

<https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2025.1.316107>

УДК 551.24/550.341.334 (477)

Результати вивчення земної кори і мантії України у першій чверті ХХІ ст. за геофізичними даними

E-mail: vstar@igph.kiev.ua,
<https://orcid.org/0000-0002-7960-0011>;
oleg.gintov@gmail.com,
<https://orcid.org/0000-0002-0974-129X>

V.I. Старостенко, О.Б. Гінтов

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна

Received / Надійшла до редакції:
09.12.2024

Received in revised form /
Надійшла у ревізованій формі:
09.02.2025

Accepted / Прийнята:
28.02.2025

Results of the study of the Earth's crust and mantle of Ukraine in the first quarter of the XXI century according to geophysical data

V.I. Starostenko, O.B. Gintov

S.I. Subbotin Institute of Geophysics of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Keywords: Ukraine, tectonics, deep structure, geophysics, seismic sounding, earth's crust, mantle.

Ключові слова: Україна, тектоніка, глибока структура, сейсмосондування, земна кора, мантія.

The paper focuses on the studies at the beginning of the XXI century, which made a decisive contribution to the revision of some issues related to geodynamic processes and elucidation of tectonics and deep structure of the territory of Ukraine. The main geophysical method is deep seismic sounding of the Earth's crust and mantle in the wide-angle reflection/refraction modification, which was carried out in Ukraine by an international team of geophysicists and geologists at the Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine with the participation of specialists from Ukraine and many European countries. The deep seismic sounding was accompanied by the construction of density, geomagnetic, geothermal, geoelectric, tectonophysical, seismic and tomographic models of the crust and mantle, and was supplemented by the materials of geological survey and determination of the isotopic age of rocks. The fault and megablock structure of the Ukrainian Shield and the layered structure of its crust, the deep structure and origin of the Dnipro-Donetsk Depression, Volyn-Podolsk Plate, Trans-European Suture Zone and other geostructures were considered. Deep seismic surveys and wide-angle reflection/refraction profiles have identified fault zones that extend into the mantle and sink into the crust. Tectonophysical studies have revealed sub-horizontal movements along the faults, as well as horizontal stress fields covering the crust of the regions of Ukraine. These data indicate that, since the Neoproterozoic, the Ukrainian Shield has been developing by the mechanisms of plate-plume tectonics, and with regard to the Dnipro-Donetsk depression rift-syncline, it is concluded that the most correct hypothesis of its formation may be the rift-generating geodynamic hypothesis, which is based on the established existence of the Paleotethys ocean and the unification of the continents of Laurasia and Gondwana in the Carboniferous-Triassic by subduction-collision.

© Видавець Інститут геологічних наук НАН України, 2025. Стаття опублікована за умовами відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

© Publisher Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, 2025. This is an Open Access article under the CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Цитування: Старостенко В.І., Гінтов О.Б. Результати вивчення земної кори і мантії України у першій чверті ХХІ ст. за геофізичними даними. *Геологічний журнал*. 2025. № 1 (390). С. 3–11. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2025.1.316107>

Citation: Starostenko V.I., Gintov O.B. 2025. Results of the study of the Earth's crust and mantle of Ukraine in the first quarter of the XXI century according to geophysical data. *Geologičnij žurnal*, 1 (390): 3–11. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2025.1.316107>

