

Тектонофізика і структурна геологія (стосовно вивчення раннього докембрію України)

О.Б. Гінтов, 2025

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Україна, Київ
Надійшла 2 червня 2025 р.

У глибоко метаморфізованих і дислокованих товщах докембрію повністю втрачені ознаки первинного генезису, їх а перекристалізація часто повністю знищує сліди попередніх деформацій.

В. Венідиктов, 1986, с. 35

Розглянуто проблеми вивчення і картування ранньодокембрійського кристалічного фундаменту Українського щита з позиції нових досягнень тектонофізичних і структурно-геологічних досліджень, які виконуються в Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України (перші) і Київському національному університеті імені Тараса Шевченка (другі). Позиції обох підходів до проблеми збігаються, тому їх потрібно об'єднувати, скоригувавши деякі розбіжності в термінології.

Показано, що при побудові геологічних карт і карт корисних копалин кристалічного фундаменту Українського щита масштабів 1:200 000 і 1:50 000 не враховувались, як основні, субгоризонтально зсувні та стресметаморфічні процеси, зсувна складчастість, насуви і підсуви; не приділялася відповідна увага зонам розломів як зонам зсуву (shear zone), котрі мають ширину 10 км і більше, складну внутрішню структуру та особливе породне заповнення. Не враховувалося, що більша частина кристалічного фундаменту Українського щита повністю перебудована у ранньому протерозої і структура, яку ми бачимо тепер, є новою, накладеною. Переважно ми маємо справу з ранньопротерозойською складчастістю субгоризонтального тиску і зсуву, яка змінює і стирає попередні структури. Архейські породи в межах значної частини щита залишилися тільки у вигляді декількох невеликих масивів, смужок, лінз, шлірових включень та у накладених ранньопротерозойських структурах зазвичай переорієнтованих згідно з напрямком останніх. Стратиграфічні колонки ранньодокембрійських комплексів на виданих картах не позбулися впливу стратигенно-метаморфогенного підходу, за яким первинні архей-ранньопротерозойські осадово-вулканогенні породи, що складали горизонтальні шари, були зім'яті в синкліналі та антикліналі з субгоризонтальними шарнірами, і їх відносний вік можливо встановити, вивчаючи такі складки і використовуючи ізотопно-геохронологічні дослідження як допоміжні або другорядні. Насправді, як встановлено сучасними тектонофізичними і структурно-геологічними дослідженнями, про які йдеться, архейський структурний план більшості районів Українського щита був декілька разів перебудований, починаючи з неоархею, і вертикальні зрізи кори, що спостерігаються у відслоненнях, являють собою монокліналі з субвертикальношаруватою будовою. Ранньопротерозойська зсувна складчастість, яка формувалася в таких умовах, була субвертикальношарнірною. Наведено модель і приклади подібних складок.

Citation: Gintov, O.B. (2025). Tectonophysics and structural geology (to the study of the early Precambrian of Ukraine). *Geofizychnyi Zhurnal*, 47(4), 61—89. <https://doi.org/10.24028/gj.v47i4.331592>.

Publisher Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine, 2025. This is an open access article under the CC BY-NC-SA license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

Все це веде до висновку, що видані геологічні карти і карти корисних копалин кристалічного фундаменту Українського щита масштабу 1:200 000 потрібно перескласти, залишивши склад порід, їх структурно-текстурні особливості, характер метаморфічних і геохімічних процесів, зруденіння, елементи залягання — все те, що можна було встановити у відслоненнях і свердловинах. Принцип перебудови карт повинен бути не стратиграфічним, а хронологічним. Легенди до карт кристалічного фундаменту Українського щита повинні бути схожими з легендами до карт інших докембрійських кратонів. Це було ухвалено ще рішенням ранньодокембрійської секції Національного стратиграфічного комітету України і затверджено на бюро 13 червня 2003 р., але не виконувалось.

Ключові слова: Український щит, тектонофізика, структурна геологія, дислокаційна тектоніка, стресметаморфізм.

Вступ. Порушене свого часу питання про необхідність перескладання геологічних карт і карт корисних копалин кристалічного фундаменту Українського щита (УЩ) масштабів 1:200 000 і 1:50 000 [Гинтов и др., 2017; Гинтов, Усенко, 2022; Гинтов, Мичак, 2024а] набуває дедалі більшого значення тому, що старі-нові дані, які свого часу вступали у протиріччя з існуючими інструкціями і традиціями складання цих карт, вийшли на поверхню у вигляді численних статей, книг і навіть підручників, але не можуть пробитися у керівні голови через їхнє самозаспокоєння та інертність.

Ці «старі-нові» дані стосуються переважно *тектонофізики*, яка розвивається в Інституті геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, і *структурної геології*, яка у ХХІ ст. зайняла почесне місце на геологічному факультеті Київського національного університету імені Тараса Шевченка (КНУ). Автор має на увазі навчальні посібники і підручники з структурної геології, а також монографії, видані вже в цьому сторіччі докембристами КНУ [Шевчук, Михайлов, 2005; Лукієнко, 2008; Лукієнко та ін., 2008, 2014, 2018; Шевчук та ін., 2013].

У тектонофізиці і структурній геології дещо різні підходи до вивчення будови земної кори України, але цим підходам потрібно об'єднатися, тому що тектонофізики не пишуть підручників, а лише статті та монографії, тоді як нова структурна геологія викладається у підручниках і посібниках. За ними навчаються сучасні студенти — майбутні геологи і геофізики, тому потрібно відкинути подалі свої амбіції і пристосовуватися до деяких нових

формулювань. Коли автор і його колеги [Гинтов, Исай, 1988; Гинтов и др., 1990; Гинтов, 2005] почали тектонофізичне вивчення докембрію УЩ, вони скористалися відомими тоді тектонофізичними роботами Е.М. Андерсона, М.В. Гзовського, С.С. Стоянова і пристосували їхні формулювання для докембрійського фундаменту, хоча ці формулювання відпрацьовувалися переважно на більш молодих комплексах порід. Але тектоніка докембрію, зокрема УЩ, має свої особливості, які не можна не враховувати.

Обидві проблеми: 1) необхідність перескладання геологічних карт і карт корисних копалин кристалічного фундаменту УЩ, 2) вихід у світ українських підручників з структурної геології, які стосуються, зокрема, геології кристалічного фундаменту, виявилися тісно пов'язаними між собою.

Справа в тому, що в перелічених роботах науковців КНУ сучасна структура УЩ розглядається з позицій, не зовсім звичних для українських геологів старої школи, які зазвичай не розглядають субгоризонтальні зсувні процеси у докембрії, напружено-деформований стан і стресметаморфізм порід. У багатьох таких публікаціях головна увага приділяється класичним регіональному, зональному та регресивному метаморфізму, залежності їх від температури і тиску, тобто від глибини, і не враховується, що останні $\geq 2,5$ млрд років УЩ переформовувався під дією субгоризонтальних сил і рухів, перетворюючись, за виразом О.І. Слензака, у «вертикально-шарувате середовище» [Слензак, 1965]. Не випадково в монографії [Лукієнко та ін.,

2014, Ч. І], де розглядаються теоретичні та методологічні принципи тектонофаціального аналізу, у списку літератури є тільки посилання на чотирьох українських авторів — В.С. Заїку-Новацького, Є.І. Паталаху, О.І. Слензака та О.Б. Гінтова.

Обидва підходи мають свої переваги і недоліки. Перевага тектонофізики в тому, що вона використовує широкий комплекс геофізичних даних і відповідні методики геофізичних і тектонофізичних робіт, завдяки чому охоплює практично всю площу досліджуваних регіонів УЩ, хоча більша їх частина закрита мезокайнозоєм. Недоліком тектонофізики є те, що основними польовими інструментами дослідника є лише зір, гірничий компас і фотоапарат. Перевага польового геолога-структурника у тому, що крім цих інструментів, він ще має лупу, мікроскоп і відповідні методики досліджень. Але недоліком (вірніше бідою) структурної геології українського раннього докембрію є те, що структурник може працювати лише на відслоненнях, які займають менше 25 % території УЩ. Тому ми бачимо, що всі підручники та монографії з структурної геології УЩ базуються на відслоненнях Середнього і частково Верхнього Побужжя.

Щоб об'єднати тектонофізичний і структурно-геологічний підходи, потрібно розглядати чотири рівня досліджень — мікро-, мезо-, макро- і мегарівень. На першому рівні (міліметри, перші сантиметри) працюють тільки геологи-структурщики, а тектонофізики використовують їх дані; на другому (метри, десятки і перші сотні метрів) працюють і геологи-структурники, і тектонофізики; макрорівень (перші кілометри — до 10 км у попереку) — прерогатива тектонофізиків, які використовують комплекс геофізичних карт; і насамкінець мегарівень — побудова структурно-геологічних, тектонофаціальних, структурно-тектонофізичних карт району досліджень не можлива без геофізичних карт взагалі. Наприклад, у монографії [Лукієнко та ін., 2008] наведено тектонофаціальну схему Середнього Побужжя, побудовану, за твердженням авторів, з використан-

ням геологічної карти і карти корисних копалин листа М-36-XXXI (Первомайськ). Але ж і ця карта, і всі попередні геологічні карти Первомайського листа, зокрема Голованівської шовної зони, будувалися з урахуванням геофізичних карт, що мають високу детальність!

Нагадуючи про необхідність перебудови геологічних карт і карт корисних копалин кристалічного фундаменту УЩ, зазначимо, що це не стосується всього змісту існуючих карт. Склад порід, їхні структурно-текстурні особливості, характер метаморфічних і геохімічних процесів, зруденіння, елементи залягання — все те, що можна встановити у відслоненнях докембрійського кристалічного фундаменту і свердловинах, тут не обговорюється. Але ж геологічна карта — це і структурний план, це і тектонічне навантаження, це погляд автора і тих, хто складає інструкції, на історію розвитку регіону і всього щита в докембрії. Розглянемо ці питання докладніше.

Деякі елементи карт ранньодокембрійського фундаменту. Структурний план. Під ним автор цієї статті має на увазі відображення на карті ліній простягання порід, контурів геологічних тіл і розривних порушень, форми складок у плані, які в межах слабовідслоненого УЩ ні у відслоненнях, ні у свердловинах повністю без геофізики встановити неможливо. Геологи досить ефективно використовують карти аномального магнітного поля, але потрібно враховувати, що петромагнітні властивості порід достатньо консервативні і магнітні аномалії відображають, за досвідом автора, структурний план УЩ, який сформувався переважно в археї і ранньому протерозої, проте слабо реагують на більш пізні активізації.

Аномальне гравітаційне поле активніше реагує на деформаційні процеси у тектоносфері, тому на картах аномалій Буге території УЩ ми чітко спостерігаємо лінійні зони розломів, які виникли у археї—ранньому протерозої і активізувалися пізніше. Вони й утворюють мегаблоковий структурний план УЩ. Це проілюстровано в

статті [Гінтов та ін., 2018] у вигляді лінійних ступенів і мінімумів аномалій Буге протяжністю іноді до декількох сотень кілометрів. Магнітне поле здебільшого не суперечить цим даним, хоч і не так чітко, але доповнює їх матеріалами про різний склад порід мегаблоків за магнітними властивостями.

Мегаблокову структуру УЩ вперше було встановлено в роботах саме геофізиків — Г.К. Кужелова і К.Ф. Тяпкіна, раніше робіт Г.І. Каляєва [Каляев и др., 1980], Л.І. Красного (який ввів загальне поняття геоблокової подільності літосфери [Красный, 1984, 1993]) і В.С. Заїки-Новацького [Заика-Новацкий, 1993]. Г.К. Кужелов [Кужелов, 1957] першим за аеромагнітними і гравітаційними даними поділив УЩ на шість мегаблоків (блокових структур, за автором), які мали дещо інші контури і назви, ніж зараз. А К.Ф. Тяпкін з колегами [Тяпкін, 1965, 1966; Тяпкин и др., 1966, 1971] першими закартували всі головні глибинні зони розломів УЩ.

З того часу ця мегаблокова і розломна структура використовується, з деякими змінами, у більшості українських геологічних і геофізичних робіт тектонічного спрямування. Для території всієї України Схему розломної тектоніки представлено у роботі геофізиків [Єнтін та ін., 2002], а для УЩ, починаючи з 2004 р., геофізики незмінно використовують Схему розломно-блокової тектоніки зі статті [Гінтов, 2004] (рис. 1), яка дуже близька до Схеми глибинних розломів УЩ К.Ф. Тяпкіна [1966].

До речі, семімегаблокова структура УЩ, подібна до наведеної на рис. 1, розглядається і в статті [Stepanyik et al., 2019].

Тектонічне навантаження. Це питання стосується не тільки тектонічних карт, які додаються до основної геологічної карти кристалічного фундаменту масштабу 1:200 000, а й до самої карти будь-якого масштабу, враховуючи особливості тектоніки УЩ.

Для геологічного картування УЩ проблемою зон розломів і блокової подільності є розбіжності геологів і геофізиків у таких питаннях:

а) що є мегаблоком — площа розвитку структурно-формаційного комплексу

(СФК), чи площа, обмежена міжмегаблоковими зонами розломів;

б) оскільки мегаблоки УЩ формувалися і в архей, і в протерозой, то яку мегаблокову структуру потрібно показувати на картах — змішану архейсько-протерозойську чи останню — протерозойську;

в) що собою являє зона розломів.

Ці основні три питання іноді ставлять картувальників у глухий кут. На картах, розрізах і тектонічних схемах існують протиріччя і плутанина. Наприклад, у статті [Кирилюк, 2013] зони розломів січуть всі СФК, а два різні СФК об'єднані в єдиний (Бузько-Росинський) мегаблок; у статті [Костенко, Шутенко, 2018] ці протиріччя «сховані» в шовні зони, але Бузько-Росинський мегаблок залишається і Андрушівська зона січе грануліто-гнейсовий СФК Подільського мегаблоку. У цій же статті [Костенко, Шутенко, 2018] пропонується показувати на картах змішану (архейсько-протерозойську) мегаблокову структуру. Але це зовсім нереально: де взяти архейські розломи в центральній і західній частинах УЩ, які повністю перебудовані у ранньому протерозой? Отже, потрібно показувати останню — протерозойську. Ще приклад: на двох сусідніх виданих листах М-35-XXXVI (Гайворон) [Кислюк та ін., 2011] і М-36-XXXI (Первомайськ) [Державна ..., 2004] відображено різні, навіть протилежні погляди щодо тектонічних процесів у ранньому докембрії — блоковий і шар'яжний підходи. Це відбилося і на збивці карт: розломні зони, показані на одній карті, доходять до її рамки, але не продовжуються на другій.

