуючи особливості архейського породотворення.

4. Порівняння визначень ізотопного віку цирконів з порід побузького гранулітового комплексу зі світовими даними досліджень циркону та гафнію і періодизації етапів утворення кори і мантії вказує на повну схожість цих даних щодо існування аномальних світових подій породотво-

рення 3,4—3,5; 2,7—2,8; 1,9—2,0 млрд років тому. Такі події були пов'язані спочатку з плюмовими, а потім з плюмовими й плито-тектонічними процесами, які призводили до активної перебудови кори і зміни її мінерального складу.

5. Шаруватість, смугастість і гнейсуватість комплексу ендербіто-гнейсів ділянки Гайворон—Завалля пов'язана з перетином її густою мережею зон розломів різного простягання, і тому ця ділянка належить до площі розвитку високодисперсних метаморфічних тектонітів, а не до стратигенної товщі, котру деякі дослідники намагаються іменувати «сальківською світою». Порооди цього комплексу належать, скоріш за все, за класифікацією М.Л. Добрецова [Добрецов, 1981], до плутоно-метаморфічних (бластокатаклазитових) ендербітової, гіперстен-гнейсової, чарнокіт-базитової, грануліто-базитової, двопіроксен-грануліто-гнейсової, двопіроксен-кристалосланцевої формацій.

6. Протерозойський процес перебудови гайворонського комплексу ендербіто-гнейсів 2,0±0,1 млрд років тому зруйнував усю його попередню структуру, призвів до утворення субвертикального шаруватого середовища, не пов'язаного зі складчастістю загального зминання. Сили горизонтального стиску й зсуву призвели до формування зсувної прирозломної складчастості із субвертикальними шарнірами й шаруватістю динамометаморфічного походження.

7. Стратифікація побузького гранулітового комплексу може бути лише хронологічною, заснованою на ізотопних дослідженнях і вивченні структур перетину.

Список літератури

Артеменко Г.В., Шумлянський Л.В., Беккер А.Ю. Первые данные об эоархейских (3,95 млрд лет) породах в фундаменте Приазовского блока Украинского щита: *Материалы III Тектонического совещания*. Москва, 2020. С. 20—24.

Артеменко Г.В., Шумлянський Л.В., Швайка И.А. Позднепалеоархейские тоналито-

вые гнейсы Западно-Приазовского блока (Приазовский мегаблок Украинского щита). *Геол. журн.* 2014. № 4. С. 91—102. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2014.4.139191>.

Богатырев В.Ф., Ионис Г.И., Ентин В.А. Отчет о результатах геолого-поисковых и детальных геофизических исследований на железные руды в районе Среднего Побужья за 1971—

- 1974 г. Кн. 1. Киев, Геолфонды, 1974. 194 с.
- Виноградов Г.Г. О генезисе пироксеновых гнейсов и некоторых вопросах стратиграфии докембрия Среднего Побужья. В кн.: Петрография докембрия Русской платформы. Киев: Наук. думка, 1970. С. 352—357.
- Виноградов Г.Г., Палий Д.П., Ентин В.А., Мариневич Б.А. Геологическая карта м-ба 1:50 000 территории листов М-36-122-Б, Г. Отчет ГСП № 37, 1976. Т. 1. 185 с.
- Венидиктов В.М. Полициклическое развитие гранулитовой фации. Киев: Наук. думка, 1986, 268 с.
- Геологическая карта докембрийских образований Приднепровского и Приазовского районов Украинского щита. 1:200 000. Сост. Б.З. Берзенин. ПГО «Южукргеология», Новомосковская ГРЭ, 1988.
- Геологический словарь. Т. 2. Москва: Недра, 1973. С. 373.
- Гинтов О.Б. Докембрий Украинского щита и тектоника плит. *Геофиз. журн.* 2012. Т. 34. № 6. С. 3—21. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v34i6.2012.116694>.
- Гинтов О.Б. Плитово-плюмовая тектоника как единый механизм геодинамического развития тектоносферы Украины и смежных регионов. *Геофиз. журн.* 2019. Т. 40. № 6. С. 3—34. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i6.2019.190064>.
- Гинтов О.Б. Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины. Киев: Феникс, 2005. 572 с.
- Гинтов О.Б. Схема периодизации этапов разломообразования в земной коре Украинского щита — новые данные и следствия. *Геофиз. журн.* 2014. Т. 36. № 1. С. 3—18. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v36i1.2014.116145>.
- Гинтов О.Б. Що відбувалося з ранньодокембрійськими гранулітовими комплексами Побужжя (Український щит) та поясу Лімпопо (Південна Африка) і 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., Ентин В.А., Исай В.М. Новые данные об особенностях формирования складчатой структуры магнетитовых месторождений Среднего Побужья. *Докл. АН УССР. Сер. Б.* 1985. № 4. С. 24—30.
- Гинтов О.Б., Ентин В.А., Мычак С.В., Павлюк В.Н., Гуськов С.И. Уникальные базит-метабазитовые структуры Побужского горнорудного района, их геологическое значение и перспективы рудоносности (по геофизическим и геологическим данным). *Геофиз. журн.* 2018. Т. 40. № 3. С. 3—26. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i3.2018.137170>.
- Гинтов О.Б., Ентин В.А., Мычак С.В., Павлюк В.Н., Зюльцле В.В. Структурно-петрофизическая и тектонофизическая основа геологической карты кристаллического фундамента центральной части Голованевской шовной зоны Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2016. Т. 38. № 3. С. 3—28. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i3.2016.107777>.
- Гинтов О.Б., Ентин В.А., Мычак С.В., Фарфуляк Л.В. Побужький гірничорудний район Українського щита. Структурно-петрофізична карта кристалічного фундаменту та деякі питання геології раннього докембрію. *Геофиз. журн.* 2020. Т. 42. № 3. С. 16—48. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i3.2020.204699>.
- Гинтов О.Б., Исай В.М. Тектонофизические исследования разломов консолидированной коры. Киев: Наук. думка, 1988. 228 с.
- Гинтов О.Б., Мычак С.В. Напряженное состояние и деформации земной коры центральной части Ингульского мегаблока по материалам тектонофизического изучения Новоукраинского массива. *Геофиз. журн.* 2011. Т. 33. № 2. С. 28—45. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i2.2011.117289>.
- Гинтов О.Б., Орлюк М.І., Ентин В.А., Мычак С.В., Бакаржієва М.І., Шимків Л.М., Марченко А.В. Структура західної і центральної частини Українського щита. Спирні питання. *Геофиз. журн.* 2018. Т. 40. № 6. С. 3—29. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i6.2018.151000>.
- Гордиенко В.В. Адвекционно-полиморфная гипотеза глубинных процессов в тектоносфере. Киев: Корвин пресс, 2007. 170 с.