Вступ

Перша чверть XXI ст. для геофізичної та геологічної спільноти України ознаменувалася значними досягненнями у вивченні глибинної будови та геодинаміки земної кори і мантії зони переходу від Євразійської плити (ЄАП) до Альпійсько-Гімалайського поясу (АГП), тобто південно-західної частини Східноєвропейського кратону (СЕК) – Сарматії, Українських Карпат, Кримського півострова й Азово-Чорноморського регіону. Насамперед ці досягнення пов'язані з виконанням серії глибинних ширококутних сейсмічних досліджень (*wide angle reflection refraction* – WARR), гравіметричним моделюванням будови земної кори з використанням комплексу автоматизованої інтерпретації потенційних полів GMT-Auto, широкими тектонофізичними, геотермічними, геомагнітними і геоелектричними дослідженнями, розробкою і застосуванням методики сейсмотомографічного вивчення мантії Євразії, відходом від старих фіксистських поглядів і розвитком нових теоретичних палеогеодинамічних побудов. Саме на цей час припадає етап інтенсивних спільних досліджень з геофізиками і геологами Польщі, Швеції, Німеччини, Нідерландів, Данії, Шотландії, Фінляндії, Румунії та деяких інших країн у рамках проєктів GeoRift, EUROBRIDGE, CELEBRATION 2000 Міжнародної програми EUROPROBE Європейського наукового фонду, які включали об'ємні і дорогі польові сейсмометричні спостереження, що робиться тепер нечасто.

Роботи за міжнародними проєктами GeoRift, EUROBRIDGE, CELEBRATION 2000 – це великий самостійний блок досліджень. Окрім проведення дорогих сейсмометричних польових спостережень методами WARR, які замінили більш ранні методи глибинних сейсмічних зондувань (ГСЗ), вони склалися з: 1) обробки та інтерпретації їх результатів із залученням найсучасніших програмних комплексів; 2) широких геолого-геофізичних узагальнень з проблем глибинної будови та геотектоніки практично всіх геотектонічних регіонів України. В її межах прокладено 10 профілів WARR – EUROBRIDGE'97 (Thybo et al., 2003; Grad et al., 2006), DOBRE-99 (Maystrenko et al., 2003; Grad et al., 2003), DOBRE-2 (Старостенко и др., 2008; Tolkunov et al., 2011), PANCAKE (Starostenko et al., 2013a), DOBRE-4 (Starostenko et al., 2013b; Janik et al., 2016), DOBRE-5 (Starostenko et al., 2015), GEORIFT-2013 (Starostenko et al., 2018), RomUkrSeis

(Starostenko et al., 2020), TTZ-South (Janik et al., 2022), SHIELD'21 (Starostenko et al., 2023). Загалом роботи за проєктами GeoRift та EUROBRIDGE – це великий науковий та науково-організаційний успіх, який, поряд з іншими роботами, зміцнив авторитет Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України як одного з провідних, високопрофесійних та сучасних геофізичних центрів Європи. Значна частина результатів за цими напрямками опублікована в найпрестижніших міжнародних (європейських) і американських геофізичних та геологічних журналах, а також у монографіях, виданих у Парижі і Лондоні.

Як результат, уже в першому двадцятиріччі XXI ст. було отримано велику кількість геологічних і, особливо, геофізичних даних, що вказують на необхідність перегляду моделей геологічного розвитку території України і, відповідно, нових поглядів на геолого-геофізичні критерії пошуків корисних копалин.

Метою цієї статті є узагальнення матеріалів, отриманих у результаті виконання означених досліджень, їх аналіз і підбиття підсумків за останні 25 років.

Тектонічний поділ території досліджень, за Тектонічною картою України (Тектонічна..., 2007), включає: Український щит (УЩ), Дніпровсько-Донецьку западину (ДДЗ), південно-західну частину Воронежського кристалічного масиву (ВМ), Волино-Подільську плиту (ВПП) з елементами, що її складають (Львівсько-Люблинський та Боянецький палеозойські прогини (ЛЛБП), Волино-Подільська монокліналь (ВПМ), у тому числі Молдовська монокліналь (ММ)), Передкарпатський прогин (ПКП), Південноукраїнську монокліналь (ПМ), Кримсько-Чорноморський регіон (рис. 1).