Зони розломів. Останнє питання (в) є дуже важливим. Що являють собою зони розломів УЩ? Геологи зображають їх на картах тонкими лініями, вважаючи другорядними структурами, які лише «заважають» показувати основну геологічну інформацію. Свого часу автор цієї статті з колегами не врахували існуючого вже з 70—80-х років минулого століття поняття *shear zone* (зона зсуву) [Ramsay, 1980], яке включає в себе дуже широке коло властивостей, і розломи є лише одним з елементів

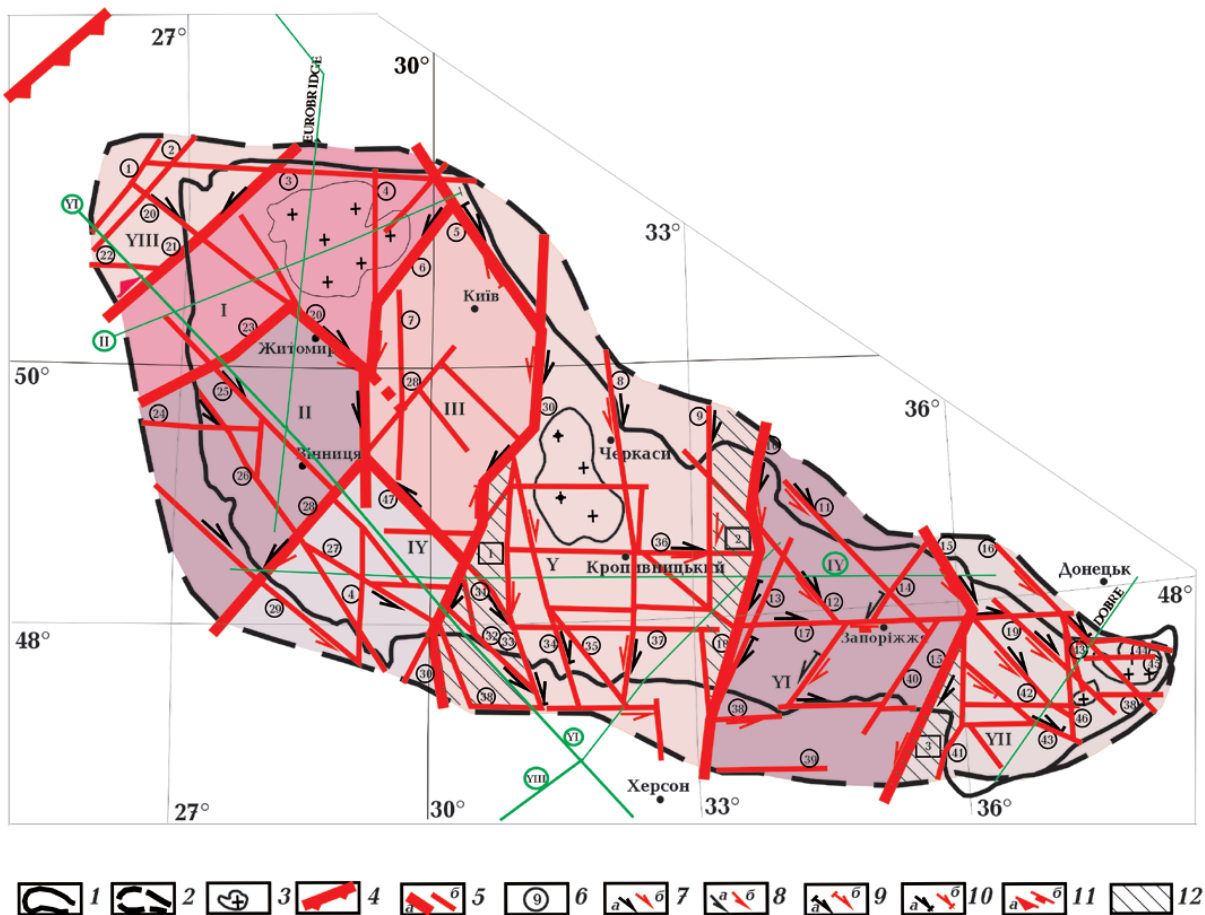


Рис. 1. Схема мегаблоків і зон розломів Українського щита та його схилів [Гинтов, 2004, 2005; Старостенко и др., 2011; Старостенко та ін., 2024]: 1 — контур відслоненої частини щита; 2 — контур схилів щита, у межах яких простежуються складчасті і розривні структури докембрійського фундаменту за геофізичними даними; 3 — плутони і великі інтрузивні масиви гранітоїдів; 4 — межа між Сарматією і Фенноскандією; 5 — зони розломів (а, б — між- і внутрішньомегаблокові відповідно); 6 — номери зон розломів; 7–11 — кінематичні знаки (7 — правий зсув (а — під час закладання, б — під час головної фази активізації), 8 — лівий зсув (а і б — те ж, що і в 7), 9 — підкидо-зсув (а і б — те саме, що і в 7), 10 — скидо-зсув (а і б — те ж, що і в 7), 11 — підкид (а) і скид (б)); 12 — шовні зони (цифри в квадратах) (1 — Голованівська, 2 — Інгuleцько-Криворізька, 3 — Оріхів-Павлоградська); 13 — трансрегіональний тектонічний шов Херсон—Смоленськ. Мегаблоки (кольори на рисунку не мають геологічного змісту, а лише слугують для виділення мегаблоків): I — Волинський, II — Подільський, III — Росинський, IV — Бузький, V — Інгuleцький, VI — Середньодніпровський, VII — Приазовський, VIII — Волино-Поліський вулcano-плутонічний пояс.

Зони розломів (арабські цифри в кружках): 1 — Горинська, 2 — Луцька, 3 — Поліська, 4 — Звіздаль-Заліська, 5 — Ядлів-Трахтемирівська, 6 — Чорнобильська, 7 — Брусилівська, 8 — Кіровоградська, 9 — Західноінгулецька, 10 — Криворізько-Кременчуцька, 11 — Дніпродзержинська, 12 — Світловодська, 13 — Саксаганська, 14 — Дерезуватська, 15 — Оріхів-Павлоградська, 16 — Центральноволноваска, 17 — Девладівська, 18 — Малоянисольська, 19 — Краснополянська, 20 — Сарненсько-Варварівська, 21 — Суцано-Пержанська, 22 — Володимир-Волинська, 23 — Тетерівська, 24 — Хмельницька, 25 — Хмільницька, 26 — Летичівська, 27 — Ободівська, 28 — Немирівська, 29 — Подільська, 30 — Тальнівська, 31 — Ємилівська, 32 — Врадівська, 33 — Первомайська, 34 — Звенигородсько-Братська, 35 — Новоукраїнська, 36 — Суботсько-Мошоринська, 37 — Бобринецька, 38 — Конкська, 39 — Горностаївська, 40 — Малокатеринівська, 41 — Азовсько-Павлівська, 42 — Куйбишевська, 43 — Сорокинська, 44 — Південнодонбаська, 45 — Верхньокомишуваска, 46 — Центральноприазовська, 47 — Дашівська. Кольори на рисунку не мають геологічного змісту, а лише слугують для виділення мегаблоків.

Fig. 1. Scheme of Domains and fault zones of the Ukrainian Shield and its slopes [Gintov, 2004, 2005; Starostenko et al., 2011, 2024]: 1 — contour of the outcrop part of the shield; 2 — contour of the shield slopes, within which

fold and fault structures of the Precambrian basement can be traced according to geophysical data; 3 — plutons and large intrusive massives of granitoids; 4 — boundary between Sarmatia and Fennoscandia; 5 — fault zones (a , b — inter- and intra-domains, respectively); 6 — fault zone numbers; 7–11 — kinematic indicators (7 — dextral thrust (a — during initiation, b — during the main phase of activation), 8 — sinistral thrust (a and b — same as in 7), 9 — inverse-and-strike-slip (a and b — same as in 7), 10 — normal and-strike-slip (a and b — same as in 7), 11 — inverse (a) and normal (b)); 12 — suture zones (numbers in squares) (1 — Golovanivsk, 2 — Ingulets-Kryv Rih, 3 — Orikhiv-Pavlohrad); 13 — Kherson- Smolensk trans regional fault zone. Domains (the colours in the figure have no geological meaning, but are used to highlight the Domains.): I — Volyn, II — Podolian, III — Ros, IV — Bug, V — Ingul, VI — Middle Dnieper, VII — Azov; VII — Peryazov; VIII — Volyno-Polissia volcanic-plutonic belt.

Fault zones (arabic numerals in circles): 1 — Goryn, 2 — Lutsk, 3 — Polissia, 4 — Zvizdal-Zalissya, 5 — Yadliv-Trakhtemyriv, 6 — Chornobyl, 7 — Brusyliv, 8 — Kirovohrad, 9 — Zakhidno-Ingulets, 10 — Kryvyi Rih-Kremen-chuk, 11 — Dniprodzerzhynsk, 12 — Svitlovodsk, 13 — Saksahansk, 14 — Derezuva, 15 — Orikhiv-Pavlohrad, 16 — Central Volnovakha, 17 — Devladiiv, 18 — Maloyansol, 19 — Krasnopoliansk, 20 — Sarny-Varvarivka, 21 — Sushchany-Perha, 22 — Volodymyr-Volynsk, 23 — Teteriv, 24 — Khmelnytskyi, 25 — Khmilnyk, 26 — Letychiv, 27 — Obodivka, 28 — Nemyriv, 29 — Podil, 30 — Talniv 31 — Yemyliv, 32 — Vradiyivka, 33 — Pervomaisk, 34 — Zvenyhorod-Bratsk, 35 — Novoukrainka, 36 — Subotsy-Moshoryno, 37 — Bobrynets, 38 — Konkska, 39 — Hornostaivka, 40 — Malokaterynivka, 41 — Azov-Pavlivka, 42 — Kuibyshevka, 43 — Sorokino, 44 — Pivdenodonbaska, 45 — Verkhnyokomyshuvakha, 46 — Central Azov, 47 — Dashivka. The colors in the figure have no geological meaning, but are used to highlight the megablocks.

зон зсуву. Типи, параметри і породне заповнення зон зсуву, залежно від PT -умов, швидкості та амплітуди рухів, кількості активізацій та іншого, можуть бути різними, але оскільки shear zones розвиваються довгий час, потрапляючи в різні умови, одна shear zone в структурному і породному сенсі може відображати всі наслідки зміни таких умов від вузьких крихких зон сколювання до широких зон сланцюватих і гнейсуватих порід. Зони зсуву можуть простягатися на сотні і тисячі кілометрів і мати ширину десятки кілометрів. Наприклад, Чарська та Іртиська зони зсуву Східного Казахстану завдовжки понад 1000 км мають ширину до 80—100 км [Буслов, 2008], тобто разом займають простір більш ніж половини УЩ. Зонам зсуву присвячено спеціальну монографію [Шерман и др., 1991], в якій розглянуто всі їх основні елементи. Найважливішу роль у зонах зсуву відіграє складчастість, про що йтиметься далі.

Використовуючи термін «зона розломів» (іноді скорочуючи до слова «розлом»), автор та його колеги якраз і мають на увазі те, що вкладається в поняття shear zone (зона зсуву). Зони розломів УЩ, маючи довгу історію розвитку, увібрали в себе всі ознаки зон зсуву — від вузьких зон псевдотахілітів і ультрамілонітів до широких (10 км і більше) зон розвитку гнейсів

і гранітогнейсів. І всі ці породи складають кожен таку зону розломів, відображаючи зміну швидкостей зсувних рухів, інтенсивності процесів стресметаморфізму, складу флюїдів та ін. До речі, першим в Україні на субгоризонтально зсувну тектоніку УЩ на прикладі Криворіжжя звернув увагу К.Ф. Тяпкін [Тяпкін, 1965], спираючись на роботу [Moody, Hill, 1956].

У принципі, таке поняття зони розломів близьке до поглядів, наведених у підручнику [Лукієнко, 2008] і монографії [Лукієнко та ін., 2018]. Розглядаючи Криворізьку-Кременчуцьку зону розломів (у монографії — зону зминання), автори показали, що вона містить у собі: 1) в'язкі розломи катазони-мезозони; 2) в'язкі кліважні розломи вторинної мезозони; 3) субв'язкі розломи вторинної епізони; 4) крихков'язкі розломи і прирозломні складки та флексури вторинної епізони; 5) крихкі розломи.

Потрібно пояснити: тектонофізики розглядають вертикальну зональність деформаційних процесів з позиції меж міцності порід земної кори за досить складними формулами [Гинтов, 2005], що не завжди легко сприймається геологами. Є.І. Паталаха, уточнюючи У. Грубенмана та П. Нігглі [Грубенман, Нігглі, 1933], запропонував розділяти земну кору за структурно-реологічними обставинами: на епізону (первинну і вторинну),

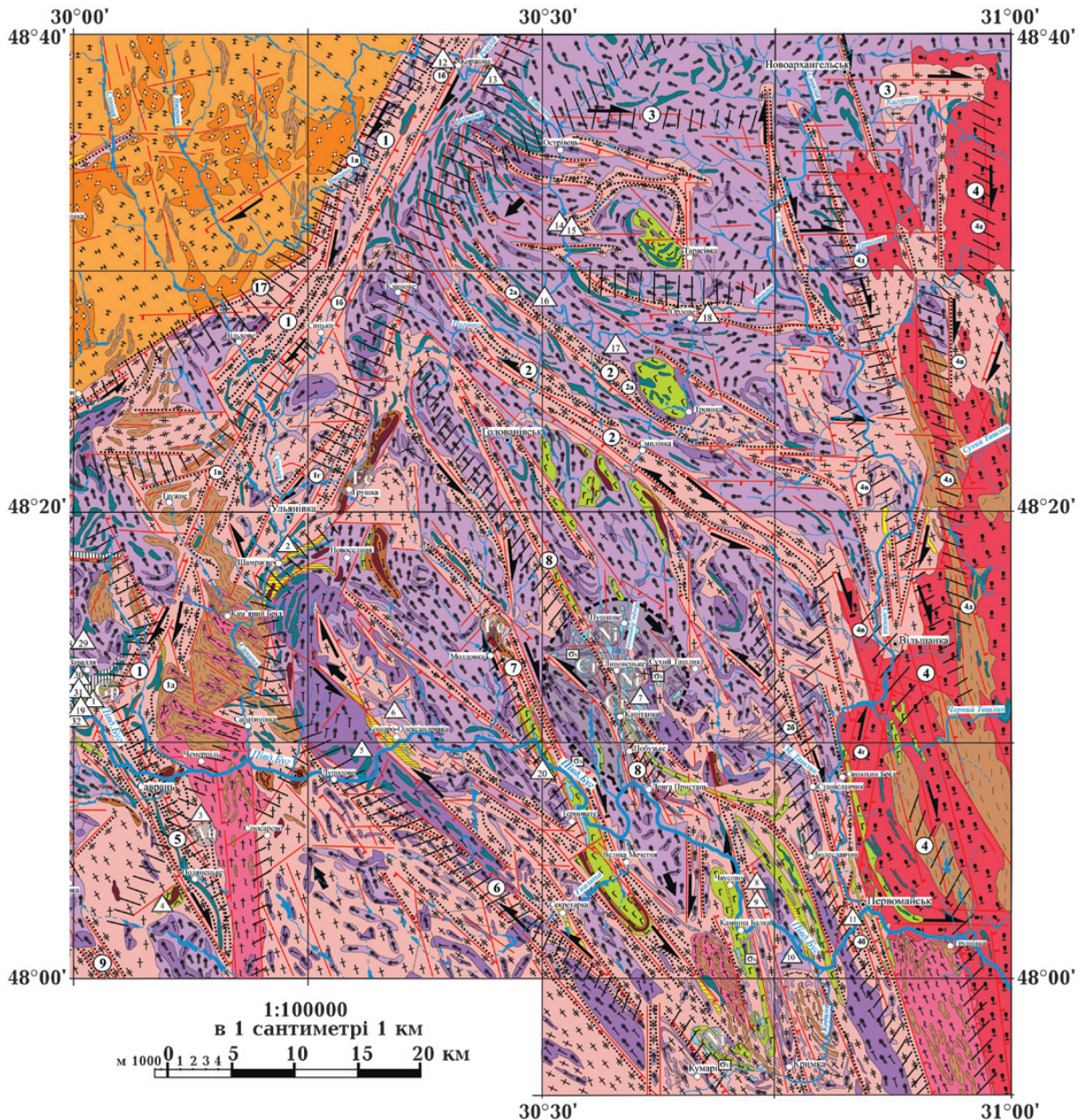


Рис. 2. Структурно-петрофізична карта Побузького гірничорудного району. Автори О.Б. Гінтов, В.А. Єнтин, С.В. Мичак, Л.В. Фарфуляк. Зони розломів та їх зони сколювання (в дужках), а також вік закладання в млрд років, за тектонофізичними даними: 1 — Тальнівська (1а — Заячківська, 1б — Коржівська, 1в — Синицівська, 1г — Грушківська, 1д — Кам'янобрідська) — 2,30; 2 — Ємилівська (2а — Краснопільська, 2б — Сухоташлицька) — >2,50; 3 — Суботсько-Мошоринська — 1,8—1,85; 4 — Первомайська (4а — Гнилотикицька, 4б — Синюхинобрідська, 4в — Вільшанська, 4г — Калмазівська, 4д — Костянтинівська) — 2,45; 5 — Савранська; 6 — Врадіївська — >2,50; 7 — Молдовська — 2,45; 8 — Довгопристанська; 9 — Гвоздавська — 2,45; 17 — Берестягівська — 2,04—2,05.