- Гранулитовая фация Украинского щита. Под ред. И.С. Усенко. Киев: Наук. думка, 1985. 220 с.
- Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Геологічна карта і карта корисних копалин кристалічного фундаменту. Центральноукраїнська серія. Лист М-36-XXXI (Первомайськ). Мін. екології та природних ресурсів України, Держ. геологічна служба. Київ, 2004.
- Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Геологічна карта і карта корисних копалин кристалічного фундаменту. Центральноукраїнська серія. Лист М-35-XXXVI (Гайворон). Мін. екології та природних ресурсів України, Держ. геологічна служба. Київ, 2010.
- Добрецов Н.Л. Принципы выделения и классификации метаморфических формаций и задачи формационных исследований. В кн: *Метаморфические формации (принципы выделения и классификации): Труды института геологии и геофизики Сиб. отд. АН СССР. Вып. 488.* Новосибирск: Наука, 1981. С. 6—36.
- Довгань Р.Н., Ентин В.А., Павлюк В.Н. Бандуровская палеовулканическая структура и связанные с ней перспективы алмазности. *Мінеральні ресурси України*. 2006. № 4. С. 22—28.
- Ентин В.А. Структурно-тектонические особенности кристаллического фундамента и прогнозная оценка на магнетитовые руды месторождений Среднего Побужья (по геолого-геофизическим данным): автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Киев, 1987. 32 с.
- Ентин В.А., Гинтов О.Б., Мычак С.В., Юшин А.А. Структура Молдовского железорудного месторождения (Украинский щит) по геолого-геофизическим данным и его возможная эндогенная природа. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37. № 4. С. 3—18. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i4.2015.111118>.
- Изучение вещества метаморфических, ультраметаморфических, интрузивных и метасоматических образований докембрийского фундамента Среднего Побужья. Отчет ИГФМ НАН Украины по хоздоговору с Правобережной геологической экспедицией за 1985—1990 гг. Отв. исп. И.Б. Щербаков, В.В. Рябоконт. Киев, Укргеолфонд, 1990. 450 с.
- Ионис Г.И., Ентин В.А., Гринин Р.И. Отчет по поисково-оценочным работам на Молдовском железорудном месторождении 1981—1986 гг. Т. 1. Киев, Геолфонды, 1986. 152 с.
- Кирилюк В.П. О некоторых аспектах изучения возрастных соотношений породных комплексов Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2020. Т. 42. № 2. С. 108—137. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i2.2020.201745>.
- Кирилюк В.П. О стратотипических районах и стратотипах докембрия западной части Украинского щита. *Геол. журн.* 1986. № 2. С. 36—46.
- Кирилюк В.П. Побужский гранулитовый комплекс. В кн.: *Гранулитовые структурно-формационные комплексы Украинского щита — европейский стратотип.* Львов: ЗУГЦ, 2010. С. 8—63.
- Кирилюк В.П. Стратиграфия докембрия западной части Украинского щита (на формационной основе). Статья 2. Формации позднего архея и протерозоя и сводная стратиграфическая схема. *Геол. журн.* 1982. № 4. С. 30—41.
- Кирилюк В.П. Ще раз про проблеми стратиграфії побузького гранулітового комплексу (з нагоди складання нової регіональної стратиграфічної схеми нижнього докембрію Українського щита). Ст. 2. Співвідношення світ побузького стратиграфічного комплексу. *Зб. наук. праць УкрДГРІ*. 2015а. № 3. С. 147—168.
- Кирилюк В.П. Ще раз про проблеми стратиграфії побузького гранулітового комплексу (з нагоди складання нової регіональної стратиграфічної схеми нижнього докембрію Українського щита). Ст. 3. Обсяг побузького стратиграфічного комплексу та проблема його серій. *Зб. наук. праць УкрДГРІ*. 2015б. № 4. С. 133—144.
- Кирилюк В.П. Ще раз про проблеми стратиграфії побузького гранулітового комплексу (з нагоди складання нової регіональної стратиграфічної схеми нижнього докембрію Українського щита). Ст. 4. Місце побузько-

- го стратиграфічного комплексу в загальній геохронологічній шкалі докембрію. *Зб. наук. праць УкрДГРІ*. 2016. № 1. С. 90—108.
- Кирилук В.П., Жуланова И.Л. Стратиграфические схемы нижнего докембрия России и Украины: сопоставление, анализ различий и пути сближения. *Геол. журн.* 2013. № 2. С. 89—120.
- Кирилук В.П., Паранько І.С. Стратиграфічні комплекси — основа стратиграфічної схеми докембрію Українського щита. Стаття 1. Методологічні аспекти створення загальної стратиграфічної схеми докембрію Українського щита. *Зб. наук. праць УкрДГРІ*. 2014. № 3-4. С. 70—87.
- Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (пояснювальна записка). Вик. К.Ю. Єсипчук, О.Б. Бобров, Л.М. Степанюк та ін. Київ, УкрДГРІ, 2004. 30 с.
- Костюченко В.С., Зюльцле В.В., Выходцев Н.К., Федоров А.В. Геологическое строение и полезные ископаемые Среднего Побужья. Отчет о глубинном геологическом картировании масштаба 1:200 000 листа М-36-XXXI. Т. 1. Киев, Укргеолфонд, 1990. 338 с.
- Лазько Е.М., Кирилук 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(227). С. 18—26.
- Лазько Е.М., Кирилук В.П., Сиворонов А.А., Яценко Г.М. Нижний докембрий западной части Украинского щита. Возрастные комплексы и формации. Львов: Вища школа, 1975. 239 с.
- Лесная И.М., Касьяненко Е.О. Акцессорный циркон (состав, изотопный возраст) из эндербитов Литинского блока (УЩ). *Геохімія та рудоутворення*. 2015. Вип. 35. С. 29—36.
- Лобач-Жученко С.Б., Арестова Н.А., Вревский А.Б., Егорова Ю.С., Балтыбаев Ш.К., Балаганский В.В., Богомолов Е.С., Степанюк Л.М., Юрченко А.В. Происхождение кристаллосланцев побужского гранулитового комплекса Украинского щита. *Региональная геология и металлогения*. 2014. № 59. С. 1—13.
- Лобач-Жученко С.Б., Балаганский В.В., Балтыбаев Ш.К., Степанюк Л.М., Пономаренко А.Н., Лохов К.И., Корешкова М.Ю., Юрченко А.В., Егорова Ю.С., Сукач В.В., Бережная Н.Г., Богомолов Е.С. Этапы формирования побужского гранулитового комплекса: новые структурно-петрологические и изотопно-геохронологические данные (Среднее Побужье, Украинский щит). *Мінерал. журн.* 2013. Т. 35. № 4. С. 87—99.
- Лобач-Жученко С.Б., Балаганский В.В., Корешкова М.Ю., Лохов К.И., Балтыбаев Ш.К., Степанюк Л.М., Егорова Ю.С., Сергеев С.А., Капитонов И.Н., Галанкина О.Л., Богомолов Е.С., Бережная Н.Г., Сукач В.В. Палеоархейские ортопироксениты Побужской гранулитогнейсовой области Украинского щита. *Докл. АН*. 2017а. Т. 474. № 6. С. 731—736.
- Лобач-Жученко С.Б., Балтыбаев Ш.К., Глебовицкий В.А., Сергеев С.А., Лохов К.И., Егорова Ю.С., Балаганский В.В., Скублов С.Г., Галанкина О.Л., Степанюк Л.М. U-Pb-Shrimp-II-возраст и происхождение циркона из лерцолита Побужского палеоархейского комплекса (Украинский щит). *Докл. АН*. 2017б. Т. 477. № 5. С. 567—571.
- Лобач-Жученко С.Б., Егорова Ю.С., Юрченко А.В., Балаганский В.В., Артеменко Г.В., Чекулаев В.П., Арестова Н.А. Биотит-гранатовые гнейсы — продукт тектонометаморфической переработки древних тоналитов: минеральный состав, характеристика и возраст процесса (Васильковский участок Орехово-Павлоградской зоны). *Мінерал. журн.* 2009. Т. 31. № 1. С. 3—10.
- Лукієнко О.І., Кравченко Д.В., Сухорада А.В. Дислокаційна тектоніка та тектонофації докембрію Українського щита. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2008. 279 с.
- Луцицкий В.И. Стратиграфия докембрия Украинского кристаллического массива. В кн.: Стратиграфия СССР. Т. 1. Докембрий СССР. Москва-Ленинград: Изд-во АН СССР, 1939. С. 81—162.
- Лысак А.М., Пашенко В.Г., Зюльцле В.В. Формационная принадлежность и стратиграфическое положение железокремнистых образований Павловской группы магнитных аномалий (Среднее Побужье). *Геол. журн.* 1983. № 5. С. 99—109.