Сучасні сейсмічні дослідження

Профілі за методикою ширококутного відбиття/заломлення (WARR), виконані в межах України та суміжних регіонів (див. рис. 1), дозволили уточнити положення границі Мохо, тобто потужність земної кори, а також її швидкісний розріз, у тому числі структурні неоднорідності окремих мегаблоків, ідентифікацію хвилеводів, перехідних зон між корою та мантією. Було досліджено глибинні тектонічні зони у верхній частині літосфери (до глибини 50–75 км), а також уточнено положення контактних зон між плитами Сарматією, Фенноскандією та Західноєвропейською платформою (ЗЄП), структуру Транс'європейської шовної зони (ТЄШЗ, або, за публікаціями євро-

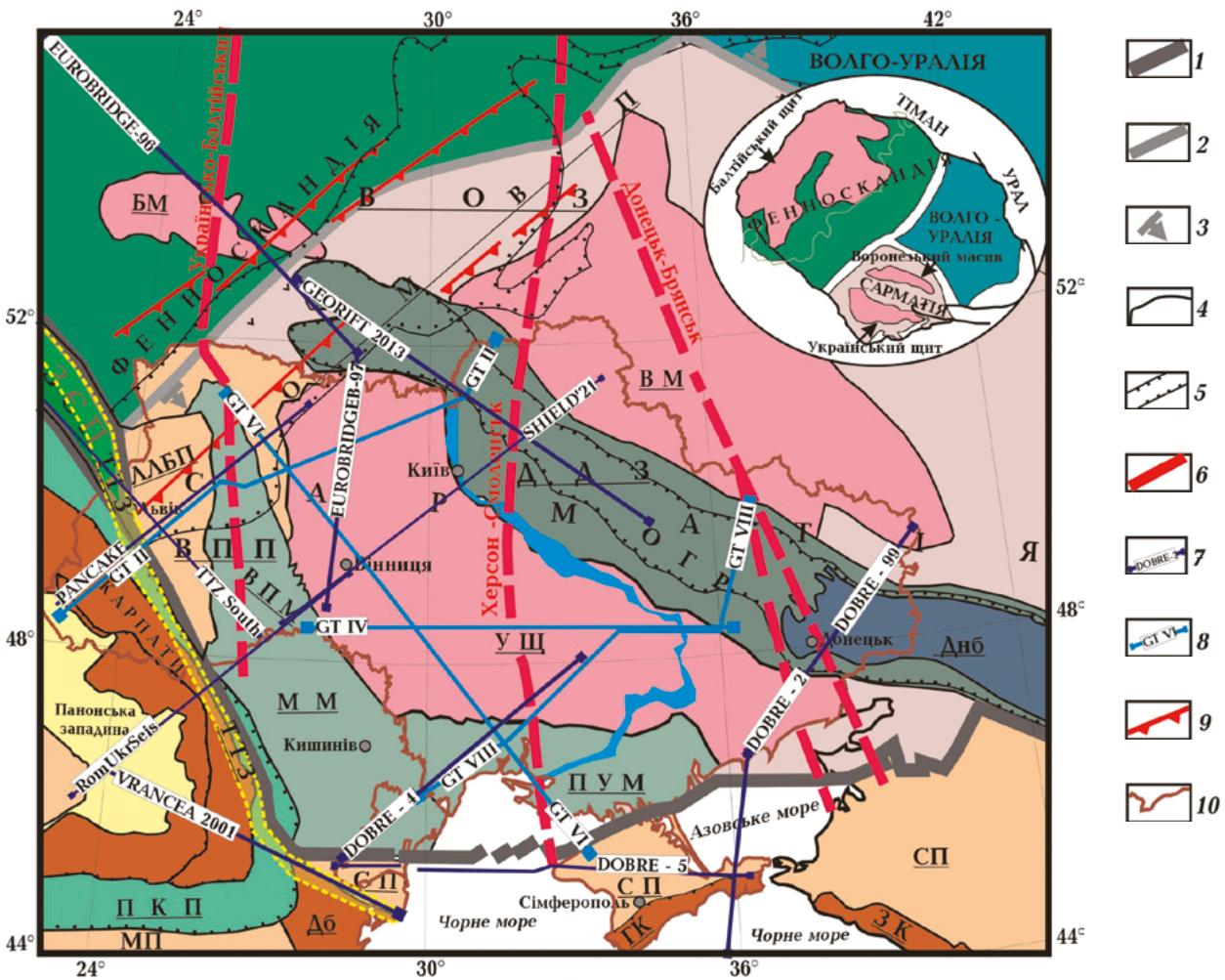


Рис. 1. Основні тектонічні регіони Сарматії та її оточення (Гинтов, Пашкевич, 2010; Очерки..., 2018) з доповненням: 1 – границя Східноєвропейського кратону; 2 – границі між надструктурними елементами Східноєвропейського кратону: Фенноскандією, Сарматією та Волго-Уралією, за (Bogdanova et al., 1996; Гинтов, Пашкевич, 2010); 3 – напрямок падіння зон зчленування сегментів Східноєвропейського кратону (на врізці); 4 – контури регіонів у межах Сарматії: УЩ – Український щит, ВМ – Воронезький кристалічний масив, ДДЗ – Дніпровсько-Донецька западина (Днб – Донбас), ОМВП – Осницько-Микашевичський вулканно-плутонічний пояс, ВПП – Волино-Подільська плита (ВПМ – Волино-Подільська, в тому числі ММ – Молдовська монокліналі, ЛЛБП – Люблінсько-Львівсько-Боянецький прогин, ПКП – північно-східна частина Передкарпатського прогину), ТТЗ – зона Тейссере-Торнквіста, ПУМ – Південноукраїнська монокліналь; 5 – контури окремих западин і грабенів у межах Сарматії: ВОЗ – Волино-Орашанська западина, ОГР – осьовий грабен ДДЗ; 6 – трансрегіональні тектонічні шви Херсон-Смоленськ, Донецьк-Брянськ та Українсько-Балтійський; 7 – профілі WARR; 8 – геотраверси ГСЗ; 9 – розломи, що обмежують Волино-Орашанську западину, за (Bogdanova et al., 1996); 10 – контур України. Позначення регіонів за межами Сарматії: ЗЄП – Західноєвропейська платформа, БМ – Білоруський масив, ПКП – Передкарпатський прогин, СП – Скіфська плита, Дб – Добруджа, ГК – Гірський Крим, ЗК – Західний Кавказ