Fig. 2. Structural and petrophysical map of the Bug Mining Area. Authors O.B. Gintov, V.A. Entin, S.V. Mychak, L.V. Farfulyak. Fault zones and their shear zones (in brackets), as well as the age of the origin in billions of years according to tectonophysical data: 1 — Talne (1a — Zayachkivka, 1b — Korzhivka, 1c — Synytsivka, 1d — Grushiivka, 1e — Kamyaniy Brid) — 2.30; 2 — Emilivka (2a — Krasnopillya, 2b — Suchiy Tashlyk) — more 2.50; 3 — Subotsk-Moshorino — 1.8—1.85; 4 — Pervomaisk (4a — Gniliy Tikych, 4b — Synyukhin Brid, 4c — Vilshanka, 4d — Kalmazivka, 4e — Kostyantynivka) — 2.45; 5 — Savran; 6 — Vradiyevka — more 2.50; 7 — Moldovka — 2.45; 8 — Dovga Prystan; 9 — Gvozdavka — 2.45; 17 — Berestyagy — 2.04—2.05.

мезозону (первинну і вторинну) та катазону (катазону 2, 1 і локальну) [Паталаха, 1981]. Слідом за Є.І. Паталахою на подібні зони УЩ поділив В.С. Заїка-Новацький [Заїка-Новацький, 1991]. Ці зони не мають жорсткої прив'язки по вертикалі і визначаються насамперед за реологічними властивостями порід і відповідними цим властивостям механізмами реалізації дислокаційних процесів і структурними формами. Детально вони охарактеризовані в монографії [Лукієнко, 2008, с. 89—92]. Тектонофізікам, з точки зору автора цієї статті, можна було б прийняти таку зональність.

Подібними до Криворізько-Кременчуцької є й інші зони розломів першого порядку УЩ — Суцано-Пержанська, Тетерівська, Немирівська, Подільська, Тальнівська, Первомайська, Кіровоградська, Девладівська, Конкська та інші. Як приклад, на рис. 2 наведено Структурно-петрофізично-тектонфізичну карту Голованівської шовної зони, на якій показано зони розломів і їхні зони сколювання, завширшки (не враховуючи структур підвертання) від 1 до 18 км. Інші умовні знаки, зображені на рис. 2, тут не наводяться, тому що про них у статті не йдеться.

Складки і складчастість. Поняття shear zone враховує будь-який напрямок дії тектонічних сил і, відповідно, будь-який кут падіння зони зсуву та форму складчастих структур, що при цьому виникають. Співвідношення крутопадаючої зони зсуву з субвертикальним ($>45^\circ$) напрямком дії тектонічних сил веде до формування зсувної складчатості типу антикліналь-синкліналь або до вертикальних флексур з субгоризонтальними шарнірами, а в межах похилих і субгоризонтальних зон зсуву формуються лежачі складки також з субгоризонтальними шарнірами. І лише в межах крутопадаючої зони зсуву під дією субгоризонтальних тектонічних сил формуються монокліналі, а також флексури та складки із субвертикальними шарнірами. Таку зону ми називаємо зоною субгоризонтального зсуву (*steeply dipping zone of subhorizontal shear*). Саме

такі структури відіграють вирішальну роль у будові кристалічного фундаменту на значній частині території УЩ.

Особливістю ранньодокембрійської тектоніки УЩ є те, що структурний план майже всіх архейських мегаблоків, крім, можливо, Середньопридніпровського і західної частини Приазовського, був повністю перебудований у ранньому протерозої, і структура, яку ми бачимо тепер, є новою, накладеною. Зазвичай ми маємо справу з ранньопротерозойською складчастістю субгоризонтального тиску і зсуву, яка змінює і стирає попередні структури. Головною ознакою таких накладених складок є круте або субвертикальне положення шарнірів і наявність одного замка. Обидва крила таких складок також мають круте або субвертикальне падіння. Модель такої складки показано на рис. 3.

Коли складка утворюється внаслідок зсуву вздовж розлому, зони сколювання або сколу, вона може мати лише одне крило, зовнішнє щодо розлому (рис. 4). Такі складки

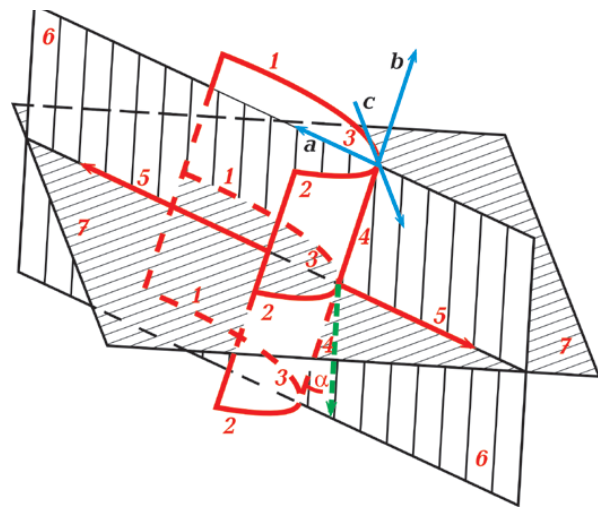


Рис. 3. Модель повної складки субгоризонтального зсуву, що перетинає горизонтальну площину: 1, 2 — крила складки, 3 — замок, 4 — шарнір, 5 — осьова лінія, 6 — осьова площина, 7 — горизонтальна площина, a, b, c — осі координат, α — кут між нахилом шарніру і вертикаллю.

Fig. 3. Model of a complete sub-horizontal fault fold crossing the horizontal plane: 1, 2 — wings of the fold, 3 — fold lock, 4 — hinge, 5 — axial line, 6 — axial hollow, 7 — horizontal plane, a, b, c — coordinate axes, α — angle between the hinge inclination and the vertical.



Рис. 4. Однокрила складка в лейкократових гнейсах Середнього Побужжя, с. Хашчувате, лівий беріг р. Південний Буг. Фото з монографії [Лукієнко та ін., 2008] (а). Транспресійна схема раннього етапу формування мігматитової смугастості і транстенсійна з лівозсувною компонентою — пізнього етапу формування однокрилої складки волочіння [Шевчук, 2009] (б).

Fig. 4. One-winged fold in the Leucocratic gneisses of the Middle Buh. Khashchuvate village, sinistral bank of the Southern Bug. Photo from [Lukienko et al., 2008] (a). Transpressional scheme of the early stage of migmatite striation formation and transtensional scheme with a left-slip component of the late stage of single-winged fold formation [Shevchuk, 2009] (b).

ми звемо складками волочіння, за [Moody, Hill, 1956]. У монографії [Лукієнко, 2008] подібні складки названі складками прирозломного вигину, або слайд-складками, а в монографії [Лукієнко та ін., 2008, с. 162] вказано, що такі складки в межах Голованівської шовної зони «...утворюються за допомогою вигину й волочіння тіл поздовж зміщувачів».

Таким чином, питання щодо зсувної складчастості залишається відкритим. З точки зору автора, для деяких широких складок можна застосувати термін «складка прирозломного вигину», а назва «слайд-складки», запропоновані в підручнику О.І. Лукієнка [2008], видається не вдалою. Цей термін походить від англійської назви «slide», яку англійські геологи застосовують до листуватих розломів, причиною виникнення яких є формування складчастості. Але ми розглядаємо складчастість, причиною виникнення якої є рухи по існуючим розломам, тобто все навпаки. Вважаю, що для прирозломних складок з

явними ознаками волочіння (однокрилі, з притертим або стоншеним прирозломним крилом) потрібно залишити широко вживаний термін «складки волочіння», а в деяких випадках, коли складка має обидва крила і округлий, досить великого радіусу замок, її можна називати «складкою прирозломного вигину».

Моноклінальне залягання і монокліналі. Геологічні карти УЩ заповнені антикліналями та синкліналями з субгоризонтальними шарнірами, хоча в більшості випадків таких шарнірів ніхто не спостерігав. Висновки про антиклінальний чи синклінальний тип структур робилися на основі стратиграфічних схем або зважаючи на складчастість загального зминання під дією сил стиснення-розтягнення земної кори. Іноді вважалося, що гнейси заповнюють синкліналі, а гранітоїди — антикліналі (див., наприклад [Древин, 1967; Каляев и др., 1980]).

Що ж є насправді? Автор декілька разів перетнув УЩ від м. Клесів на північному

заході до м. Волноваха на південному сході¹, але складки спостерігав майже завжди в горизонтальних зрізах, і шарніри в них були крутонахилені або субвертикальні. Винятком, можливо, є зеленокам'яні структури Середнього Придніпров'я, де є справжні сикліналі та антикліналі зеленокам'яних порід, хоча на Приазов'ї в межах Сорокинської зеленокам'яної структури автор також спостерігав складчастість з субвертикальними шарнірами (рис. 5). У вертикальних зрізах практично завжди видно круте моноклінальне за-

¹ Автор пам'ятає часи, коли у Відділенні наук про Землю НАН України, як і у Держслужбі геології і надр України (ДГНУ) вистачало коштів не лише на зарплату, а й на експедиції, а в ХХІ ст., за свідченням [Вижва та ін., 2018], тільки з 2006 по 2018 р. фінансування ДГНУ зменшилося у 5,5 разів у гривнях і майже в 33 рази у валюті.



Рис. 5. Зсувна складчастість в породах Сорокинської зони Приазов'я. Горизонтальний зріз. У лівій частині рисунка видно, що шарнір складки субвертикальний.

Fig. 5. Shear folding in rocks of the Sorokinka zone of the Azov Sea region. Horizontal section. The left part of the figure shows that the fold hinge is subvertical.

лягання смугастих порід, і автори, які хочуть показати антикліналі чи синкліналі, «домальовують» замки вище або нижче розрізів (див., наприклад, [Древин, 1967; Кирилюк, 2010]).

Щоб не бути голослівним, наведу деякі статистичні дані (у хронологічному порядку). У монографії [Гинтов, Исай, 1988] наведено 15 фото тектонітів і прирозломних складок (всі в горизонтальних зрізах), у монографії [Гинтов, 2005] — понад 10 фото з Побужжя, Оріхів-Павлоградської шовної зони та Хмельницької зони розломів (також всі в горизонтальних площинах), а у монографії [Лукієнко, 2008] — близько 20 фото з УЩ, Казахстану, Балтійського щита (всі в горизонтальних площинах). Найбільше фотографій — 84 (ріки Південний Буг, Случ, Інгул) є в монографії [Лукієнко та ін., 2008]. З них 78, судячи з положення монет, молотків, трав'яного покриву, зроблено з горизонтальних зрізів, 6 — з вертикальних. Єдине фото, де у вертикальному зрізі є складки, це с. Довга Пристань на лівому березі р. Буг (автор знає це відслонення: вивернута і поставлена вертикально брила гнейсів і кристалосланців). Саме цікаве, що в монографії [Кирилюк, 2010], яка вийшла під редакцією О.Б. Боброва і В.П. Кирилюка, прихильників стратигенно-метаморфогенного підходу до структури УЩ, з 38 фотографій Побузького гранулітового комплексу 22 зроблено в горизонтальних зрізах і 16 — у вертикальних. У горизонтальних зрізах іноді видно складки, у вертикальних — лише круте моноклінальне падіння порід.

Класичний перетин Гайворон—Завалля вздовж р. Південний Буг декілька разів досліджувався і автором, і О.І. Лукієнком, і С.В. Мичаком [Гинтов, 2005; Лукієнко та ін., 2008; Мичак та ін., 2021]. У цих публікаціях моноклінальний 5-кілометровий розріз, побудований Г.Г. Виноградовим через Заваллівський кар'єр та на південь і північ від нього [Виноградов, 1970], продовжується далі на північ ще на 15 км до м. Гайворон як моноклінальний (рис. 6). Лише В.П. Кирилюком і А.Я. Древіним [Древин, 1967; Кирилюк, 2010] на основі синклінально-

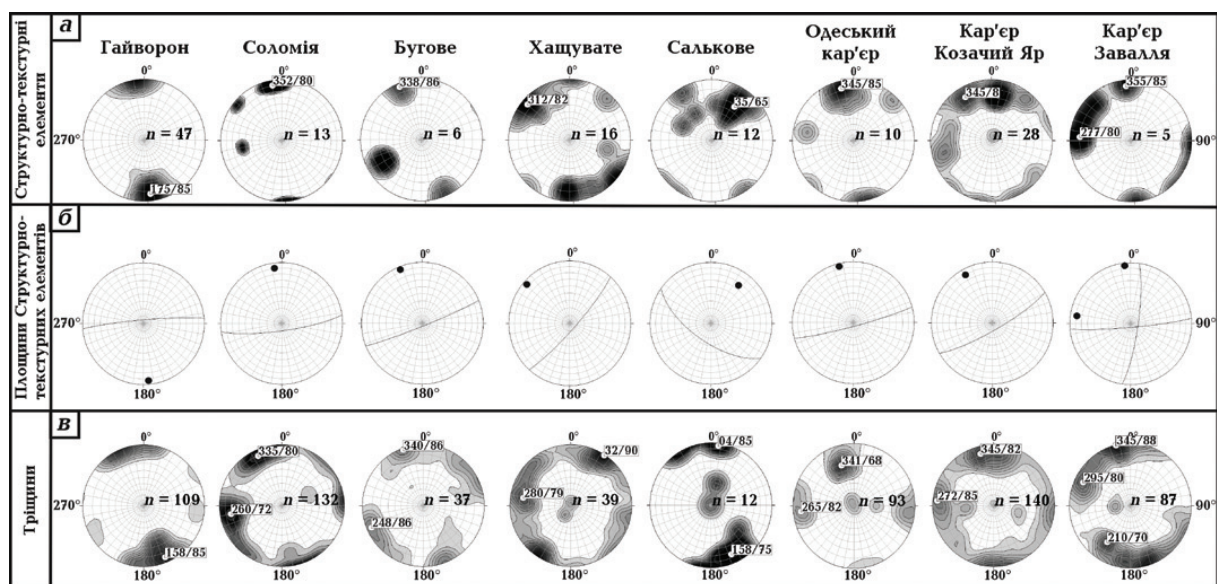


Рис. 6. Стереограми (верхня півсфера) азимутів падіння структурно-текстурних елементів (СТЕ) (а), узагальнене положення полюсів і відповідних площин СТЕ (б), стереограми азимутів падіння тріщин в межах району Гайворон—Завалля вздовж правого і лівого берегів р. Південний Буг, за [Мичак та ін., 2018] (в).