- Михайлов Д.А. Метасоматическое происхождение железистых кварцитов докембрия. Ленинград: Наука. 1983. 168 с.
- Мичак С.В. Структурні особливості і кінематичний розвиток земної кори західної частини Українського щита: дис. ... д-ра геол. наук. Київ, 2019. 364 с.
- Мичак С.В., Бакаржієва М.І., Марченко А.В., Решетник М.М., Фарфуляк Л.В., Орлюк М.І., Гинтов О.Б. Ділянка Гайворон—Завалля Середнього Побужжя — найбільш репрезентативна частина гранулітового комплексу Українського щита. (Результати структурно-тектоніфізичних і магнітометричних досліджень). *Геофиз. журн.* 2021. Т. 43. № 4. С. 42—75. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i4.239958>.
- Мичак С.В., Муровська Г.В., Поляченко Є.Б., Бельський В.Н. Напружено-деформований стан земної кори побузького гірськорудного району на ділянці Гайворон—Завалля. *Геофиз. журн.* 2018. Т. 40. № 2. С. 95—107. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i2.2018.128933>.
- Нечаев С.В., Семка В.А., Бойко А.К. О времени образования скарнов Украинского щита. *Геол. журн.* 1990. № 3. С. 41—144.
- Нечаев С.В., Гинтов О.Б., Мычак С.В. О связи редкоземельной, редкометальной и золоторудной минерализации с разломно-блоковой тектоникой Украинского щита. 1. *Геофиз. журн.* 2019а. Т. 41. № 1. С. 3—32. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158861>.
- Нечаев С.В., Гинтов О.Б., Мычак С.В. О связи редкоземельной, редкометальной и золоторудной минерализации с разломно-блоковой тектоникой Украинского щита. 2. *Геофиз. журн.* 2019б. Т. 41. № 2. С. 58—83. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164450>.
- Паталаха Е.И. Механизм возникновения структур течения в зонах сжатия. Алма-Ата: Наука, 1979. 216 с.
- Петрологія і геохімія чарнокітоїдів Українського щита. Відп. ред О.М. Пономаренко. Київ: Наук. думка, 2011. 216 с.
- Пономаренко А.Н., Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В. Геохронология и геодинамика палеопротерозоя Украинского щита. *Мінерал. журн.* 2014. Т. 36. № 2. С. 48—61.
- 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>.
- Слензак О.І. Про структуру Українського докембрію (на прикладі південно-західної частини Українського кристалічного щита). Київ: Наук. думка, 1965. 139 с.
- Степанюк Л.М. Геохронологія докембрію західної частини Українського щита (архей-палеопротерозой): дис. ... д-ра геол. наук. Київ, 2000. 290 с.
- Степанюк Л.М. Гранулітова асоціація Побужжя: стратиграфія чи геохронологія: *Збірник тез Міжнародної наукової конференції «Докембрій: породні асоціації та їхня рудоносність».* Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України, 22—24 вересня 2020. С. 26—29.
- Степанюк Л.М. Коментарі до «відкритого листа членам бюро Національного стратиграфічного комітету України та геологам-докембристам» В.П. Кирилюка. *Геол. журн.* 2017. № 4(361). С. 100—112.
- 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. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.01.016>.
- Степанюк Л.М., Грінченко О.В. Деякі дискусійні питання стратиграфії побузького гранулітового комплексу. *Мінерал. журн.* 2019. Т. 41. № 2. С. 95—99. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.41.02.095>.
- Степанюк Л.М., Пономаренко О.М., Петриченко К.В., Курило С.І., Довбуш Т.І., Сергєєв С.А., Родіонов М.В. Уран-свинцева ізотопна геохронологія гранітоїдів бердичівського типу Побужжя (Український щит). *Мінерал. журн.* 2015. Т. 37. № 3. С. 51—66. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.37.03.051>.

- Степанюк Л.М., Скобелев В.М., Довбуш Т.І., Пономаренко О.М. Уран-свинцевий ізотопний вік монациту та кластогенного циркону із кварциту кошаро-олександрівської світи — межі формування порід бузької серії. *Зб. наук. праць УкрДГРІ*. 2004. № 2. С. 43—50.
- Степанюк Л.М., Шумлянський Л.В., Пономаренко О.М., Довбуш Т.І., Висоцький О.Б. До питання про вікові межі формування кошаро-олександрівської світи бузької серії Побужжя. *Геохімія та рудоутворення*. 2010. № 28. С. 4—10.
- Стратиграфічний кодекс України. Відп. ред. П.Ф. Гожик. Київ, 2012. 66 с.
- Усенко О.В. Геодинамический процесс и флюидный режим архея. *Palmarium Academic Publishing*, 2019. 121 с.
- Усенко О.В. Еволюція складу мангійних флюїдів в докембрії (на прикладі залізистих формацій Українського щита). *Геофиз. журн.* 2022. Т. 44. № 2. С. 3—28. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i2.256263>.
- Усенко О.В. Современное строение Побужжя: условия формирования и история развития. *Геофиз. журн.* 2021а. Т. 43. № 2. С. 96—115. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i2.230191>.
- Усенко О.В. Тоналит-трондьемит-гранодиоритовая формация архея. Особенности состава и условия образования на примере Украинского щита. *Геофиз. журн.* 2021б. Т. 43. № 1. С. 38—68. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v43i1.2021.225541>.
- Усенко О.В. Условия формирования железистых пород Среднего Побужжя. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37. № 4. С. 66—87. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i4.2015.111122>.
- Чередниченко А.И. Тектонофизические условия минеральных преобразований в твердых горных породах. Киев: Наук. думка, 1964. 184 с.
- Шакина К.А., Скаун Л.З. Мінеральний склад і процеси формування графітовмісних порід Завалівського родовища графіту: Тез. докл. Междунар. науч.-практ. конф. «Стратиграфия, геохронология и корреляция нижнедокембрийских породных комплексов фундамента Восточно-Европейской платформы». Київ: Изд. УкрНИГРИ, 2010. 252 с.
- Шевчук В.В., Лавренюк М.В., Кравченко Д.В. Основи структурного аналізу. Київ: Поліграфічний центр «Київський університет», 2013. 287 с.
- Шумлянський Л.В. Вік та ізотопний склад гафнію цирконів з кварцитів Середнього Побужжя Українського щита. *Геохімія та рудоутворення*. 2012а. Вип. 31-32. С. 136—142.
- Шумлянський Л.В. Геохімія піроксенових плагіогнейсів (ендербітів) Побужжя та ізотопний склад гафнію в цирконах. *Мінерал. журн.* 2012б. Т. 34. № 2. С. 64—79.
- Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Архей. Киев: Наук. думка, 2005. 243 с.
- Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н., Шумлянський Л.В. Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой. Киев: Наук. думка, 2008. 240 с.
- Щербаков И.Б. Эволюция магматизма Украинского щита. *Мінерал. журн.* 2000. Т. 22. № 2-3. С. 36—47.
- Щербаков И.Б. Петрология Украинского щита. Львов: ЗУГЦ, 2005. 366 с.
- Юшин А.А. О перспективах выявления магматогенно-гидротермальных железорудных образований на Украинском щите. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37. № 4. С. 19—31. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i4.2015.111121>.
- Ярошук М.А., Ярошук Э.А. Диафториты юго-западной окраины Украинского щита и их рудоносность. *Геология рудных месторождений*. 1989. Т. XXXI. № 3. С. 74—81.
- Ярошук М.А., Богатырев В.Ф., Епатко Ю.М. Железорудные формации западной части Украинского щита. *Геол. журн.* 1982. Т. 42. № 3. С. 48—60.
- Belousova, E.A., Kostitsyn, Y.A., Griffin, W.L., Begg, G.C., O'Reilly, S.Y., & Pearson, N.J. (2010). The growth of the continental crust: constraints from zircon Hf-isotope data. *Lithos*, 119, 457—466. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2010.07.024>.
- Bucher, K., & Grapes, R. (2011). *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. Springer-Verlag Berlin