Fig. 1. The main tectonic regions of Sarmatia and its surroundings, after (Gintov and Pashkevich, 2010; Essays..., 2018) with additions: 1 – boundary of the East European craton; 2 – boundaries between the supra-structural elements of the East European craton: Fenno-scandia, Sarmatia, and Volga-Uralia according to (Bogdanova, 1996; Gintov, Pashkevich, 2010); 3 – direction of fall of joint zones of segments of Eastern European craton (on the insert); 4 – contours of regions within Sarmatia: Ush – Ukrainian Shield, VM – Voronezh Crystalline Massif, DDD – Dniipro-Donetsk Depression (Dnb – Donbas), OMPV – Osnitsko-Mykashkevych volcanic-plutonic belt, VPP – Volyno-Podilsk Plate (VPM – Volyno-Podilsk, including MM – Moldavian monocline, LLBP – Lublin-Lviv-Boyanets belt, PCP – northeastern part of the Fore-Carpathian trough), TTZ – Teisser-Tornquist zone, SUM – South Ukrainian monocline; 5 – contours of individual depressions and grabens within Sarmatia: VOD – Volyn-Orshan depression, OGR – axial graben of the DDD; 6 – Kherson-Smolensk, Donetsk-Bryansk, and Ukrainian-Baltic transregional tectonic sutures; 7 – WARR profiles; 8 – geotraverses of the DSS; 9 – faults that limit the Volyn-Orshan depression, according to (Bogdanova, 1996); 10 – Outline of Ukraine. Letter designations of regions outside Sarmatia: ЗЄП – Western European Platform, ВМ – Belorussian massif, ПКП – Precarpathian massif, СП – Scythian plate, Дб – Dobrudzha, МС – Mountainous Crimea, WC – Western Caucasus

пейських дослідників, ТТЗ – зони Тейссейре-Торнквіста). Ширококутна сейсміка з реєстрацією як відбитих, так і заломлених сейсмічних хвиль виявилася надійним і досить точним інструментом вирішення цього завдання.