Fig. 6. Stereograms (upper hemisphere) of dip azimuths of a) structural and textural elements (STEs) (a), generalised position of STE poles and corresponding planes (б), stereograms of the dip azimuths of cracks within the Haivoron-Zavallya area along the right and left banks of the Southern Buh, after [Mychak et al., 2018] (в).

антиклінальних уявлень цей розріз розглядається як синклінорій або декілька синкліналей і антикліналей (це питання докладно розглянуто в публікаціях [Гінтов та ін., 2020, Гінтов, 2022]). Ось що пишеться в монографії [Лукієнко та ін., 2008, с. 57] стосовно саме цього перетину: «За результатами виконаних тектонофаціальних (та супроводжуваних їх петромагнітних) досліджень встановлено, що будова цієї товщі на цьому відрізку долини р. Південний Буг значно складніша, контролюється крутопадаючою в'язкорозломною тектонікою та має моноклінально-лускату, а на окремих ділянках — меланжеву будову. При цьому первинна стратифікація товщі суттєво спотворена, місцями навіть знищена й частково замінена вторинною». У цій же роботі наведено декілька фото таких монокліналей, хоча треба розуміти, що вторинність не означає порядкового номеру деформації, а є накладеною у n -й раз.

У підручнику [Лукієнко, 2008] розглядається декілька типів вторинних монокліналей. Останні утворюються через інтенсивні зсувні накладені деформації і ми

їх називаємо просто «тектонітами». Так само «тектонітами зон розломів» ми називаємо внутрішньорозломні утворення, які В.В. Шевчук відносить до мігматито-



Рис. 7. Ульяновська ГГМ (Тальнівська зона розломів, південна околиця пгт Ульяновка). Порфіробластично-лінзовидно-смуғастий мігматит (зліва) і збагачений калієвим польовим шпатом гранітогнейс (фото В.В. Шевчука).

Fig. 7. Ulyanivska GGM (Talnivska fault zone, southern outskirts of Ulyanivka settlement). Porphyroblastic-lenticular-succulent migmatite (left) and granite-gneiss enriched in potassium feldspar (photo by V. Shevchuk).

гранітогнейсових монокліналей (ГГМ) [Шевчук, 2012; Шевчук та ін., 2013] (рис. 7). Такі монокліналі утворюються в зонах розломів через складні горизонтальні та вертикальні зсуви в умовах стиску-розтягу і перерозподілу мінеральної речовини та перекристалізації. Мабуть, краще в цих випадках слово «тектоніт» замінити словами «монокліналь» та «ГГМ».

Флексури. У підручнику [Лукієнко, 2008] флексурами називаються коліноподібні вигини шарів чи будь-яких інших пластинчастих тіл. Медіанна поверхня флексури — умовна площина, яка поділяє флексуру на дві віддзеркалені, але повернуті одна відносно другої на 180° частини. У флексур, які контролюються розломом, ця поверхня збігається зі зміщувачем. Флексури поділяються на *вертикальні та*

горизонтальні. «До перших належать ті, які сформувалися за рахунок переміщення зовнішніх крил по вертикалі. Такі крила залягають горизонтально або нахилено. У свою чергу, до горизонтальних відносяться флексури, які утворилися за рахунок вигину крутопадаючих шарів при горизонтальному зміщенні зовнішніх крил. Такі крила падають вертикально» (с. 167).

Тектонофізики також іноді використовують термін «фlekсура» в тому ж розумінні, як наведено у цитаті, хоча частіше пишуть «z- і s-подібні структури підвертання» [Гинтов, 2005, с. 85]. На рис. 8 наведено фото двох локальних зон субгоризонтального зсуву, розташованих у межах Голованівської та Оріхів-Павлоградської шовних зон. Структури лівого та правого підвертання і є горизонтальними флексурами,

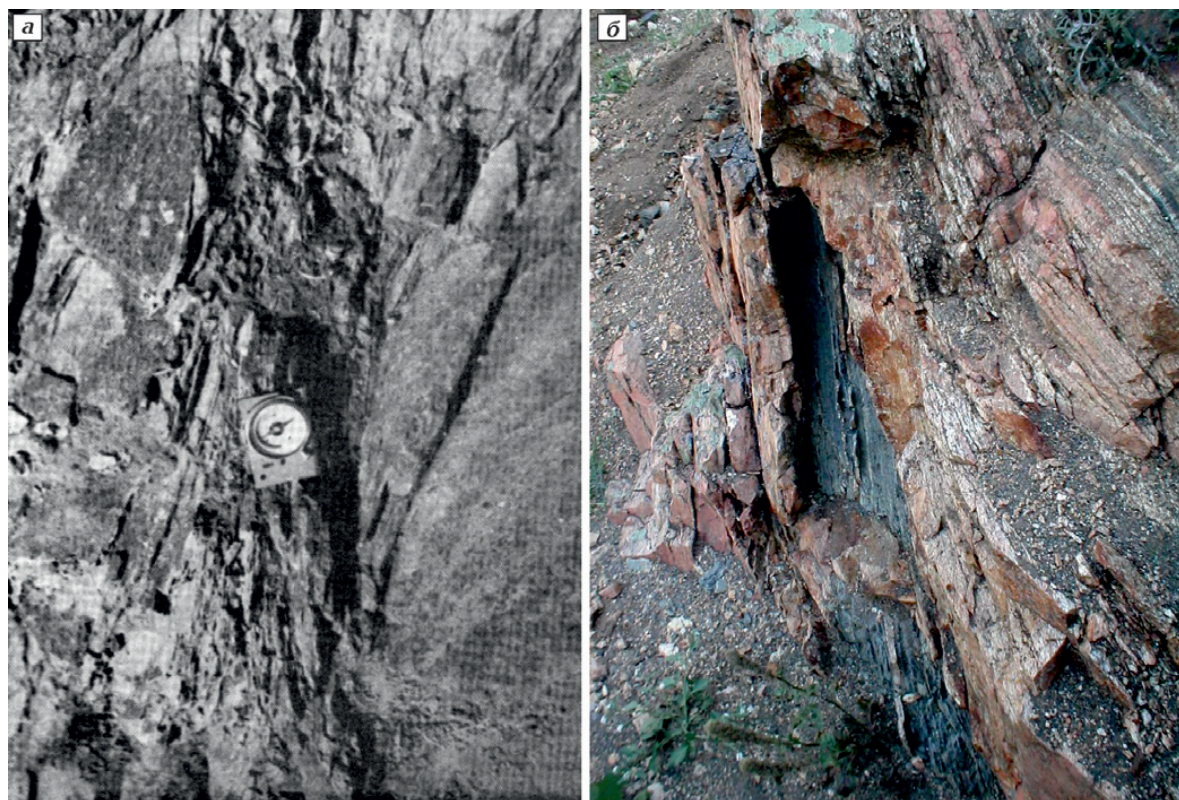


Рис. 8. Лівий зсув вздовж сколу в межах Ємилівської зони розломів (Побужжя). Видно структури підвертання, представлені тектонітами (а). Ультрамйонітовий скол і мйонітові структури правого підвертання, Оріхів-Павлоградська шовна зона, правий берег р. Верхня Терса (б).

Fig. 8. Sinistral strike-slip along a fault within the Yemylivska fault zone (Pobuzhzhya). Tectonic tucking structures are visible (a). Ultramylonite fault and dextral strike-slip. Orikhiv-Pavlohrad suture zone, right bank of the Verkhnya Tersa River (b).

складеними тектонітами більш раннього етапу деформації в межах цих зон.

Але термін «флексура» можна безумовно застосувати до рис. 8, а. На рис. 8, б видно лише одне крило і не відомо, чи є протилежне. Тому в цьому випадку краще залишити «структура підвертання».

Насуви та підсуви. Як вже говорилося, основними розломними структурами в межах більшої частини УЩ є субгоризонтальні зсуви. Рух крил таких shear zone та їх зон сколювання не може бути цілком вільним, тому що на своєму шляху вони зустрічають перешкоди у вигляді масивів більш густинних порід, поперечних розломів та ін. У таких умовах частина порід рухомого крила насувається або підсувається на/під перешкоду. На рис. 9 наведено приклад лівозсувної Ємилівської зони розломів (Голованівська шовна зона, с. Краснопілля) північно-західного простягання, в якій зафіксовано похилий насув ендербіто-гнейсів у південно-східному напрямку. Таке явище зазвичай має назву «динамопара».

Іноді на субвертикальних монокліналях можна спостерігати системи косих тріщин, які вказують на більш молоді процеси насувів/підсувів. Такі процеси добре фіксуються методами ГСЗ [Чекунов и др.,

1989; Trypolsky et al., 2019; Гінтов, 2022; Murovska et al., 2025 та ін.]. Є приклади, коли зони субдукції, які зазвичай простежуються методами сейсмотомографії вглиб від рівня 50 км, продовжуються у земній корі до її поверхні, фіксуючись методами ГСЗ і свердловинами [Побузький ..., 2024]. Геологами такі структури можуть іноді сприйматися як крила синкліналей/антикліналей, але це не так.

З точки зору автора, слід відрізнити поняття «насув»/«підсув» від поняття «субгоризонтальний зсув», під яким розуміються зсуво-насуви і зсуво-підсуви. В останньому випадку мається на увазі таке положення площини напружень, коли головна вісь (σ_1 при стисненні) не горизонтальна, але орієнтована під кутом $<45^\circ$ до горизонту. У такому випадку все крило розлому рухається під цим кутом, а насуви або підсуви формуються під кутами відносно напрямку руху крила. У випадку Ємилівської зони розломів, як показано в статті [Мичак та ін., 2018], площина напружень з точністю $\pm 5^\circ$ горизонтальна, тобто Ємилівська зона — горизонтальний лівий зсув.

Інрузивні масиви та гранітоїди. В українських публікаціях із структурної геології ці геологічні тіла і породи розглядаються здебільшого теоретично [Лукієнко, 2008; Лукієнко та ін., 2008, 2018]. Щодо УЩ прикладів та описів мало, більшість відносять до інших регіонів світу. Основну увагу приділено тектонофаціальному аналізу, а інрузивні тіла і гранітоїди різного походження просто позначаються тектонофацією (I—IV) без відображення структурних елементів. Тектонофізичні ж дослідження виявляють і відображають на картах деякі структурні особливості гранітоїдів [Гінтов и др., 2016; Гінтов та ін., 2020; Мичак та ін., 2018; Єнтін та ін., 2024, 2025]. Наприклад, гранітоїди уманського і кіровоградського комплексів та ендербітоїди ятранського масиву на Схемі Середнього Побужжя (лист М-36-XXXI, Голованівська шовна зона) [Лукієнко та ін., 2008, 2018] не є структурованими. А на Структурно-петрофізично-тектонофізичній карті (див. рис. 2), на основі аналізу витягнутості по-

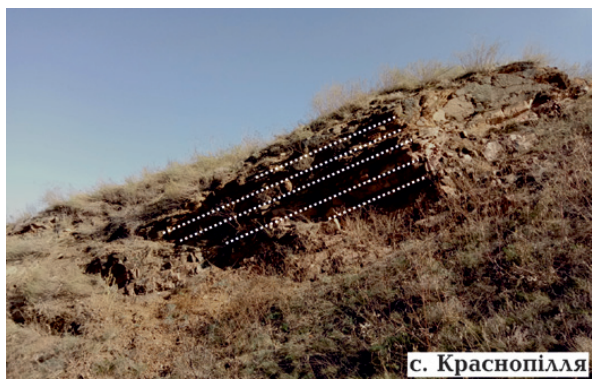


Рис. 9. Похилий насув у межах горизонтальнозсувної Ємилівської зони розломів (пояснення в тексті). Білими точками підкреслено штрихи зсуву, за [Мичак та ін., 2018].

Fig. 9. Inclined thrust within the horizontally sheared Yemylivska fault zone (see text for explanation). The white dots emphasize the shear strokes, by [Mychak et al., 2018].

льовошпатових овоїдів, показано, що ці гранітоїди у своїх крайових частинах зазнали впливу Тальнівської, Первомайської, Ємилівської зон розломів досить далеко — до 10 км від них [Гинтов и др., 2020]. Остання публікація, яка вийшла вже в цьому році [Єнтін та ін., 2025], присвячена невеликій грибовидної форми Хмільницькій гранітній інтрузії протерозойського віку, перспективній на корінні родовища алмазів, радонові води, уранові руди.

Осередково-канальні магматичні структури. Тектонофізичні дослідження також привели до висновку про первинне інтрузивне, екструзивне (канальне) або метасоматичне походження деяких порід УЩ, які раніше вважалися первинно-осадовими. Вперше на таку думку наштотувало вивчення Лихманівської залізорудно-базитової структури на півдні Криворізького басейну — складки волочіння, яка, на думку авторів статті [Гинтов и др., 1990], могла утворитися лише з первинного субвертикально-моноклінального положення залізорудної товщі. Такого ж висновку дійшли геофізики і геологи, які досліджували Горішньо-Плавнінську структуру, пов'язану з Криворізько-Кременчуцькою глибинною зоною розломів на півночі Криворізького басейну [Єнтін та ін., 2021]. Дані зі свердловини НГ-8, пробуреної на глибину понад 5 км в центральній частині басейну, не змогли підтвердити синклінальну або антиклінальну будову залізорудної товщі [Криворожская ..., 2011]. Так само на Побужжі було встановлено первинне вертикальне залягання і, відповідно, неметаосадову природу багатьох залізорудних структур — Молдовської, Слюсарівської, Чемерпільської, Савранської, Піщанської та інших [Єнтін и др., 2015; Єнтін та ін., 2024]. О.О. Юшин, який вивчав мезокайнозойські залізорудні родовища Перу і Чілі в межах Західних Кордильєр Південної Америки [Юшин, 2015], наводить приклади магнетитових даюк на ділянці Ауріам (Перу), довжина яких сягає декількох сотень кілометрів. Докембрійське родовище Кірунаваара із запасами залізних руд близько 3,3 млрд тон на півночі Швеції

являє собою, за його даними, інтрузивне тіло (інтрузивні контакти, мигдалеподібні порожнини, стовбчастий магнетит) розмірами 4×90 м. Він також вважає, що превалювання поглядів на осадовий генезис і метаморфогенно-гідротермальну природу формування багатих залізних руд Криворіжжя закриває перспективи пошуку тут проявів магматогенно-метасоматичного залізооксидного і супутнього йому золото-мідно-рідкіснометального зруденіння. Г.А. Калашник, яка вивчала перспективи пошуків уранових руд у цьому регіоні [Калашник, 2025, с. 22], підкреслює, що «уранові зруденіння жильно-штоковеркового типу часто контролюються стовбчасто-штокоподібними зонами тріщинуватості, будинажу, дроблення разом із січними розривами та мають просторовий зв'язок з проявами стовбчасто-штокоподібних тіл багатих залізних руд». На цілий ряд невеликих штокоподібних тіл інтрузивної природи основного-ультраосновного складу в межах УЩ вказано в монографії [Єнтін, 2012]. А в статтях [Єнтін и др., 2020; Єнтін та ін., 2023] докладно охарактеризовано ці та інші локальні інтрузії основного-ультраосновного складу як структури осередково-канального магматизму, показано їх форму в розрізі та плані, склад зруденіння.