- Heidelberg, 428 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-74169-5>.
- Condie, K.C. (2011). *Earth and evolving planetary system*. Elsevier, 574 p.
- Glikson, A.Y. (1972). Early Precambrian evidence of a primitive oceanic crust and island nucleus of codic granite. *Geological Society of America Bulletin*, 83, 3323—3334. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1972\)83\[3323:EPEOA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1972)83[3323:EPEOA]2.0.CO;2).
- Griffin, W., Belousova, E., O'Neill, C., O'Reilly, S.Y., Malkovets, V., Pearson, N., Spetsius, S., & Wilde, S. (2014). The world turns over: Hadean-Archean crust-mantle evolution. *Lithos*, 189, 2—15. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2013.08.018>.
- Lobach-Zhuchenko, S.B., Balagansky, V.V., Baltybaev, Sh.K., Bibikova, E.V., Chekulaev, V.P., Yurchenko, A.V., Arestova, N.A., Artemenko, G.V., Egorova, Yu.S., Bogomolov, E.S., Sergeev, S.A., Skublov, S.G., & Presnyakov, S.L. (2014). The Orekhov-Pavlograd Zone, Ukrainian Shield: Milestones of its evolutionary history and constraints for tectonic models. *Precambrian Research*, 252, 71—87. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2014.06.027>.
- Lobach-Zhuchenko, S.B., Kaulina, T.V., Baltybaev, S.K., Balagansky, V.V., Egorova, Y.U., Lokhov, K.I., Skublov, S.G., Sukach, V.V., Bogomolov, E.S., Stepanyuk, L.M., Galankina, O.L., Berzhnaya, N.G., Kapitonov, I.N., Antonov, V.A., & Sergeev, S.A. (2016). The long (3.7—2.1 Ga) and multistage evolution of the Bug Granulite-Gneiss Complex, Ukrainian Shield, based on the SIMS U-Pb ages and geochemistry of zircons from a single sample Crust-Mantle Interactions and Granitoid Diversification. In J. Halla, M.J. Whitehouse, T. Ahmad, Z. Bagai (Eds.), *Insights from Archaean Cratons*. Geol. Soc., London, Spec. Publ., 449. <https://doi.org/10.1144/SP449.3>.
- Mason, R. (1973). The Limpopo mobile belt Southern Africa. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A*, 273, 463—485.
- Rollinson, H.R. (2007). *Early Earth systems: a geochemical approach*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 289 p.
- Wyllie, P.J. (1977). Effects of H₂O and CO₂ on magma generation in the crust and mantle. *Journal of the Geological Society*, 134, 215—234.

Peculiarities of the present structure of the Bug granulite complex developed within the Middle Bug area and its partitioning into series and suits

O.B. Gintov, O.V. Usenko, 2022

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

The Gaivoron-Zavaliye site and the Golovanevsk suture zone (GSZ) of the Bug mining region (BMR) in the Middle Bug region have been a «testing ground» for studying the structure and stratigraphy of the Early Precambrian complexes of the USh for many years. In the article, using their example, the Early Precambrian part of the Correlation Chronostratigraphic Scheme of the USh (CCS USh) and the issues arising around its discussion and the need for changes have been considered here. The main problem is to find out series, formations and rock strata in the CCS of USh, which is quite debatable. It has been shown that some rock strata (leucogranulite formation and Zelenolevadov rock strata, a significant part of the Koshar-Alexandrov suite) refer to the formation-genetic series of quartz-feldspar metasomatites, in particular, to the structural-formation association of metasomatites of zones of regional faults and they are not stratigenic. According to isotope-geochronological data, the bereznin rock strata is not Archean and therefore

does not belong to the Dniester-Bug series. The layering, banding and gneissosity of the enderbite-gneiss complex of the Gaivoron-Zavaliie section are associated with its intersection of a dense network of fault zones and therefore this area refers to the area of development of highly dispersed metamorphic tectonites, rather than the stratigene rock strata, which some researchers try to call the «Salkovska Formation». The association of the iron-ore strata of the Bug mining region into the Pavlov rock strata of the Archean Dniester-Bug series is not correct, because the present overlapped section of such rock strata has been studied in the Moldovian structure in the GSZ structure, and it refers to the Bug series. However, the genesis of iron-ore rocks is disputable, so the authors consider it undesirable to include them in the CCS of the Ukrainian shield. The genesis of graphitic gneisses and quartzites of the Khaschevato-Zavaliiev suite is also disputable, which leads to the conclusion that it should be excluded from the CCS of the Ukrainian shield. With the exclusion of the Zelenolevadov, Bereznin, and Pavlov strata from the Dniester-Bug Series, only the strata of hyperstene and diopyroxene plagiogneisses and crystalline schists, called as Tyvrovka, remains in it. Its stratotype becomes the stratotype of the entire series, so the stratum "Tyvrov rock strata" can also be removed from the series. The authors conclude that the division of the Bug granulite complex into suites and rock strata is impracticable. When considering the division of the Bug granulite complex into series, it is shown that the concept "series" as set forth in the Stratigraphic Code of Ukraine, although it does not take into account the features of formation of the Archean series, however does not contradict them. Therefore, separation of the Dniester-Bug and Bug series of different composition and age is quite natural. Contrary to the opinions of some researchers on the continuous process of accumulation of sedimentary-volcanogenic rocks of the Middle Bug area, it is shown that the anomalies in the age distribution of clastogenic zircons from the rocks of the Gaivoron-Zavaliie and GSZ correspond to the global one and reflect a worldwide process of crustal formation, in which relatively quiet tectonic regimes alternated with periods of tectonic activation. During such periods, both magmatic and metasomatic processes and sedimentary-volcanogenic processes were activated. Materials of the study of the hafnium isotope composition from the zircons of the Dniester-Bug and Bug series rocks indicate a possible difference in the age of their formation of 600—700 Ma. The questions of the origin and rearrangement of the Bug granulite complex developed in the study area are also considered here.