Для прикладу наведемо один з 10 профілів WARR (Thybo et al., 2003), прокладених на території України, – профіль EUROBRIDGE'97 (рис. 2), котрий перетинає Прип'ятський прогин (у межах Біларусі) та УЩ (див. рис. 1).

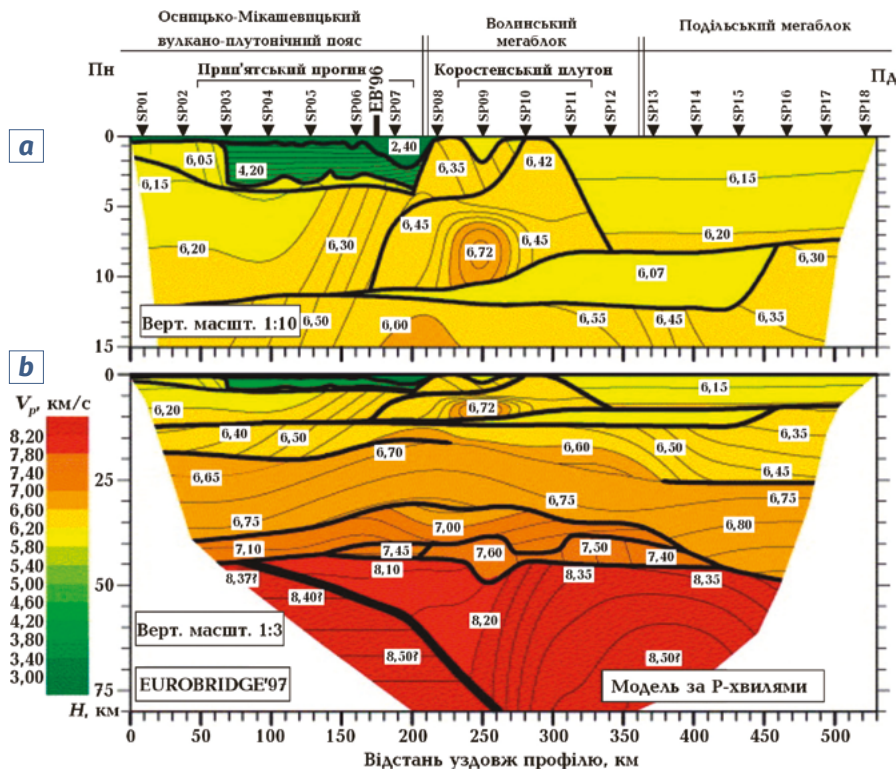


Рис. 2. Двовимірний модель швидкості Р-хвиль по профілю EUROBRIDGE'97 (Thybo et al., 2003): *a* – деталі верхньої кори; *b* – повна літосферна модель. Товсті чорні лінії – основні швидкісні границі. Відбивач у мантії обмежений лише відбиттями, тому швидкість під ним невідома. Тонкі лінії – це ізолінії швидкості зі значеннями (км/с), наведеними в білих прямокутниках. Стрілки показують положення пунктів вибуху

Fig. 2. Two-dimensional model of P-wave velocity based on the EUROBRIDGE'97 profile (Thybo et al., 2003: *a* – details of the upper crust; *b* – full lithospheric model. Thick black lines represent the main velocity boundaries. The reflector in the mantle is limited to reflections only, so the velocity below it is unknown. Thin lines represent velocity isolines with values (km/s) shown in white rectangles. Arrows indicate the positions of the explosion points