Основні-ультраосновні інтрузивні породи зазвичай магнітні, тому виявляються при уважному аналізі карт ізодинам і особливо графіків магнітного поля за їх достатньої детальності. Локальні гранітні інтрузії, менші за розмірами, ніж Хмільницька, можна було б виявляти гравіметричною зйомкою такої ж детальності, як магнітна. Тобто те, що ми маємо зараз, це лише деяка доля можливих даних щодо локального осередково-канального магматизму архей-протерозойського і більш молодого віку в межах УЩ. У нових виданнях підручників із структурної геології УЩ це повинно бути відображено.

Обговорення і висновки. Слід зазначити, що все сказане стосується не лише зон розломів, які обмежують мегаблоки УЩ, а й внутрішньої частини мегаблоків,

тобто тієї площі щита, яка зазнала у протерозой значних горизонтальних тектонічних напруг і зсувних деформацій. Це добре показано в публікаціях Л.С. Осьмачко [Осьмачко, 2011, 2014, 2019, 2020], яка на основі аналізу та узагальнення величезного фактичного матеріалу дійшла висновків, що «...становлення структурних планів мегаблоків та шовних зон Українського щита відбувалося сумісно й взаємозалежно — в декілька етапів структурно-речовинних перетворень кристалічної основи за суттєво здвигових² трансформацій при змінах напрямків тектонічних напруг та Р-Т умов прояву. Нами виділено сім таких етапів, з залученням даних попередників їх відомо до 11-ти. Структурно-речовинні перетворення фундаменту перших п'яти етапів реалізувалися в діапазоні Р-Т умов від гранулітової до епідот-амфіболітової — зеленосланцевої фації. З кожним таким етапом формувалися структурно-речовинні новоутворення, які, накладаючись одні на інші, створили гібридну будову кристалічного фундаменту. Найбільш тотально проявилися структурні й речовинні трансформації четвертого та п'ятого із виділених етапів з формуванням субмеридіональних суттєво здвигових зон. Їх структурно-речовинний остов — палеопротерозойського віку. Перетворення більш пізніх етапів відбувалися, переважно, в холодних умовах та значно не змінили сформованого на відзначену часову мітку структурного плану, а лише підсилили його структурну та речовинну зональність» [Осьмачко, 2020, с. 33].

У процитованій роботі авторка приділяє значну увагу процесам кручення, ротації, завихріння при горизонтальних зсувах, переносячи ці процеси з мікромезоскопічного на макрорівень. На її картах і схемах будови мегаблоків УЩ показано, як одні з головних, структурні форми — блоки, антикліналі, синкліналі — розмірами іноді до декількох десятків км, котрі мають овалоїдний вихровий вигляд (стрілками показано їх повертання в го-

ризонтальній площині на багато градусів, що на думку автора є дискусійним). Прикладом може бути супердетально вивчена Голованівська шовна зона (див. рис. 2), де максимальне відхилення структур підвертання від зон розломів і зон сколювання не перевищує 90°. Навіть такий величезний розлом, як Сан-Андреас, амплітуда горизонтального зсуву вздовж якого сягає 300—500 км [Hill, Dibblee, 1953], супроводжується майже *прямолінійними* вторинними моноклінальними і складчастими структурами, які підвертають під нього в самій близькості — впритул до краю.

Архейського структурного плану більшої частини території УЩ (крім, можливо, Середньопридніпровського мегаблоку і західної частини Приазовського) у відслоненнях і свердловинах практично не бачимо. Залишки архейських порід у вигляді невеликих масивів, смужок, лінз, шлірових включень у накладених ранньопротерозойських структурах зазвичай переорієнтовані згідно з напрямком останніх. Це добре видно в межах Середнього Побужжя на ділянці Гайворон—Завалля, де архейські породи — ендербіто-гнейси і гіперстенові кристалосланці — розвинені (вивчені) найбільш широко. Тут спостерігається ранньопротерозойське накладання широтного простягання тектонізованих ендербітів на північно-західне, яке також не є первинним, тому що відноситься до вертикальношаруватих порід [Лобач-Жученко и др., 2013, 2014б; Мичак та ін., 2018, 2021]. Архейський структурний план частково відображається у геофізичних полях (особливо магнітному), але відділити його від ранньопротерозойського практично неможливо.

Вже з другої половини минулого і особливо з початку цього століття відомо, що архейські комплекси майже всюди, де вони утворені в гранулітовій і високій амфіболітовій фації, перероблені в протерозой в тій же гранулітовій або амфіболітовій фації [Чередниченко, 1964; Слензак, 1965; Mason, 1973; Борукаев и др., 1977; Венидиктов, 1986; Перчук и др., 2000; Zeh et al., 2005; Claesson et al., 2006; Boshoff et al., 2006;

² Мається на увазі в умовах субгоризонтального зсуву.

Гамильтон, 2007; Van Reenen et al., 2008; Gerdes, Zeh, 2009; Belousova et al., 2010; Лобач-Жученко и др., 2009, 2013, 2014а,б; Lobach-Zhuchenko et al., 2014; Степанюк та ін., 2016, 2018; Степанюк, 2020 та ін.]. Так, за даними Л.М. Степанюка з колегами [Степанюк та ін., 2016, Stepaniuk et al., 2019], кінцевим етапом формування кори всіх мегаблоків УЩ, крім Середньопридніпровського, був час утворення двопольовошпатових гранітоїдів 1,96—2,03 млрд років тому³, що практично збігається з чітким піком на гістограмі світових даних вивчення цирконію і гафнію [Belousova et al., 2010].

Та й як може зберегтися архейська структурованість і стратиграфія УЩ, коли всі мегаблоки перетинаються густою сіткою субвертикальних розломів (див. рис. 1) і кожний розлом, або зона розломів, утворює свою власну гнейсуватість, шаруватість, лінійність, ГГМ та прирозломну складчатість, яку ми бачимо у горизонтальних зрізах.

Геологічні карти та підручники. Залишилося повернутися до слів, сказаних на початку статті: геологічна карта — це і структурний план, це і тектонічне навантаження, це погляд автора карти і тих, хто складає інструкції, на історію розвитку регіону і всього щита в докембрії. На жаль, як бачимо і з виданих карт, і з постійних дискусій в літературі, і з підручників, що тут розглядаються, погляди зовсім різні і навіть гостро альтернативні. Тут мало чому можна мало що можна сказати: такі дискусії точаться у всьому світі. Але ж, як писав ще Г.Д. Ажгірей [Ажгірей, 1956, с. 147] (у перекладі) *«Геологічна карта повинна мати настільки документальний характер, що скільки-небудь значні узагальнення з введенням гіпотетичних елементів неприпустимі при складанні геологічних карт»*. З цим не можна не погодитись.

³ Очевидно, що автори статті [Stepaniuk et al., 2019] мали на увазі консолідацію УЩ ще до кінцевого етапу його об'єднання зі Фенноскандією та субплатформений магматизм порід анортозит-рапаківігранітної формації (1,8—1,75 млрд років тому).

Що означає документальний характер? Звіряння складальників карт, інструкцій, рішень Українського міжвідомчого стратиграфічного комітету з стратиграфічними і петрографічними кодексами, словниками, сучасними фундаментальними вітчизняними і зарубіжними роботами і, зрештою, із сучасними підручниками з структурної геології, петрології і стратиграфії.

Автора дивує, що у перелічених монографіях і підручниках з структурної геології правильно говориться про дислокаційну тектоніку і вторинні моноклінали, але вікові параметри породних комплексів беруть з карт і стратиграфічних схем, побудованих традиційними стратигенно-метаморфогенними методами («вище — нижче») для вертикальношаруватого середовища. Наприклад, у підручнику [Лукієнко, 2008] і особливо у монографії [Лукієнко та ін., 2008] часто згідно із затвердженими стратиграфічними схемами, вказується архейський (навіть катархейський) вік порід, що утворюють вторинні моноклінали віком близько 2 млрд років і перероблялися речовинно і структурно декілька разів перед цим. Вище було розглянуто поняття «складчасті структури» і «моноклінали» стосовно ранньодокембрійського фундаменту УЩ. Перші майже завжди спостерігаються в горизонтальних зрізах, другі — у вертикальних. О.І. Слензак, ймовірно, вивчаючи такі моноклінали у вертикальних зрізах Побужжя та Придністров'я, дійшов висновку про «вертикальношарувате середовище УЩ». Ранньопротерозойська складчастість із субвертикальними шарнірами могла утворитися саме у такому, а не в горизонтальношаруватому середовищі. Тобто, імовіріше, вже в неоархеї дозеленокам'яний кристалічний фундамент УЩ набув вертикальношаруватої будови. Це дуже цікаво, тому що більш впевнено можна говорити про початок дії в неоархеї плитотектонічних механізмів розвитку літосфери, за яких тільки і можливі сильні тангенціальні напруги в земній корі (звісно, не враховуючи минулі гіпотези контракції і пульсації Землі).

Геологічні карти ранньодокембрійського кристалічного фундаменту УЩ потрібно перебудовувати. Структурні плани, які створювалися архейськими породними комплексами, не проглядаються на сучасній земній поверхні західної та центральної частин щита і Східного Приазов'я. Архейські породи спостерігаються тільки у невеликих масивах і коротких смугах. Про це свідчать роботи [Щербак и др., 2008; Кислюк та ін., 2011; Шумлянський, 2012; Лобач-Жученко и др., 2014а,б; Lobach-Zhuchenko et al., 2014; Лесная, Касьяненко, 2015; Shumlyanskyy et al., 2016а,б, 2017; Мычак и др., 2018]. Принцип перебудови карт докембрійського фундаменту повинен бути не стратиграфічним, а хронологічним. Ксеноліти, жили, перетини розломів і зон

сколювання в межах протерозойського матриксу свідчать про відносний, а ізотопно-геохронологічні дані — про їх абсолютний вік. Легенди до карт кристалічного фундаменту УЩ повинні бути схожими з легендами до карт інших докембрійських кратонів (як це показано в публікації [Гинтов, Мичак, 2024а,б]), що було прийнято ще рішенням ранньодокембрійської секції Національного стратиграфічного комітету (НСК) України і затверджено бюро НСК 13 червня 2003 р., а також оголошено першим пунктом у Пояснювальній записці до Кореляційної хроностратиграфічної схеми УЩ [Кореляційна..., 2004], яка діє й досі. У наш час є всі можливості одержувати високоякісні геохімічні та ізотопні дані з порід УЩ у кращих лабораторіях світу.

Список літератури

- Ажгирей Г.А. *Структурная геология*. Москва: Изд-во МГУ, 1956, 488 с.
- Борукаев Ч.Б., Башарин А.К., Берзин Н.А. *Докембрій континентов. Основные черты тектоники*. Новосибирск: Наука, 1977, 263 с.
- Буслов М.М. Познепалеозойская тектоника и геодинамика Центральной Азии: геохронология и структурно-кинематическая характеристика разломных структур Восточного Казахстана Алтае-Саянской области. В кн.: *Тектонофацальный анализ и проблемы геодинамики*. Киев: ОМГОР, 2008, С. 120—152.
- Венидиктов В.М. *Полициклическое развитие гранулитовой фации*. Киев: Наук. думка, 1986, 268 с.
- Вижва С., Курило М., Балега А. Основні інструменти державного планування і фінансового забезпечення геологічного вивчення надр в Україні. *Вісник Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2018. Т. 2. № 81. С. 56—62. <https://doi.org/10.17721/17282713.81.09>.
- 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.
- Гамильтон У.Б. Первые два миллиарда лет Земли — эпоха внутренней подвижности коры. В кн.: *Структура континентальной коры*. Материалы Геологического общества Америки 200, 2007, С. 233—296.
- Гинтов О.Б. Зоны разломов Украинского щита. Влияние процессов разломообразования на формирование структуры земной коры. *Геофиз. журн.* 2004. Т. 26. № 3. С. 3—24.
- Гинтов О.Б. *Полевая тектонофизика и ее применение при изучении деформаций земной коры Украины*. Киев: Феникс, 2005, 572 с.
- Гинтов О.Б. Що відбувалося з ранньодокембрійськими гранулітовими комплексами Побужжя (Український щит) та поясу Лімпопо (Південна Африка) 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., Мычак С.В. К построению схемы разломно-мегаблоковой тектоники Украинского щита масштаба 1:500 000. *Геофиз. журн.* 2017. Т. 39. № 5. С. 63—82. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i5.2017.112340>.
- Гинтов О.Б., Ентин В.А., Мычак С.В., Павлюк В.Н., Зюльцде В.В. Структурно-петрофизическая и тектонофизическая осно-

- ва 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., Єнтін В.А., Мичак С.В., Фарфудяк Л.В. Побузький гірничорудний район Українського щита. Структурно-петрофізична карта кристалічного фундаменту та деякі питання геології раннього докембрію. *Геофиз. журн.* 2020. Т. 42. № 3. С. 16—46. <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., Исай В.М., Коваленко В.Н. Тектонофизические данные о механизме формирования складок первого порядка Криворожского бассейна на примере Лихмановской структуры. *Геол. журн.* 1990. № 5. С. 115—123.
- Гинтов О.Б., Мичак С.В. Геологічні факти, геологічні судження, геологічна істина і Державна геологічна карта Українського щита. *Геофіз. журн.* 2024а. Т. 46. № 3. С. 50—73. <https://doi.org/10.24028/gj.v46i3.297239>.
- Гинтов О.Б., Мичак С.В. Щодо необхідності побудови нової серії геологічної карти і карти корисних копалин кристалічного фундаменту Державної геологічної карти України масштабу 1:200 000. *Всеукраїнська наукова конференція «Геологічна будова та історія геологічного розвитку Українського щита. Тектоніка і геодинаміка докембрійських щитів (до 100-річчя від дня народження академіка НАН України М.П. Щербака)», 17—18 вересня 2024 р.* 2024б, С. 245—249.
- Гинтов О.Б., Орлюк М.І., Єнтін В.А., Мичак 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>.
- Гинтов О.Б., Усенко О.В. Особливості сучасної структури побузького гранулітового комплексу, розвиненого в межах Середнього Побужжя, і його поділу на серії та світи. *Геофиз. журн.* 2022. Т. 44. № 4. С. 3—37. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i4.264839>.
- Грубенман У., Ниггли П. *Метаморфизм горных пород. Общая часть*. Москва: Горгеонефтеиздат, 1933, 358 с.
- Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Геологічна карта і карта корисних копалин кристалічного фундаменту. Центральнотериторіальна серія. Лист М-36-XXXI (Первомайськ). Київ: Мін. екології та природних ресурсів України, Держ. геологічна служба, 2004.
- Древин А.Я. Опыт изучения докембрия Среднего Побужья на основе литолого-структурного метода. В сб.: *Проблемы осадочной геологии докембрия*. Вып. 2. Москва: Недра, 1967, С. 88—96.
- Єнтін В.А. *Природные геофизические феномены Украины*. Киев. Изд. УкрНИГРИ, 2012, 76 с.
- Єнтін В.А., Гинтов О.Б., Гуськов С.І., Мичак С.В., Павлюк О.В., Залізняк Д.В. Хмельницький структурно-тектонічний вузол та його геолого-геофізична сутність. *Геофіз. журн.* 2025. Т. 47. № 4. С. 15—37. <https://doi.org/10.24028/gj.v47i4.329385>.
- Єнтін В.А., Гинтов О.Б., Мичак 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>.
- Єнтін В.А., Гинтов О.Б., Орлюк М.І., Марченко А.В. Локальні магнітні аномалії Українського щита як індикатори прояву різновікових етапів осередково-каналного магматизму. *Геофиз. журн.* 2023. Т. 45. № 2. С. 44—62. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i2.278322>.
- Єнтін В.А., Гуськов С.І., Дзюба Б.М., Гинтов О.Б., Орлюк М.І., Мичак С.В. К вопросу о возможной дегазационной природе некоторых локальных структур концентрично-зонального строения на территории Вольно-Подольской плиты и западной части Украинского щита и пути их последующего изучения. *Геофиз. журн.* 2020.