Key words: Ukrainian Shield, Middle Bug area, the Bug granulite complex, series, formations, strata, banding, zircons.

References

- Artemenko, G.V., Shumlyanskyi, L.V., & Bekker, A.Yu. (2020). First Data on the Eoarchean (3.95 Ga) Rocks in the Basis of the Azov Block of the Ukrainian Shield. *Proceedings of the LII Tectonic Meeting, Moscow* (pp. 20—24) (in Russian).
- Artemenko, G.V., Shumlyanskiy, L.V., & Shvayka, I.A. (2014). The Late Paleoproterozoic tonalite gneisses of West-Azov block (Azov megablock of Ukrainian Shield). *Geologichnyi Zhurnal*, (4), 91—102. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814>. 2014.4.139191 (in Russian).
- Bogatyrev, V.F., Ionis, G.I., & Yentin, V.A. (1974). *Report on the results of geological prospecting and detailed geophysical studies for iron ores in the Middle Bug area in 1971—1974*. Book. 1. Kiev, Geofonds, 194 p. (in Russian).
- Vinogradov, G.G. (1970). On the Genesis of Pyroxene Gneisses and Some Issues of the Precambrian Stratigraphy of the Middle Bug area. In *Petrography of the Precambrian of the Russian Platform* (pp. 352—357). Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
- Vinogradov, G.G., Paliy, D.P., Entin, V.A., & Marinovich, B.A. (1976). *Geological map of the 1:50 000 area on Sheets M-36-122-B, G*. Report of GSP N 37. Vol. 1, 185 p. (in Russian).
- Venidiktov, V.M. (1986). *Polycyclic development of granulite facies*. Kiev: Naukova Dumka, 268 p. (in Russian).
- Berzenin, B.Z. (Comp.). (1988). Geological map of the Precambrian formations of the Dnieper and Azov areas of the Ukrainian shield. 1:200 000.

- PGO Yuzhukrgeologiya, Novomoskovsk Geological Exploration Expedition (in Russian).
- Geological Dictionary. Vol. 2. (1973). Moscow: Nedra, P. 373 (in Russian).
- Gintov, O.B. (2012). Precambrian of the Ukrainian Shield and Plate Tectonics. *Geofizicheskij Zhurnal*, 34(6), 3—21. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v34i6.2012.116694> (in Russian).
- Gintov, O.B. (2019). Plate-plume tectonics as an integrated mechanism of geodynamic development of the tectonosphere of Ukraine and adjacent regions. *Geofizicheskij Zhurnal*, 41(6), 3—34. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i6.2019.190064> (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. (2014). Scheme of periodization of faulting stages in the Earth's crust of the Ukrainian shield — new data. *Geofizicheskij Zhurnal*, 36(1), 3—18. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v36i1.2014.116145> (in Russian).
- Gintov, O.B. (2022). What happened to the Early Precambrian granulite complexes of the Bug region (Ukrainian shield) and the Limpopo belt (South Africa) and how to stratify them? A tectonist's view. *Geofizicheskij Zhurnal*, 44(1), 55—82. <https://doi.org/10.24028/gzh.v44i1.253711> (in Ukrainian).
- Gintov, O.B., Entin, V.A., & Isay, V.M. (1985). New data on the formation features of the folded structure of magnetite deposits of the Middle Bug area. *Doklady AN USSR, Ser. B*, (4), 24—30 (in Russian).
- Gintov, O.B., Entin, V.A., Mychak, S.V., Pavlyuk, V.N., & Guskov, S.I. (2018). Unique basite-metabasite structures of the Pobuzhsky ore mining region, their geological significance and ore-bearing prospects (by geophysical and geological data). *Geofizicheskij Zhurnal*, 40(3), 3—26. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i3.2018.137170> (in Russian).
- Gintov, O.B., Entin, V.A., Mychak, S.V., Pavlyuk, V.N., & Zyuultse, V.V. (2016). Structural-petrophysical and tectonophysical base of geological map of crystalline basement of the central part of Golovanevsk suture zone of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskij Zhurnal*, 38(3), 3—28. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i3.2016.107777> (in Russian).
- Gintov, O.B., Entin, V.A., Mychak, S.V., & Farfuliak, L.V. (2020). The Bug mining area of the Ukrainian shield. Structural-petrophysical map of the crystalline basement and some problems of the Early Precambrian geology. *Geofizicheskij Zhurnal*, 42(3), 16—46. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i3.2020.204699> (in Ukrainian).
- Gintov, O.B., & Isay, V.M. (1988). *Tectonophysical Studies of the Consolidated Crust Fractures*. Kiev: Naukova Dumka, 228 p. (in Russian).
- Gintov, O.B., & Mychak, S.V. (2011). Stressed states and deformations of the earth's crust of the central part of the Ingul megablock according to the materials of the tectonophysical study of the Novoukrainsky massif. *Geofizicheskij Zhurnal*, 33(2), 28—45. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i2.2011.117289> (in Russian).
- Gintov, O.B., Orlyuk, M.I., Entin, V.A., Pashkevich, I.K., Mychak, S.V., Bakarzhieva, M.I., Shimkiv, L.M., & Marchenko, A.V. (2018). The structure of the Western and Central parts of the Ukrainian shield. Controversial issues. *Geofizicheskij Zhurnal*, 40(6), 3—29. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i6.2018.151000> (in Ukrainian).
- Gordienko, V.V. (2007). *Advection-Polymorphic Hypothesis of Deep Processes in Tectonosphere*. Kiev: Korvin Press, 170 p. (in Russian).
- Usenko, I.S. (Ed.). (1985). *Granulite Facies of the Ukrainian Shield*. Kiev: Naukova Dumka, 220 p. (in Russian).
- State Geological Map of Ukraine. Scale 1:200 000. Geological Map and Map of the Crustal Foundation. Central-Ukrainian series. Sheet M-36-XXXI (Pervomaisk). (2004). Ukrainian Ministry of Ecology and Natural Resources Ukraine, State Geology Service, Kyiv (in Ukrainian).
- State Geologic Map of Ukraine. Scale 1:200 000. Geological map and map of the mineral resources of the crystalline foundation. Central Ukrainian series. Sheet M-35XXXVI (Gayvoron). (2010). Ukrainian Ministry of Ecology and Natural Resources Ukraine, State Geological Service, Kyiv (in Ukrainian).