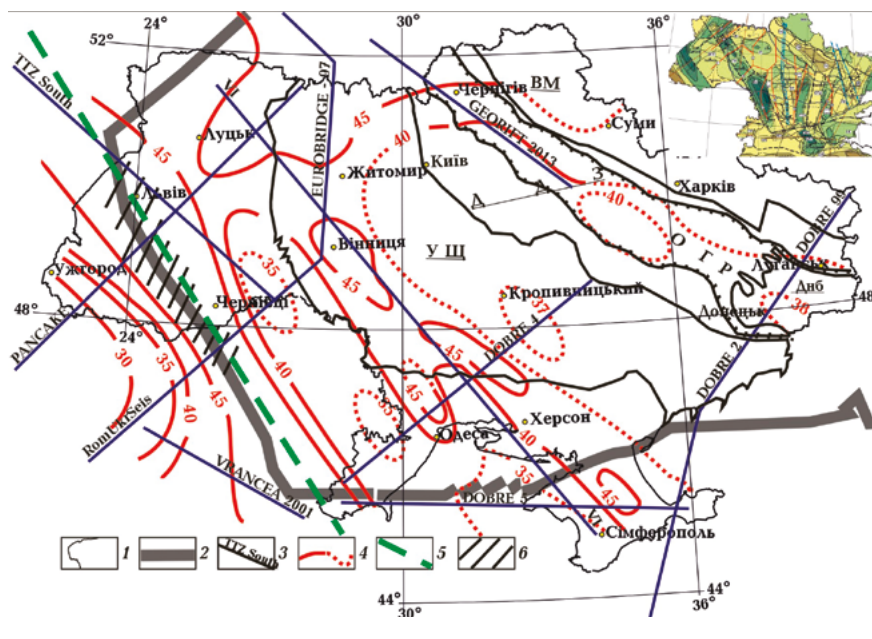


Рис. 3. Схема рельєфу поверхні Мохо в межах території України, за даними WARR: 1 – контур території України; 2 – межі Сарматії; 3 – профілі WARR; 4 – ізоглибини (км) розділу Мохо, крапкові ізолінії – здогадки; 5 – осьова лінія ТТЗ; 6 – ділянка ТТЗ, де глибини Мохо наближаються до 49 км. На врізці – схема Мохо 2018–2021 рр.

Fig. 3. Scheme of Moho surface relief within the territory of Ukraine, according to WARR: 1 – outline of Ukraine; 2 – borders of Sarmatia; 3 – WARR profiles; 4 – isodepths of the Moho section, dotted isolines are assumed; 5 – axial line of the TTZ; 6 – section of the TTZ where the Moho depths approach 49 km. The inset shows the 2018–2021 Moho scheme

За матеріалами профілів WARR, швидкісна структура кристалічної кори УЩ характеризується в основному поступовим зростанням V_p від 5,4–6,15 км/с біля денної поверхні до 6,6–7,6 км/с поблизу поверхні Мохо. За середніми швидкісними характеристиками кора УЩ поділяється на три шари: верхній (5,8–6,3 км/с), середній (6,3–6,7 км/с), нижній (6,7–7,4 км/с). Середня потужність земної кори становить 40–45 км, що на 5 км менше від старих даних ГСЗ.

За даними WARR авторами побудована схема рельєфу поверхні Мохо (рис. 3). Ця схема менш детальна, ніж попередні аналогічні схеми, побудовані за даними ГСЗ (Соллогуб, 1986; Очерки..., 2018; Макаренко, 2021), але більш точна щодо глибин і швидкостей. Глибини до Мохо майже скрізь менші 50 км і досягають цього значення лише в кільовидних прогинах Мохо на профілях PANCAKE і RomUkrSeis. Розділ Мохо на профілях WARR більш виразний,