- Т. 42. № 6. С. 36—58. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i6.2020.222282>.
- Єнтін В.А., Орлюк М.І., Білоус О.І., Гінтов О.Б., Малахов В.Г., Бахмутов В.Г., Качан І.А., Бакаржієва М.І., Макаренко І.Б., Савченко О.С., Самойленко Т.М., Марченко А.В., Друкаренко В.В., Поляченко Є.Б., Мичак С.В., Роменець А.О., Брайко О.В. Глибинна будова Горішньо-Плавнинської структури та загальні принципи геолого-геофізичного вивчення Криворізько-Кременчуцької залізорудної смуги. *Геофиз. журн.* 2021. Т. 43. № 6. С. 42—69. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i6.251552>.
- Єнтін В.А., Павлюк В.М., Кислюк В.В., Бакаржієва М.І., Мичак С.В., Гінтов О.Б. Чернігівська гравімагнітна аномалія як сучасне відображення унікальної докембрійської вулканоплутонічної магнетитозолоторудної структури Українського щита (Середнє Побужжя). *Геофиз. журн.* 2024. Т. 46. № 4. С. 52—72. <https://doi.org/10.24028/gj.v46i5.301568>.
- Єнтін В.А., Шимків Л.М., Нечаєва Т.С., Дзюба Б.М., Гінтов О.Б., Пашкевич І.К., Красовський С.С. *Підготовка геофізичної основи тектонічної карти України масштабу 1:1000 000*. Київ: Геоінформ України, 2002, 55 с.
- Заика-Новацкий В.С. Геоблоковая делимость литосферы как историческая категория. *Геол. журн.* 1993. № 3. С. 20—25.
- Заика-Новацкий В.С. Региональная текстура кактазоны и условия ее образования (на примере Украинского щита). *Тектонофаціальний аналіз і його роль в геології, геофізиці і металогенії: Матеріали I Всесоюзного тектонофаціального совещания*. Алма-Ата, 1991, С. 81—87.
- Калашник Г.А. Перспективи виявлення багатих уранових руд у Криворізько-Кременчуцькій мінералізаційній зоні Українського щита. *Мінеральні ресурси України*. 2025. № 1. С. 18—25. <https://doi.org/10.31996/mru.2025.1.18-26>.
- Каляев Г.И., Крутиховская З.А., Рябенко В.А. Тектоника раннего докембрия Украинского щита. В кн.: *Региональная тектоника раннего докембрия СССР*. Ленинград: Наука, 1980, С. 18—32.
- Кирилюк В.П. Побужский гранулитовый комплекс. В кн.: *Гранулитовые структурно-формационные комплексы Украинского щита — европейский стратотип*. Львов: ЗУКЦ, 2010, С. 8—63.
- Кирилюк В.П. Особливості ранньодокембрійського метаморфізму та його зв'язку з тектонікою. *Геодинаміка*. 2013. № 1(14). С. 82—97.
- Кислюк В.В., Зюльде В.В., Нікіташ Л.П. *Геологічна будова та корисні копалини вододілу річок Південний Буг і Дністер. Звіт про ГДП-200 території аркуша М-35-XXXVI (Гайворон)*. Київ: Геолфони, 2011.
- Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита (пояснювальна записка). Київ: УкрДГРІ, 2004, 30 с.
- Костенко М.М., Шутенко Л.М. Проблемні питання геотектонічного районування фундаменту Українського щита та шляхи їхнього вирішення. *Мінеральні ресурси України*. 2018. № 2. С. 21—29. <https://doi.org/10.31996/mru.2018.2.21-29>.
- Красный Л.И. *Блоковое строение земной коры*. Ленинград: Недра, 1984, 213 с.
- Красный Л.И. Основы учения о блоковой (геоблоковой) делимости литосферы. *Геол. журн.* 1993. № 3. С. 4—13.
- Криворожская сверхглубокая скважина СГ-8. Под ред. Е.М. Шеремета. Донецк: Ноулидж, 2011, 555 с.
- Кужелов Г.К. Геологическая структура Украинского кристаллического щита по геофизическим данным. *Сов. геология*. 1957. № 59. С. 130—151.
- Лесная И.М., Касьяненко Е.О. Акцессорный циркон (состав, изотопный возраст) из эндревитов 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., Богомоллов Е.С., Степанюк Л.М., Юрченко А.В. Происхождение кристаллосланцев побужского гранулитового комплекса Украинского щита. *Региональная геология и металлогения*. 2014а. № 59. С. 1—13.

- Лобач-Жученко С.Б., Балаганский В.В., Балтыбаев Ш.К., Артеменко Г.В., Богомоллов Е.С., Юрченко А.В., Степанюк Л.М., Сукач В.В. Метаморфизованные осадочные породы днестровско-бугской серии палеоархей Украинского щита: состав, возраст, источники. *Литология и полезные ископаемые*. 2014б. № 5. С. 1—18.
- 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., Богомоллов Е.С. Этапы формирования побужского гранулитового комплекса: новые структурно-петрологические и изотопно-геохронологические данные (Среднее Побужье, Украинский щит). *Минерал. журн.* 2013. Т. 35. № 4. С. 87—99.
- 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 тектоно-метаморфической переработки древних тоналитов: минеральный состав, характеристика и возраст процесса (Васильковский участок Орехово-Павлоградской зоны). *Минерал. журн.* 2009. Т. 31. № 1. С. 3—10.
- Лукієнко О.І. *Структурна геологія: підручник*. Київ: Вид-во ТОВ «КНТ», 2008, 292 с.
- Лукієнко О.І., Вакарчук С.Г., Кравченко Д.В. *Структурно-парагенетичний аналіз (на тектонофаціальній основі)*. Кн. 1. Епізона. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2014, 2006 с.
- Лукієнко О.І., Кравченко Д.В., Сухорада А.В. *Дислокаційна тектоніка та тектонофації докембрію Українського щита*. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2008. 279 с.
- Лукієнко О.І., Янченко В.П., Кравченко Д.В. *Структурно-парагенетичний аналіз (на тектонофаціальній основі)*. Кн. 2. Мезозона та катозона. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2018, 374 с.
- Мичак С.В., Бакаржієва М.І., Марченко А.В., Решетнік М.М., Фарфуляк Л.В., Орлюк М.І., Гінтов О.Б. Ділянка Гайворон—Завалля Середнього Побужжя — найбільш репрезентативна частина гранулітового комплексу Українського щита. Результати структурно-тектонофізичних і магнітометричних досліджень. *Геофиз. журн.* 2021. Т. 43. № 4. С. 42—75. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i4.239958>.
- Мычак С., Курило С., Муровская А. Структурные особенности кристаллического фундамента Голованевской шовной зоны в бассейне р. Ятрань по тектонофизическим данным. *Вісник Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2018. № 1(80). С. 23—32. <https://doi.org/10.17721/17282713.80.03>.
- 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>.
- Осьмачко Л.С. Геодинамічні умови формування докембрійської структури та окремих рудоперспективних об'єктів Українського щита: *автореф. дис. ... д-ра геол. наук*. Київ, 2020, 43 с.
- Осьмачко Л.С. Етапи становлення структури Росинсько-Тікицького мегаблока Українського щита. *Минерал. журн.* 2019. Т. 41. № 3. С. 54—64. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.41.03.053>.
- Осьмачко Л.С. Структурно-петрографические признаки синсдвиговых преобразований кристаллических комплексов Восточного Приазовья. *Геолог України*. 2011. № 3-4. С. 119—124.
- Осьмачко Л.С. Стрoение Украинского щита — суммарный эффект многократных тектонических активизаций. *Міжнародна наукова конференція присвячена 90-річчю акадeміка НАН України М.П. Щербака «Геохронологія та геодинаміка раннього докембрію (3,6—3,1 млрд років) Євразійського континенту»*. Київ, 16—17 вересня 2014 р., С. 87—88.
- Паталаха Е.И. *Генетические основы морфологической тектоники*. Алма-Ата: Наука, 1981, 180 с.
- Побузький гірничорудний район Українського щита (геологічна будова та оцінювання перспектив на корисні копалини). Ред. В.І. Старостенко, О.Б. Гінтов, С.В. Мичак. Київ: Наук. думка, 2024, 310 с. <https://doi.org/10.15407/978-966-00-1959-1>.

- Перчук Л.А., Геря Т.В., ван Ринен Д.Д., Кротов А.В., Сафонов О.Г., Смит К.А., Шур М.Ю. Сравнительная петрология и метаморфическая эволюция богатых ландшафтов Лимпопо (Южная Африка) и Ландландии (Фенноскандия). *Минералогия и петрология*. 2000. № 69. С. 69—107.
- Слензак О.І. *Про структуру Українського докембрію (на прикладі південно-західної частини Українського кристалічного щита)*. Київ: Наук. думка, 1965, 139 с.
- Старостенко В.И., Гинтов О.Б., Кутас Р.И. Геодинамическое развитие литосферы Украины и формирование месторождений полезных ископаемых. *Геофиз. журн.* 2011. Т. 33. № 3. С. 3—22. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i3.2011.116919>.
- Старостенко В.І., Гінтов О.Б., Муровська Г.В., Мичак С.В., Лисинчук Д.В. Тектоніка і глибинна будова південно-західної частини Східноєвропейського кратону в межах України. Ч. І. *Геофиз. журн.* 2024. Т. 46. № 4. С. 3—40. <https://doi.org/10.24028/gj.v46i4.305802>.
- 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., Довбуш Т.І., Курило С.І., Лісна І.М. Фінальний етап гранітоїдного магматизму в Дністровсько-Бузькому мегаблоці Українського щита. *Геохімія та рудоутворення*. 2016. Вип. 36. С. 72—81.
- Степанюк Л.М., Котвіцька І.М., Андреев О.В., Курило С.І., Грінченко О.В. Зріла континентальна кора і джерело калію. *Мінерал. журн.* 2018. Т. 40. № 4. С. 79—88. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.04.079>.
- Тяпкін К.Ф. Про інтерпретацію гравітаційних ступенів на щиті. *Доп. АН УРСР. Сер. Б.* 1966. № 5. С. 111—114.
- Тяпкін К.Ф. Про сдвигову тектоніку в межах Криворіжжя. *Доп. АН УРСР. Сер. Б.* 1965. № 4. С. 96—99.
- Тяпкин К.Ф., Беланов В.М., Козубская Г.Н., Нечаев В.А., Распопова М.Г., Харитонов В.Д. Структурные особенности земной коры Украинского щита и связь с ними оруденений. В кн.: *Связь поверхностных структур земной коры с глубинными*. Киев: Наук. думка, 1971, С. 130—136.
- Тяпкин К.Ф., Нечаев В.А., Харитонов В.Д. О тектонике Украинского щита по геолого-геофизическим данным. *Геотектоника*. 1966. № 2. С. 72—82.
- Чекунов А.В., Соллогуб В.Б., Галецкий Л.С., Курлов Н.С. Геодинамическая модель центральной части Украинского щита и Криворожская сверхглубокая скважина. *Геофиз. журн.* 1989. Т. 11. № 4. С. 3—13.
- Чередниченко А.И. *Тектонофизические условия минеральных преобразований в твердых горных породах*. Киев: Наук. думка, 1964, 184 с.
- Шевчук В.В. Граніто-гнейсові монокліналі у структурі Тальнівської зони розломів (Український щит). *Вісник Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2009. № 47. С. 16—19.
- Шевчук В.В. Співвідношення протерозойського автохтонного гранітоутворення та деформаційних процесів в межах Тальнівської зони розломів (Український щит). *Вісник Київ. нац. ун-ту імені Тараса Шевченка. Геологія*. 2012. № 56. С. 5—7.
- Шевчук В.В., Лавренюк М.В., Кравченко Д.В. *Основи структурного аналізу*. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2013, 287 с.
- Шевчук В.В., Михайлов А.В. *Загальна геотектоніка з основами геодинаміки*. Київ: ВПЦ «Київський університет», 2005, 328 с.
- Шерман С.И., Семинский К.Ж., Борняков С.А. *Разломообразование в литосфере. Зоны сдвига*. Новосибирск: Наука, 1991, 262 с.
- Шумлянський Л.В. Геохімія піроксенових плагіогнейсів (ендербітів) Побужжя та ізотопний склад гафнію в цирконах. *Мінерал. журн.* 2012. Т. 34. № 2. С. 62—80.
- Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Лесная И.М., Пономаренко А.Н., Шумлянский Л.В. *Геохронология раннего докембрия Украинского щита. Протерозой*. Киев: Наук. думка, 2008, 239 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>.
- 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(3-4), 457—466. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2010.07.024>.
- Boshoff, R., Van Reenen, D.D., Kramers, J.D., Smit, C.A., Perchuk, L.L., & Armstrong, R. (2006). Geologic history of the Central zone of the Limpopo complex: the West Alldays area. *Journal of Geology*, 114(6), 699—716. <https://doi.org/10.1086/507615>.
- Claesson, S., Bibikova, E., Bogdanova, S. & Skobelev, V. (2006). Archaean terranes, European Craton. In *European Lithosphere Dynamics* (Vol. 32, pp. 645—654). Geological Society, London, Memoirs.
- Gerdes, A., & Zeh, A. (2009). Zircon formation versus zircon alteration — new insights from combined U-Pb and Lu-Hf in-situ LA-ICP-MS analyses, and consequences for the interpretation of Archean zircon from the Central Zone of the Limpopo Belt. *Chemical Geology*, 261, 230—243. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2008.03.005>.
- Hill, M.L., & Dibblee, T.W. (1953). San Andreas, Garlock and Big Pine faults, California: a study of the character, history, and tectonic significance of their displacements. *Geological Society of America Bulletin*, 64(4), 443—458. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1953\)64\[443:SAGABP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1953)64[443:SAGABP]2.0.CO;2).
- 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.2014.06.02>.
- Mason, R. (1973). A Discussion on the evolution of the Precambrian crust — The Limpopo mobile belt — Southern Africa. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A*, 273, 463—485. <https://doi.org/10.1098/rsta.1973.0012>.
- Moody, J., & Hill, M. (1956). Wrench-fault tectonics. *Geological Society of America Bulletin*, 67(9), 1207—1246. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[1207:WT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[1207:WT]2.0.CO;2).
- Murovska, A.V., Verpakhovska, O.O., Starostenko, V.I., Yegorova, T.P., Janik, T., Aleksandrowski, P., Mychak, S.V., & Alokhin, V.I. (2025). Architecture of the upper crust along the WARR deep seismic profile SHIELD'21 across Ukraine based on seismic and geological data. *Geofizychnyi Zhurnal*, 47(2), 115—119. <https://doi.org/10.24028/gj.v47i2.322471>.
- Ramsay, J.G. (1980). Shear zone geometry: a review. *Journal of Structural Geology*, 2(1-2), 83—99. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(80\)90038-3](https://doi.org/10.1016/0191-8141(80)90038-3).
- Shumlyanskyy, L., Hawkesworth, C., Dhuime, B., Billström, K., Claesson, S., & Storey, C. (2016a). 207Pb/206Pb ages and Hf isotope composition of zircons from sedimentary rocks of the Ukrainian shield: crustal growth of the southwestern part of East European craton from Archaean to Neoproterozoic. *Precambrian Research*, 260, 39—54. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2015.01.007>.
- Shumlyanskyy, L., Mitrokhin, O., Billstrom, K., Ernst, R., Vishnevskaya, E., Tsymbal, S., Cuney, M., & Soesoo, A. (2016b). The ca. 1.8 Ga mantle plume related magmatism of the central part of the Ukrainian shield. *GFF*, 138(1), 86—101. <https://doi.org/10.1080/11035897.2015.1067253>.
- Shumlyanskyy, L., Hawkesworth, C., Billström, K., Bogdanova, S., Mytrokhyn, O., Romer, R., & Bilan, O. (2017). The origin of the Palaeoproterozoic AMCG complexes in the Ukrainian Shield: new U-Pb ages and Hf isotopes in zircon. *Precambrian Research*, 292, 216—239. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2017.02.009>.
- Stepanyik, L.M., Kurylo, S.I., Kotvytska, I.M., & Hrinchenko, O.V. (2019). Potassium bearing rocks of Ukrainian shield: mass balance. *Geochemistry and Ore Formation*, (40), 58—63. <https://doi.org/10.15407/gof.2019.40.058>.
- Trypolsky, O.A., Topoliuk, O.V., & Gintov, O.B. (2019). The structure of the earth's crust of the central part of the Holovanivsk suture