- Dobretsov, N.L. (1981). Principles of isolation and classification of metamorphic formations and problems of formation studies. In *Metamorphic formations (principles of allocation and classification: Proceedings of the Institute of Geology and Geophysics, Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences* (Is. 488, pp. 6—36). Novosibirsk: Nauka (in Russian).
- Dovgan, R.N., Entin, V.A., & Pavlyuk, V.N. (2006). Bandurovka paleovolcanic structure and associated prospects for diamondbearings. *Mineral Resources of Ukraine*, (4), 22—28 (in Russian).
- Entin, V.A. (1987). Structural and tectonic features of the crystalline basement and predictive assessment for magnetite ores of deposits of the Middle Bug region (according to geological and geophysical data). *Extended abstract of Doctor's thesis*. Sciences. Kyiv, 32 p. (in Russian).
- Entin, V.A., Gintov, O.B., Myschak, S.V., & Yushin, A.A. (2015). The structure of the Moldovan iron ore deposit (The Ukrainian shield) according to geological-geophysical data and its possible endogenous nature. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 37(4), 3—18. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i4.2015.111118> (in Russian).
- Study of the substance of metamorphic, ultramamorphic, intrusive and metasomatic formations of the Precambrian basement of the Middle Bug area. (1990). IGFM NASU of Ukraine, Report on the Economic Contract with the Right-Bank Geological Expedition for 1985—1990. Supervised by I.B. Scherbakov, V.V. Ryabokon. Kiev, Ukrgeolfond, 450 p. (in Russian).
- Ionis, G.I., Entin, V.A., & Grinin, R.I. (1986). Report on prospecting and evaluation works at the Moldovan iron-ore deposit in 1981—1986. Vol. 1. Kiev, Geolfonds, 152 p. (in Russian).
- Kirilyuk, V.P. (2020). On some aspects of the study of age ratios of rock complexes of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 42(2), 108—137. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i2.2020.201745> (in Russian).
- Kirilyuk, V.P. (1986). On the stratotypic areas and stratotypes of the Precambrian of the western part of the Ukrainian Shield. *Geologicheskii Zhurnal*, (2), 36—46 (in Russian).
- Kirilyuk, V.P. (2010). The Bug granulite complex. In *Granulite Structural and Formational Complexes of the Ukrainian Shield — European Stratotype* (pp. 8—63). Lviv: ZUGC (in Russian).
- Kirilyuk, V.P. (1982). Stratigraphy of the Precambrian of the Western Part of the Ukrainian Shield (on the Formation Basis). Article 2: Late Archean and Proterozoic Formations and a Consolidated Stratigraphic Chart. *Geologicheskii Zhurnal*, (4), 30—41 (in Russian).
- Kyrylyuk, V.P. (2015a). Once Again About the Problems of Stratigraphy of the Bug Granulite Complex (for the Compilation of the New Regional Stratigraphic Scheme of the Lower Precambrian of the Ukrainian Shield). Article 2: The Relationship of the suits of the Bug Stratigraphic Complex. *Zbirnyk naukovykh prats' UkrDHRI*, (3), 147—168 (in Ukrainian).
- Kyrylyuk, V.P. (2015b). Once again about the problems of stratigraphy of the Bug granulite complex (for the formation of a new regional stratigraphic scheme of the Lower Precambrian of the Ukrainian Shield). Article 3, Volume of the Bug Stratigraphic Complex and the Problem of its Series. *Zbirnyk naukovykh prats' UkrDHRI*, (4), 133—144 (in Ukrainian).
- Kyrylyuk, V.P. (2016). Once again about the problems of stratigraphy of the Bug granulite complex (for the formation of a new regional stratigraphic scheme of the Lower Precambrian of the Ukrainian Shield). Article 4. The Place of the Bug Stratigraphic Complex in the General Geochronologic Pre-Cambrian Scale. *Zbirnyk naukovykh prats' UkrDHRI*, (1), 90—108 (in Ukrainian).
- Kirilyuk, V.P., & Zhulanova, I.L. (2013). Stratigraphic schemes of the Lower Precambrian of Russia and Ukraine: comparison, analysis of differences and ways of convergence. *Geologichnyi Zhurnal*, (2), 89—120 (in Russian).
- Kirilyuk, V.P., & Paranko, I.S. (2014). Stratigraphic complexes — the basis of the stratigraphic scheme of the Precambrian of the Ukrainian Shield. Article 1. Methodological aspects of the creation of a general stratigraphic scheme of the Precambrian of the Ukrainian Shield. *Zbirnyk naukovykh prats' UkrDHRI*, (3-4), 70—87 (in Ukrainian).
- Correlation Chronostratigraphic Scheme of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield (Explanatory Note). (2004). Executant, K.Yu. Yespichuk, O.B. Bobrov, L.M. Stepanyuk and

- others. Kyiv: UkrDGRI, 30 p. (in Ukrainian).
- Kostyuchenko, V.S., Zyltze, V.V., Vykhodtsev, N.K., & Fedorov, A.V. (1990). *Geological Structure and Mineral Resources of the Middle Bug area. Report on depth geologic mapping at a scale of 1:200 000 on sheet M-36-XXXI*. Vol. 1 Kyiv, Ukrgeolfond, 338 p. (in Russian).
- 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 the Formation Base). *Geologicheskii Zhurnal*, 46(2), 18—26 (in Russian).
- Lazko, E.M., Kirilyuk, V.P., Sivoronov, A.A., & Yatsenko, G.M. (1975). The Lower Precambrian of the Western Part of the Ukrainian Shield. Age Complexes and Formations. Lvov: Vyshcha Shkola, 239 p. (in Russian).
- Lesnaya, I.M., & Kasyanenko, E.O. (2015). Accessory zircon (composition, isotopic age) from the enderbites of the Litin block (USh). *Heokhimiya ta rudoutvorenniya*, 35, 29—36 (in Russian).
- Lobach-Zhuchenko, S.B., Arestova, N.A., Vrevskii, A.B., Egorova, Yu.S., Baltybaev, Sh.K., Balagansky, V.V., Bogomolov, E.S., Stepanyuk, L.M., Yurchenko, A.V. (2014). Origin of crystalline schists of the Bug granulite complex of the Ukrainian Shield. *Regional'naya geologiya i metallogeniya*, (59), 1—13 (in Russian).
- Lobach-Zhuchenko, S.B., Balagansky, V.V., Baltybaev, Sh.K., Stepanyuk, L.M., Ponomarenko, A.N., Lokhov, K.I., Koreshkova, M.Y., Yurchenko, A.V., Egorova, Yu.S., Sukach, V.V., Berezhnaya, N.G., & Bogomolov, E.S. (2013). Stages of formation of the Bug Area Granulite Complex by the data of isotopic-geochronological investigations (the Middle Bug Area, Ukrainian Shield). *Mineralogical Journal*, 35(4), 87—99 (in Russian).
- Lobach-Zhuchenko, S.B., Balagansky, V.V., Korshkova, M.Yu., Lokhov, K.I., Baltybaev, Sh.K., Stepanyuk, L.M., Egorova, Yu.S., Sergeev, S.A., Kapitonov, I.N., Galankina, O.L., Bogomolov, E.S., Berezhnaya, N.G., & Sukach, V.V. (2017a). Paleoarchean orthopyroxenites of the Bug granulite-gneissic region of the Ukrainian Shield. *Doklady AN*, 474(6), 731—736 (in Russian).
- Lobach-Zhuchenko, S.B., Baltybaev, Sh.K., Glebovitsky, V.A., Sergeev, S.A., Lokhov, K.I., Egorova, Y.S., Balagansky, V.V., Skublov, S.G., Galankina, O.L., & Stepanyuk, L.M. (2017b). U-Pb-Shrimp-II age and origin of zircon from leucosolite of the Bug Paleoarchean Complex (Ukrainian Shield). *Doklady AN*, 477(5), 567—571 (in Russian).
- Lobach-Zhuchenko, S.B., Egorova, Yu.S., Yurchenko, A.V., Balagansky, V.V., Artemenko, G.V., Chekulaev, V.P., & Arestova, N.A. (2009). Biotite-garnet gneisses — a product of the tectonic-metamorphic reworking of ancient tonalites: mineral composition, characteristics and process age (Vasilkov area of the Orekhovo-Pavlograd zone). *Mineralogical Journal*, 31(1), 3—10 (in Russian).
- Lukienko, O.I., Kravchenko, D.V., & Sukhorada, A.V. (2008). *Dislocation Tectonics and Tectonofacies of the Precambrian of the Ukrainian Shield*. Kyiv: VPC «Kyiv University», 279 p. (in Ukrainian).
- Luchitskiy, V.I. (1939). *Stratigraphy of the Precambrian of the Ukrainian Crystalline Massif. In Stratigraphy of the USSR. Vol. 1. Pre-Cambrian of the USSR* (pp. 81—162). Moscow-Leningrad: Publ. House of the Academy of Sciences of the USSR (in Russian).
- Lysak, A.M., Pashchenko, V.G., & Zyltze, V.V. (1983). Formational affiliation and stratigraphic position of iron-siliceous formations of the Pavlov group of magnetic anomalies (Middle Bug). *Geologicheskii Zhurnal*, (5), 99—109 (in Russian).
- Mikhaylov, D.A. (1983). *Metasomatic origin of ferruginous quartzites Pre-Cambrian*. Leningrad: Nauka, 168 p. (in Russian).
- Mychak, S.V. (2019). Structural Peculiarities and Kinematic Development of the Earth's Crust of the Western Part of the Ukrainian Shield. *Doctor's thesis*. Kiev, 364 p. (in Ukrainian).
- Mychak, S.V., Bakarzhieva, M.I., Marchenko, A.V., Reshetnyk, M.M., Farfuliak, L.V., Orlyuk, M.I., & Gintov, O.B. (2021). Gaivoron—Zavallia section of the Middle Pobuzhzhia is the most representative part of the granulite complex of the Ukrainian Shield (structural-tectonophysical results and magnetometric studies). *Geofizicheskii Zhurnal*, 43(4), 42—75. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i4.239958> (in Ukrainian).

- Mychak, S.V., Murovskaya, G.V., Polyachenko, E.B., & Belskyi, V.M. (2018). Stress-deformed state of the Earth crust of the Bug mining area in the section Gayvoron—Zavalye. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 40(2), 95—107. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i2.2018.128933> (in Ukrainian).
- Nechaev, S.V., Semka, V.A., & Boyko, A.K. (1990). On the Time of Formation of Skarns of the Ukrainian Shield. *Geologicheskii Zhurnal*, (3), 41—144 (in Russian).
- Nechaev, S.V., Gintov, O.B., & Mychak, S.V. (2019a). On the relation between the rare-earth — rare-metal and gold ore mineralization and fault-block tectonics of the Ukrainian Shield. 1. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 41(1), 3—32. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158861> (in Russian).
- Nechaev, S.V., Gintov, O.B., & Mychak, S.V. (2019b). On a link of rare earth-rare metal and gold-ore mineralization with fault-block tectonics of the Ukrainian shield. 2. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 41(2), 58—83. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i2.2019.164450> (in Russian).
- Patalakha, E.I. (1979). *Mechanism of occurrence of flow structures in compression zones*. Alma-Ata: Nauka, 216 p. (in Russian).
- Ponomarenko, O.M. (Ed.) (2011). *Petrology and Geochemistry of Charnokitoids of the Ukrainian Shield*. Kyiv: Naukova Dumka, 216 p. (in Russian).
- Ponomarenko, A.N., Stepanyuk, L.M., & Shumlyansky, L.V. (2014). Geochronology and Geodynamics of the Paleoproterozoic of the Ukrainian Shield. *Mineralogical Journal*, 36(2), 48—61 (in Russian).
- Ponomarenko, A.N., Gintov, O.B., & Stepanyuk, L.M. (2018). On the so-called «leuko-granulite formation» and «greenlevada suite» of Early Precambrian of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 40(5), 47—70. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i5.2018.147474> (in Russian).
- Slenzak, O.I. (1965). *About the structure of the Ukrainian Precambrian (in the example of the southeastern part of the Ukrainian crystalline shield)*. Kyiv: Naukova Dumka, 139 p. (in Ukrainian).
- Stepanyuk, L.M. (2000). Geochronology of the Precambrian of the Western Part of the Ukrainian Shield (Archean-Paleoproterozoic). *Doctor's thesis*. Kyiv, 290 p. (in Ukrainian).
- Stepanyuk, L.M. (2020). Granulite association of the Bug area: stratigraphy or geochronology. *Theses of International Scientific Conference «Precambrian: rock associations and their ore-bearing capacity»*. Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Mining named after M.P. Semenenko of the National Academy of Sciences of Ukraine, 22—24 November 2020 (pp. 26—29) (in Ukrainian).
- Stepanyuk, L.M. (2017). Comments on V.P. Kirilyuk «Open letter to the members of the Bureau of the National Stratigraphic Committee of Ukraine and Precambrian geologists». *Geological Journal*, (4), 100—112 (in Ukrainian).
- Stepaniuk, L.M. (1997). The Metasomatic Nature of Biotite and Biotite and Biotite Garnet Gneisses of the Middle Bug area. *Dopovidi NAN Ukrainy*, (1), 133—136 (in Ukrainian).
- Stepanyuk, L.M. (2018). Problems of stratigraphy and geochronology of the Ukrainian Shield. *Mineralogical Journal*, 40(1), 16—31. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.01.016> (in Ukrainian).
- Stepanyuk, L.M., & Hrinchenko, O.V. (2019). Some debatable issues about the stratigraphy of Bug area granulite complex. *Mineralogical Journal*, 41(2), 95—99. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.41.02.095> (in Ukrainian).
- Stepanyuk, L.M., Ponomarenko, O.M., Petrichenko, K.V., Kurilo, S.I., Dovbush, T.I., Sergeev, S.A., & Rodionov, M.V. (2015). Uranium-lead isotopic geochronology of berdichiv type granitoids of the Bug area (the Ukrainian Shield). *Mineralogical Journal*, 37(3), 51—66. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.37.03.051> (in Ukrainian).
- Stepanyuk, L.M., Skobelev, V.M., Dovbush, T.I., & Ponomarenko, O.M. (2004). Uranium-lead isotopic age of monazite and clastogenic zircon from quartzite of Koshar-Olexandriv suite — aged interval of formation of rocks of the Bug series. *Zbirnyk naukovykh prats' UkrDHRI*, (2), 43—50 (in Ukrainian).
- Stepanyuk, L.M., Shumlyansky, L.V., Ponomarenko, O.M., Dovbush, T.I., & Visotsky, O.B.