- zone according to the reinterpretation of materials of IV geotraverse of NHS (PK 295-400). *Geofizicheskiy Zhurnal*, 41(1), 172—179. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158870>.
- Zeh, A., Klemd, R., & Barton, J.M. (2005). Petrological evolution in the roof of the highgrade metamorphic Central Zone of the Limpopo Belt, South Africa. *Geological Magazine*, 142(3), 229—240. <https://doi.org/10.1017/S001675680500052X>.
- Van Reenen, D.D., Boshoff, R., Smit, C.A., Perchuk, L.L., Kramers, J.D., McCourt, S., & Armstrong, R.A. (2008). Geochronological problems related to polymetamorphism in the Limpopo Complex, South Africa. *Gondwana Research*, 14, 644—662. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2008.01.013>.

Tectonophysics and structural geology (to the study of the early Precambrian of Ukraine)

O.B. Gintov, 2025

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

Tectonophysical findings of the S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine and the structural geological research done at the Taras Shevchenko National University of Kyiv are applied here to the problems of studying and mapping the Early Precambrian crystalline basement of the Ukrainian Shield. The positions of both approaches coincide, so they need to be combined, adjusting some differences in terminology. It is shown that when constructing geological and mineral maps of the crystalline basement of the Shield at scales of 1:200 000 and 1:50 000, subhorizontal shear and stress metamorphic processes, shear folding, thrusts and subthrusts were not taken into account as the main ones; no attention was paid to fault zones as shear zones, which are ten or more km wide, have a complex internal structure and special rock fill. The maps did not reflect that most of the crystalline basement of the Shield was completely rebuilt in the Early Proterozoic and the structure which we see now is new, superimposed. Typically, we are dealing with an Early-Proterozoic folding of sub-horizontal pressure and shear that alters and erases previous structures. The Archean rocks within a large part of the Shield have remained only in the form of several small massifs, striations, lenses, and schist inclusions; in the superimposed Early Proterozoic structures, they are usually reoriented in accordance with the direction of the latter. The stratigraphic columns of the Early Precambrian complexes on the published maps are not free from the influence of the stratigene-metamorphogenic approach, according to which the primary Archean-Early Proterozoic sedimentary-volcanogenic rocks that comprise the horizontal layers have been folded into synclines and anticlines with subhorizontal joints and their relative age can be determined by studying such folds and using isotope-geochronological studies as auxiliary or secondary data. In fact, as established by the modern tectonophysical and structural geological studies, the Archean structural plan of most areas of the Ukrainian Shield has been restructured several times since the Neoproterozoic, and the vertical crustal sections observed in the outcrops are monoclines with a sub-vertically layered structure. The Early Proterozoic shear fold formed in such conditions was subvertically articulated. A model and examples of such folds are presented.

Key words: Ukrainian Shield, tectonophysics, structural geology, dislocation tectonics, stressmetamorphism.

References

- Azhgirey, G.A. (1956). *Structural geology*. Moscow State University Publishing House, 488 p. (in Russian).
- Borukayev, Ch.B., Basharin, A.K., & Berzin, N.A. (1977). *Precambrian continents. Main features of tectonics*. Novosibirsk: Nauka, 263 p. (in Russian).
- Buslov, M.M. (2008). Post-Paleozoic tectonics and geodynamics of Central Asia: geochronology and structural and kinematic characteristics of fault structures of Eastern Kazakhstan of the Altai-Sayan region. In *Tectonofacies analysis and problems of geodynamics* (pp. 120—152). Kiev: OMGOR (in Russian).
- Venidiktov, V.M. (1986). *Polycyclic development of granulite facies*. Kiev: Naukova Dumka, 268 p. (in Russian).
- Vyzhva, S., Kurylo, M., & Balega, A. (2018). Main tools of state planning and financial support of geological studies in Ukraine. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 2(81), 56—62. <https://doi.org/10.17721/17282713.81.09> (in Ukrainian).
- Vinogradov, G.G. (1970). On the genesis of pyroxene gneisses and some issues of stratigraphy of the Precambrian of the Middle Bug area. In *Etiography of the Precambrian of the Russian Platform* (pp. 352—357). Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
- Hamilton, U.B. (2007). The first two billion years of the Earth — the epoch of internal crustal mobility. In *Structure of the continental crust* (pp. 233—296). Proc. of the Geological Society of America 200 (in Russian).
- Gintov, O.B. (2004). Fault zones of the Ukrainian Shield. Influence of faulting processes on the formation of the Earth's crust structure. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 26(3), 3—24 (in Russian).
- Gintov, O.B. (2005). *Field tectonophysics and its application in the study of deformations of the Earth's crust of Ukraine*. Kiev: Phoenix, 572 p. (in Russian).
- Gintov, O.B. (2022). What happened to the Early Precambrian granulite complexes of the Bug area (Ukrainian Shield) and the Limpopo Belt (South Africa) and how to stratify them? A tectonist's view. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 44(1), 55—82. <https://doi.org/10.24028/gzh.v44i1.253711> (in Ukrainian).
- Gintov, O.B., Yentin, V.A., & Mychak, S.V. (2017). To the construction of the scheme of the fault megablock tectonics of the Ukrainian shield scale 1:500 000. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 39(5), 63—82. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v39i5.2017.112340> (in Russian).
- Gintov, O.B., Yentin, V.A., Mychak, S.V., Pavlyuk, V.N., & Zyulzle, V.V. (2016). Structural-petrophysical and tectonophysical basis of the geological map of the crystalline basement of the central part of the Golovanevsk suture zone of the Ukrainian Shield. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 38(3), 3—28. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v38i3.2016.107777> (in Russian).
- Gintov, O.B., Yentin, V.A., Mychak, S.V., & Farfulyak, L.V. (2020). The Bug mining district of the Ukrainian Shield. Structural and petrophysical map of the crystalline basement and some issues of Early Precambrian geology. *Geofizicheskiy 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 consolidated crustal faults*. Kiev: Naukova Dumka, 228 p. (in Russian).
- Gintov, O.B., Isay, V.M., & Kovalenko, V.N. (1990). Tectonophysical data on the mechanism of formation of the first order folds of the Krivoy Rog basin on the example of the Likhmanov structure. *Geologicheskii Zhurnal*, 12(5), 115—123 (in Russian).
- Gintov, O.B., & Mychak, S.V. (2024a). Geological facts, geological judgements, geological truth and the State Geological Map of the Ukrainian Shield. *Geofizychnyi Zhurnal*, 46(3), 50—73. <https://doi.org/10.24028/gj.v46i3.297239>.
- Gintov, O.B., & Mychak, S.V. (2024b). On the need to build a new series of geological maps and mineral resources maps of the crystalline basement of the State Geological Map of Ukraine at a scale of 1:200,000. *All-Ukrainian Scientific Conference «Geological Structure and History of Geological Development of the Ukrainian Shield. Tectonics and Geodynamics of Precambrian Shields (to the 100th Anniversary of the Birth of Academician of the NAS of*

- Ukraine M.P. Shcherbak)», September 17—18, 2024 (pp. 245—249 (in Ukrainian).
- Gintov, O.B., Orlyuk, M.I., Yentin, V.A., Mychak, S.V., Bakarzhieva, M.I., Shimkiv, L.M., & Marchenko, A.V. (2018). Structure of the western and central part of the Ukrainian Shield. Controversial issues. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 40(6), 3—29. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i6.2018.151000> (in Ukrainian).
- Gintov, O.B., & Usenko, O.V. (2022). Features of the modern structure of the Bug granulite complex developed within the Middle Bug area and its division into series and worlds. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 44(4), 3—37. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i4.264839> (in Ukrainian).
- Grubenman, U., & Niggli, P. (1933). *Metamorphism of rocks. General part*. Moscow: Gorgeonefteizdat, 270 p. (in Russian).
- State Geological Map of Ukraine. Scale 1:200 000. Geological map and mineral map of the crystalline basement. Central Ukrainian series. Sheet M-36-XXXI (Pervomaisk). (2004). Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, State Geological Service of Ukraine, Kyiv (in Ukrainian).
- Drevin, A.Ya. (1967). Experience of studying the Precambrian of the Middle Bug area on the basis of the lithological and structural method. In *Problems of sedimentary geology of the Precambrian* (Vol. 2, pp. 88—96). Moscow: Nedra (in Russian).
- Yentin, V.A. (2012). *Natural geophysical phenomena of Ukraine*. Kiev. Publishig House UkrNIIGRI, 76 p. (in Russian).
- Yentin, V.A., Gintov, O.B., Guskov, S.I., Mychak, S.V., Pavliuk, O.V., & Zalizniak, D.V. (2025). Khmilnyk structural and tectonic node and its geological and geophysical essence. *Geofizychnyi Zhurnal*, 47(4), 15—37. <https://doi.org/10.24028/gj.v47i4.329385> (in Ukrainian).
- Yentin, 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).
- Yentin, V.A., Gintov, O.B., Orlyuk, M.I., & Marchenko, A.V. (2023). Local magnetic anomalies of the Ukrainian Shield as indicators of manifestation of different stages of sedimentary-channel magmatism. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 45(2), 44—62. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i2.278322> (in Ukrainian).
- Yentin, V.A., Guskov, S.I., Dzyuba, B.M., Gintov, O.B., Orlyuk, M.I., & Mychak, S.V. (2020). To the question of possible degassing nature of some local structures of concentric-zonal structure on the territory of the Volyn-Podolsk plate and western part of the Ukrainian Shield and ways of their further study. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 42(6), 36—58. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v42i6.2020.222282> (in Russian).
- Yentin, V.A., Orlyuk, M.I., Bilous, O.I., Gintov, O.B., Malakhov, V.G., Bakhmutov, V.G., Kachan, I.A., Bakarzhieva, M.I., Makarenko, I.B., Savchenko, O.S., Samoylenko, T.M., Marchenko, A.V., Drukarenko, V.V., Polyachenko, E.B., Mychak, S.V., Romenets, A.O., & Braiko, O.V. (2021). Depth structure of the Gorishne-Plavninsk structure and general principles of geological and geophysical study of the Krivoy Rog-Kremenchug iron-ore strip. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 43(6), 42—69. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i6.251552> (in Ukrainian).
- Yentin, V.A., Pavliuk, V.M., Kysliuk, V.V., Bakarzhieva, M.I., Mychak, S.V., & Gintov, O.B. (2024). The Chemerpol gravimagnetic anomaly as a modern reflection of the unique Precambrian volcanic-plutonic magnetite-gold structure of the Ukrainian Shield (Middle Pobuzhzhya). *Geofizychnyi Zhurnal*, 46(4), 52—72. <https://doi.org/10.24028/gj.v46i5.301568> (in Ukrainian).
- Yentin, V.A., Shymkiv, L.M., Nechaeva, T.S., Dzyuba, B.M., Gintov, O.B., Pashkevich, I.K., & Krasovsky, S.S. (2002). *Preparation of the geophysical basis of the tectonic map of Ukraine at a scale of 1:1000 000*. Geoinform of Ukraine, 55 p. (in Ukrainian).
- Zaika-Novatskiy, V.S. (1993). Geoblock divisibility of the lithosphere as a historical category *Geologicheskii Zhurnal*, (3), 20—25 (in Russian).
- Zaika-Novatskiy, V.S. (1991). Regional texture of the cactus zone and conditions of its formation (on the example of the Ukrainian Shield). *Tectonofacies analysis and its role in geology*,