- (2010). To the question about the Aged border of Koshar-Olexandriv Formation of the Bug-Series of the Bug area. *Heokhimiya ta rudoutvorennya*, (28), 4—10 (in Ukrainian).
- Gozhik, P.F. (Ed.). (2012). *Stratigraphic Code of Ukraine*. Kyiv, 66 p. (in Ukrainian).
- Usenko, O.V. (2019). *Geodynamic process and fluid regime of the Archean*. Palmarium Academic Publishing, 121 p. (in Russian).
- Usenko, O.V. (2022). Evolution of the Mantle Fluids Composition in the Precambrian (on the example of the Ukrainian shield ferruginous formation). *Geofizicheskiy Zhurnal*, 44(2), 3—28. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i2.256263> (in Ukrainian).
- Usenko, O.V. (2021a). Present structure of the Near-Bug area: conditions of formation and history of development. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 43(2), 96—115. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i2.230191> (in Russian).
- Usenko, O.V. (2021b). Tonalite-trondjemite-granodiorite formation of the Archean. Special features of composition and conditions of formation, Ukrainian Shield as an example. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 43(1), 38—68. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v43i1.2021.225541> (in Russian).
- Usenko, O.V. (2015). Conditions of formation of ferruginous rocks of the Middle Bug area. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 37(4), 32—50. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i4.2015.111122> (in Russian).
- Cherednichenko, A.I. (1964). *Tectonophysical Conditions of Mineral Transformations in Solid Rocks*. Kiev: Naukova Dumka, 184 p. (in Russian).
- Shakina, K.A., & Skakun, L.Z. (2010). Mineral Composition and Formation Processes of the grafite bearing rocks of Zavallya grafite deposit: *Proc. of the International Scientific-Practical Conference «Stratigraphy, Geochronology and Correlation of the Lower Pre-Cambrian Rock Complexes of the East European Platform»*. Kyiv: Publ. UkrNIGRI, 252 p. (in Ukrainian).
- Shevchuk, V.V., Lavreniuk, M.V., & Kravchenko, D.V. (2013). *Fundamentals of Structural Analysis*. Kyiv: Publishing Poligrafic Center «Kyiv University», 287 p. (in Ukrainian).
- Shumlyanskyi, L.V. (2012a). Age and isotopic composition of hafnium in zirconium from the Middle Bug area quartzites of the Ukrainian Shield. *Heokhimiya ta rudoutvorennya*, (31-32), 136—142 (in Ukrainian).
- Shumlyanskyi, L.V. (2012b). Geochemistry of pyroxene plagiogenesis (enderbits) of the Bug area and Hf isotope composition in zircons. *Mineralogical Journal*, 34(2), 64—79 (in Ukrainian).
- Shcherbak, N.P., Artemenko, G.V., Lesnaya, I.M., & Ponomarenko, A.N. (2005). *Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield*. Archaea. Kiev: Naukova Dumka, 243 p. (in Russian).
- Shcherbak, N.P., Artemenko, G.V., Lesnaya, I.M., Ponomarenko, A.N., & Shumlyansky, L.V. (2008). *Geochronology of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield*. Proterozoic. Kiev: Naukova Dumka, 240 p. (in Russian).
- Shcherbakov, I.B. (2000). Evolution of Magmatism of the Ukrainian Shield. *Mineralogical Journal*, 22(2-3), 36—47 (in Russian).
- Shcherbakov, I.B. (2005). *Petrology of the Ukrainian Shield*. Lvov: ZUGC, 366 p. (in Russian).
- Yushin, A.A. (2015). On the prospects of identifying magmatogene-hydrothermal iron-ore deposits in the Ukrainian Shield. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 37(4), 19—31. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i4.2015.111121> (in Russian).
- Yaroshchuk, M.A., & Yaroshchuk, E.A. (1989). Diafluorites of the southwestern margin of the Ukrainian Shield and their ore content. *Geologiya rudnykh mestorozhdeniy*, XXXI(3), 74—81 (in Russian).
- Yaroshchuk, M.A., Bogatyrev, V.F., & Epatko, Yu.M. (1982). Iron Ore Formations of the Western Part of the Ukrainian Shield. *Geologicheskiy Zhurnal*, 42(3), 48—60 (in Russian).
- Belousova, E.A., Kostitsyn, Y.A., Griffin, W.L., Begg, G.C., O'Reilly, S.Y., & Pearson, N.J. (2010). The growth of the continental crust: constraints from zircon Hf-isotope data. *Lithos*, 119, 457—466. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2010.07.024>.
- Bucher, K., & Grapes, R. (2011). *Petrogenesis of Metamorphic Rocks*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 428 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-74169-5>.

- Condie, K.C. (2011). *Earth and evolving planetary system*. Elsevier, 574 p.
- Glikson, A.Y. (1972). Early Precambrian evidence of a primitive oceanic crust and island nucleus of cordierite granite. *Geological Society of America Bulletin*, 83, 3323—3334. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1972\)83\[3323:EPEOA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1972)83[3323:EPEOA]2.0.CO;2).
- Griffin, W., Belousova, E., O'Neill, C., O'Reilly, S.Y., Malkovets, V., Pearson, N., Spetsius, S., & Wilde, S. (2014). The world turns over: Hadean-Archean crust-mantle evolution. *Lithos*, 189, 2—15. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2013.08.018>.
- Lobach-Zhuchenko, S.B., Balagansky, V.V., Baltybaev, Sh.K., Bibikova, E.V., Chekulaev, V.P., Yurchenko, A.V., Arestova, N.A., Artemenko, G.V., Egorova, Yu.S., Bogomolov, E.S., Sergeev, S.A., Skublov, S.G., & Presnyakov, S.L. (2014). The Orekhov-Pavlograd Zone, Ukrainian Shield: Milestones of its evolutionary history and constraints for tectonic models. *Precambrian Research*, 252, 71—87. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2014.06.027>.
- Lobach-Zhuchenko, S.B., Kaulina, T.V., Baltybaev, S.K., Balagansky, V.V., Egorova, Y.U., Lokhov, K.I., Skublov, S.G., Sukach, V.V., Bogomolov, E.S., Stepanyuk, L.M., Galankina, O.L., Berzhnaya, N.G., Kapitonov, I.N., Antonov, V.A., & Sergeev, S.A. (2016). The long (3.7—2.1 Ga) and multistage evolution of the Bug Granulite-Gneiss Complex, Ukrainian Shield, based on the SIMS U-Pb ages and geochemistry of zircons from a single sample Crust-Mantle Interactions and Granitoid Diversification. In J. Halla, M.J. Whitehouse, T. Ahmad, Z. Bagai (Eds.), *Insights from Archaean Cratons*. Geol. Soc., London, Spec. Publ., 449. <https://doi.org/10.1144/SP449.3>.
- Mason, R. (1973). The Limpopo mobile belt Southern Africa. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A*, 273, 463—485.
- Rollinson, H.R. (2007). *Early Earth systems: a geochemical approach*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 289 p.
- Wyllie, P.J. (1977). Effects of H₂O and CO₂ on magma generation in the crust and mantle. *Journal of the Geological Society*, 134, 215—234.