- geophysics and metallogeny: Materials of the I All-Union Tectonofacial Meeting. Alma-Ata* (pp. 81—87) (in Russian).
- Kalashnyk, G.A. (2025). Prospects for the discovery of rich uranium ores in the Kryvyi Rih-Kremenchuk mineralogenic zone of the Ukrainian Shield. *Mineral Resources of Ukraine*, (1), 18—25. <https://doi.org/10.31996/mru.2025.1.18-26> (in Ukrainian).
- Kalyaev, G.I., Krutikhovska, Z.A., Ryabenko, V.A. (1980). Tectonics of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield. In *Regional tectonics of the Early Precambrian of the USSR* (pp. 18—32). Leningrad: Nauka (in Russian).
- Kirilyuk, V.P. (2010). The Bug area granulite complex. In *Granulite structural-formation complexes of the Ukrainian Shield — European stratotype* (pp. 8—63). Lviv: ZUKC (in Russian).
- Kirilyuk, V.P. (2013). Peculiarities of Early Precambrian metamorphism and its link with tectonics. *Geodynamics*, (1), 82—97 (in Ukrainian).
- Kislyuk, V.V., Zyulzle, V.V., & Nykitash, L.P. (2011). *Geological structure and korisni kopalyny vododilu rivers Pivdennyi Bug and Dnister. Report on GDP-200 of the territory of the M-35-XXXVI arcush (Gaivoron)*. Kyiv: Geolfondy (in Ukrainian).
- Correlative chronostratigraphic scheme of the Early Precambrian of the Ukrainian Shield (explanatory note). (2004). Esipchuk, K.Y., Bobrov, O.B., Stepanyuk, L.M. and others. Kyiv: UkrDGRI, 30 p. (in Ukrainian).
- Kostenko, M.M., & Shutenko, L.M. (2018). Problematic issues of geotectonic region of the foundation of the Ukrainian Shield and their solution. *Mineralni resursi Ukrainy*, (2), 21—29. <https://doi.org/10.31996/mru.2018.2.21-29> (in Ukrainian).
- Krasnyy, L.I. (1984). *Block structure of the Earth crust*. Leningrad: Nedra, 213 p. (in Russian).
- Krasnyy, L.I. (1993). Fundamentals of the doctrine of lithosphere block (geoblock) divisibility. *Geologicheskii Zhurnal*, (3), 4—13 (in Russian).
- Sheremet, E.M. (Ed.). (2011). *Kryvyi Rih ultra-deep well SG-8*. Donetsk: Noulidzh, 555 p. (in Russian).
- Kuzhelov, G.K. (1957). Geological structure of the Ukrainian crystalline shield according to geophysical data. *Sovetskaya Geologiya*, (59), 130—151 (in Russian).
- Lesnaya, I.M., & Kasyanenko, E.O. (2015). Accessor zircon (composition, isotopic age) from the enderbites of the Litinsky block (USh). *Geochemistry and Ore Formation*, (35), 29—36 (in Russian).
- Lobach-Zhuchenko, S.B., Arestova, N.A., Vreevsky, A.B., Egorova, Y.S., Baltybaev, Sh.K., Balagansky, V.V., Bogomolov, E.S., Stepaniuk, L.M., & Yurchenko, A.V. (2014a). Origin of crystalloslants of the Pobuzhsky granulite complex of the Ukrainian Shield. *Regional Geology and Metallogeny*, (59), 1—13 (in Russian).
- Lobach-Zhuchenko, S.B., Balaganskiy, V.V., Baltybaev, Sh.K., Artemenko, G.V., Bogomolov, E.S., Yurchenko, A.V., Stepanyuk, L.M., & Sukach, V.V. (2014b). Metamorphosed sedimentary rocks of the Dniester-Bug series of the Paleoarchaeon of the Ukrainian Shield: composition, age, sources. *Lithology and Mineral Resources*, (5), 1—18 (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, Y.S., Sukach, V.V., Berezhnaya, N.G., Bogomolov, E.S. (2013). Stages of formation of the Pobuzh granulite complex: new structural-petrological and isotope-geochronological data (Middle Pobuzhye, Ukrainian Shield). *Mineralogical Journal*, 35(4), 87—99 (in Russian).
- Lobach-Zhuchenko, S.B., Egorova, Y.S., Yurchenko, A.V., Balagansky, V.V., Artemenko, G.V., Chekulaev, V.P., Arestova, N.A. (2009). Biotite-granate gneisses — a product of tectonic-metamorphic processing of ancient tonalites: mineral composition, characterisation and age of the process (Vasilkovskiy site of Orekhovo-Pavlogradska zone). *Mineralogical Journal*, 31(1), 3—10 (in Russian).
- Lukienko, O.I. (2008). *Structural geology: Textbook*. Kyiv: KNT Publishing House, 292 p. (in Ukrainian).
- Lukienko, O.I., Vakarchuk, S.G., & Kravchenko, D.V. (2014). *Structural and paragenetic analysis (on tectonofacies basis). Book 1. Epizone*. Kyiv: Publishing and Printing Center «Kyiv University», 2006 p. (in Ukrainian).

- Lukienko, O.I., Kravchenko, D.V., & Sukhorda, A.V. (2008). *Dislocation tectonics and tectonofacies of the Precambrian of the Ukrainian Shield*. Kyiv: Publishing and Printing Center «Kyiv University», 279 p. (in Ukrainian).
- Lukienko, O.I., Yanchenko, V.P., & Kravchenko, D.V. (2018). *Structural and paragenetic analysis (on a tectonofacies basis): monograph. Book 2. Mesozone and catozone*. Kyiv: Publishing and Printing Center «Kyiv University», 374 p. (in Ukrainian).
- Mychak, S.V., Bakarzhieva, M.I., Marchenko, A.V., Reshetnik, M.M., Farfulyak, L.V., Orlyuk, M.I., & Gintov, O.B. (2021). The Gayvoron-Zavallia area of the Middle Bug area is the most representative part of the granulite complex of the Ukrainian Shield. Results of structural, tectonic and magnetometric studies. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 43(4), 42—75. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i4.239958> (in Ukrainian).
- Mychak, S., Kurylo, S., & Murovskaya, A. (2025). Structural features of the golovanevsk suture zone crystalline basement in the Yatran river basin based on tectonophysical data. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 1(80), 23—32. <https://doi.org/10.17721/17282713.80.03> (in Russian).
- Mychak, S.V., Murovska, G.V., Polyachenko, E.B., & Belsky, V.N. (2018). Stress-strain state of the earth's crust of the Pobug mining district in the area of Gayvoron-Zavallia. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 40(2), 95—107. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v40i2.2018.128933> (in Ukrainian).
- Osmachko, L.S. (2020). Geodynamic conditions of formation of the Precambrian structure and some ore-prospective objects of the Ukrainian Shield. *Doctor's thesis*. Kyiv, 43 p. (in Ukrainian).
- Osmachko, L.S. (2019). Stages of formation of the structure of Ros-Tikych megablock of Ukrainian Shield. *Mineralogical Journal*, 41(3), 54—64. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.41.03.053> (in Ukrainian).
- Osmachko, L.S. (2011). Structural and petrographic signs of syn-slip transformations of crystalline complexes of the Eastern Azov region. *Geologist of Ukraine*, (3-4), 119—124 (in Russian).
- Osmachko, L.S. (2014). Structure of the Ukrainian Shield — the total effect of multiple tectonic activations. *International scientific conference dedicated to the 90th anniversary of Academician of the NAS of Ukraine M.P. Shcherbak: Geochronology and Geodynamics of the Early Precambrian (3.6—3.1 Ga) of the Eurasian Continent*. Kyiv, 16—17 September 2014 (pp. 87—88) (in Russian).
- Patalakha, E.I. (1981). *Genetic bases of morphological tectonics*. Alma-Ata: Nauka, 180 p. (in Russian).
- Starostenko, V.I., Gintov, O.B., & Mychak, S.V. (Eds.). (2024). *The Bug mining area Ukrainian shield (geological structure and assessment of mineral resource potential)*. Kyiv: Naukova Dumka, 310 p. <https://doi.org/10.15407/978-966-00-1959-1> (in Ukrainian).
- Perchuk, L.L., Geria, T.V., van Rynen, D.D., Krotov, A.V., Safonov, O.G., Smith, K.A., & Shur, M.Y. (2000). Comparative petrology and metamorphic evolution of the rich landscapes of Limpopo (South Africa) and Lapland (Fennoscandia). *Mineralogy and Petrology*, (69), 69—107 (in Russian).
- Slenzak, O.I. (1965). *On the structure of the Ukrainian Precambrian (on the example of the southwestern part of the Ukrainian crystalline shield)*. Kyiv: Naukova Dumka, 139 p. (in Ukrainian).
- Starostenko, V.I., Gintov, O.B., & Kutas, R.I. (2011). Geodynamic development of the lithosphere of Ukraine and its role in the formation and location of mineral deposits. *Geofizicheskiy Zhurnal*, 33(3), 3—22. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v33i3.2011.116919> (in Russian).
- Starostenko, V.I., Gintov, O.B., Murovska, G.V., Mychak, S.V., & Lysynchuk, D.V. (2024). Tectonics and deep structure of the southwestern part of the East European craton within Ukraine. Part I. *Geofizychnyi Zhurnal*, 46(4), 3—40. <https://doi.org/10.24028/gj.v46i4.305802> (in Ukrainian).
- Stepaniuk, L.M. (2020). Granulite Association of the Bug area: Stratigraphy or Geochronology. *Collection of abstracts of the International Scientific Conference «Pre-Cambrian: Rock Associations and Their Ore-Bearing Capacity», Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 22—24 September (pp. 26—29) (in Ukrainian).

- Stepaniuk, L.M., Dovbush, T.I., Kurylo, S.I., & Lisna, I.M. (2016). The final stage of granitoid magmatism in the Dniester-Bug megablock of the Ukrainian Shield. *Geochemistry and Ore Formation*, (36), 72—81 (in Ukrainian).
- Stepaniuk, L.M., Kotvitska, I.M., Andreev, O.V., Kurylo, S.I., & Grinchenko, O.V. (2018). Mature continental crust and source of potassium. *Mineralogical Journal*, 40(4), 79—88 <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.40.04.079> (in Ukrainian).
- Tyapkin, K.F. (1966). On the interpretation of gravitational steps on the shield. *Reports of the national Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. Ser. B*, (5), 111—114 (in Ukrainian).
- Tyapkin, K.F. (1965). About shear tectonics within the Kryvyi Rig region. *Reports of Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. Ser. B*, (4), 96—99 (in Ukrainian).
- Tyapkin, K.F., Belanov, V.M., Kozubskaya, G.N., Nechayev, V.A., Raspopova, M.G., & Kharitonov, V.D. (1971). Structural features of the earth's crust of the Ukrainian Shield and the relationship of mineralisation with them. In *Connection of surface structures of the earth's crust with deep ones* (pp. 130—136). Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
- Tyapkin, K.F., Nechayev, V.A., & Kharitonov, V.D. (1966). On the tectonics of the Ukrainian Shield according to geological and geophysical data. *Geotectonics*, (2), 72—82.
- Chekunov, A.V., Sollogub, V.B., Galetsky, L.S., & Kurlov, N.S. (1989). Geodynamic model of the central part of the Ukrainian Shield and the Krivoy Rog superdeep well. *Geofizicheskii Zhurnal*, 11(4), 3—13 (in Russian).
- Cherednichenko, A.I. (1964). *Tectonophysical conditions of mineral transformations in solid rocks*. Kiev: Naukova Dumka, 184 p. (in Russian).
- Shevchuk, V.V. (2009). Granite-gneiss monoclinals in the structure of the Talnivska fault zone (Ukrainian Shield). *Visnik of the Kiev National University of Taras Shevchenko. Geology*, (47), 16—19.
- Shevchuk, V.V. (2012). Interrelations between autochthonous proterozoic granite formation and deformation processes in Talniv fault zone (Ukrainian shield). *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, (56), 5—7 (in Ukrainian).
- Shevchuk, V.V., Lavreniuk, M.V., & Kravchenko, D.V. (2013). *Fundamentals of structural analysis*. Kyiv: Publishing and Printing Center «Kyiv University», 287 p. (in Ukrainian).
- Shevchuk, V.V., & Mikhailov, A.V. (2005). *General geotectonics with the fundamentals of geodynamics*. Kyiv: Publishing and Printing Center «Kyiv University», 328 p. (in Ukrainian).
- Sherman, S.I., Seminskiy, K.Zh., & Bornyakov, S.A. (1991.) *Faulting in the lithosphere. Shear zones*. Novosibirsk: Nauka, 262 p. (in Russian).
- Shumlyansky, L.V. (2012). Geochemistry of pyroxene plagiogneisses (enderbites) of the Bug area and hafnium isotopic composition in zircons. *Mineralogical Journal*, 34(2), 62—80 (in Ukrainian).
- 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, 239 p. (in Russian).
- Yushin, A. (2015). On the prospects of identifying magmatogene-hydrothermal iron-ore deposits in the Ukrainian Shield. *Geofizicheskii Zhurnal*, 37(4), 19—31. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i4.2015.111121> (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(3-4), 457—466. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2010.07.024>.
- Boshoff, R., Van Reenen, D.D., Kramers, J.D., Smit, C.A., Perchuk, L.L., & Armstrong, R. (2006). Geologic history of the Central zone of the Limpopo complex: the West Alldays area. *Journal of Geology*, 114(6), 699—716. <https://doi.org/10.1086/507615>.
- Claesson, S., Bibikova, E., Bogdanova, S. & Skobelev, V. (2006). Archaean terranes, European Craton. In *European Lithosphere Dynamics* (Vol. 32, pp. 645—654). Geological Society, London, Memoirs.
- Gerdes, A., & Zeh, A. (2009). Zircon formation versus zircon alteration — new insights from

- combined U-Pb and Lu-Hf in-situ LA-ICP-MS analyses, and consequences for the interpretation of Archean zircon from the Central Zone of the Limpopo Belt. *Chemical Geology*, 261, 230—243. <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2008.03.005>.
- Hill, M.L., & Dibblee, T.W. (1953). San Andreas, Garlock and Big Pine faults, California: a study of the character, history, and tectonic significance of their displacements. *Geological Society of America Bulletin*, 64(4), 443—458. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1953\)64\[443:SAGABP\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1953)64[443:SAGABP]2.0.CO;2).
- 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.2014.06.02>.
- Mason, R. (1973). A Discussion on the evolution of the Precambrian crust — The Limpopo mobile belt — Southern Africa. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series A*, 273, 463—485. <https://doi.org/10.1098/rsta.1973.0012>.
- Moody, J., & Hill, M. (1956). Wrench-fault tectonics. *Geological Society of America Bulletin*, 67(9), 1207—1246. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[1207:WT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[1207:WT]2.0.CO;2).
- Murovska, A.V., Verpakhovska, O.O., Starostenko, V.I., Yegorova, T.P., Janik, T., Aleksandrowski, P., Mychak, S.V., & Alokhin, V.I. (2025). Architecture of the upper crust along the WARR deep seismic profile SHIELD'21 across Ukraine based on seismic and geological data. *Geofizychnyi Zhurnal*, 47(2), 115—119. <https://doi.org/10.24028/gj.v47i2.322471>.
- Ramsay, J.G. (1980). Shear zone geometry: a review. *Journal of Structural Geology*, 2(1-2), 83—99. [https://doi.org/10.1016/0191-8141\(80\)90038-3](https://doi.org/10.1016/0191-8141(80)90038-3).
- Shumlyanskyy, L., Hawkesworth, C., Dhuime, B., Billström, K., Claesson, S., & Storey, C. (2016a). 207Pb/206Pb ages and Hf isotope composition of zircons from sedimentary rocks of the Ukrainian shield: crustal growth of the southwestern part of East European craton from Archean to Neoproterozoic. *Precambrian Research*, 260, 39—54. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2015.01.007>.
- Shumlyanskyy, L., Mitrokhin, O., Billstrom, K., Ernst, R., Vishnevskaya, E., Tsybaly, S., Cuney, M., & Soesoo, A. (2016b). The ca. 1.8 Ga mantle plume related magmatism of the central part of the Ukrainian shield. *GFF*, 138(1), 86—101. <https://doi.org/10.1080/11035897.2015.1067253>.
- Shumlyanskyy, L., Hawkesworth, C., Billström, K., Bogdanova, S., Mytrokhyn, O., Romer, R., & Bilan, O. (2017). The origin of the Palaeoproterozoic AMCG complexes in the Ukrainian Shield: new U-Pb ages and Hf isotopes in zircon. *Precambrian Research*, 292, 216—239. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2017.02.009>.
- Stepanyik, L.M., Kurylo, S.I., Kotvytska, I.M., & Hrinchenko, O.V. (2019). Potassium bearing rocks of Ukrainian shield: mass balance. *Geochemistry and Ore Formation*, (40), 58—63. <https://doi.org/10.15407/gof.2019.40.058>.
- Trypolsky, O.A., Topoliuk, O.V., & Gintov, O.B. (2019). The structure of the earth's crust of the central part of the Holovanivsk suture zone according to the reinterpretation of materials of IV geotraverse of NHS (PK 295-400). *Geofizicheskiy Zhurnal*, 41(1), 172—179. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158870>.
- Zeh, A., Klemd, R., & Barton, J.M. (2005). Petrological evolution in the roof of the highgrade metamorphic Central Zone of the Limpopo Belt, South Africa. *Geological Magazine*, 142(3), 229—240. <https://doi.org/10.1017/S001675680500052X>.
- Van Reenen, D.D., Boshoff, R., Smit, C.A., Perchuk, L.L., Kramers, J.D., McCourt, S., & Armstrong, R.A. (2008). Geochronological problems related to polymetamorphism in the Limpopo Complex, South Africa. *Gondwana Research*, 14, 644—662. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2008.01.013>.