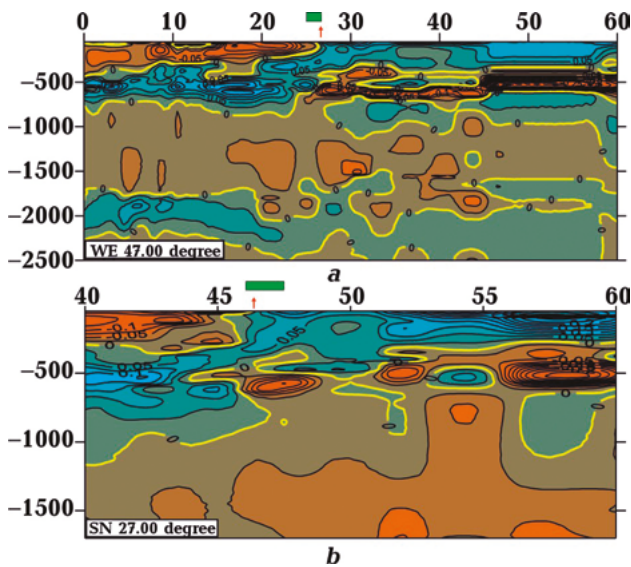


Рис. 4. Вертикальні широтний і довготний перетини тривимірної Р-швидкісної моделі мантії України вздовж 47° пн. ш. (а) і 27° сх. д. (b) (Гинтов та ін., 2022). Вертикальний (км)/горизонтальний (широти і довготи) масштаби приблизно: 1×1 – верхній рисунок і 1×2 – нижній. Зеленими прямокутниками показано ТТЗ, червоними стрілками – початок занурення слэбу у верхню мантію, жовтим – швидкісні границі між підвищеними (відтінки блакитного) і пониженими (відтінки червоного) швидкостями (нульові ізолінії)

Fig. 4. Vertical latitudinal and longitudinal cross-sections of the three-dimensional P-velocity model of the Ukraine mantle along 47°N (a) and 27°E (b) (Gintov et al., 2022). Vertical (km)/horizontal (latitude and longitude) scales are approximately: 1×1 for the upper figure and 1×2 for the lower one. The green rectangles show the TTZ, the red arrows indicate the beginning of the slab's immersion in the upper mantle, the yellow lines show the velocity boundaries between the increased (shades of blue) and decreased (shades of red) velocities (zero isolines)

тому що перехід від нижньої кори до мантії тут більш різкий (за середніми значеннями ступінь V_p на Мохо становить 1,25 км/с), тоді як на геотраверсах ГСЗ він слабкіший (ступінь на Мохо сягає 0,95 км/с).

Уточнено південно-західну межу СЕК у зоні переходу до ЗЄП (зони ТТЗ), яка завжди була спірною. Показано, що ця межа контролюється Передкарпатським глибинним розломом, який з'єднує найглибшу точку кільовидного прогину Мохо із ступінню амплітудою близько 5 км у поверхні кристалічного фундаменту і виходить на денну поверхню в межах сучасного Передкарпатського прогину. Зоні ТТЗ, яка має ширину до 150–200 км (на рис. 3 вона займає площу між ізолініями 45 км), відповідає Підкарпатський трог глибиною до 20 км, заповнений палео-мезо-кайнозойськими відкладами і подрібненою кристалічною корою, який чітко фіксується на профілях PANCAKE і RomUkrSeis.

Одним з головних досягнень досліджень ГСЗ та WARR є встановлення цими методами похилих та лістричних відбивних і заломлених лінементів, які перетинають кору і заглиблюються в верхню мантію або спостерігаються під Мохо, не перетинаючи кору (див. рис. 2). За даними сейсмотомаграфічних досліджень методом Тейлорового наближення, виконаних в Інституті геофізики НАН України (Геуко, 2004; Геуко и др., 2006), такі лінементи можуть заглиблюватися в мантію на 600 км і глибше. В роботах (Гинтов и др., 2014; Гинтов, 2019; Гинтов та ін., 2022) геологічно проінтерпретовано матеріали сейсмотомаграфії із залученням даних палеогеодинамічних і палеогеографічних реконструкцій. Показано, що встановлені у верхній мантії лістричні лінементи фіксують поверхні нахилених шарів потужністю 150–200 км і протяжністю 250–1100 км та відповідають ділянкам літосферних плит (слебам), які занурювались в астеносферу в різні проміжки часу починаючи з кінця неоархею. Практично скрізь початок цих субдукційних слэбів біля поверхні збігається з відомими або такими, що припускаються за геологічними даними, сутурними зонами.

Приклад вертикальних перетинів мантії зі слэбами, які перетинають лінію ТТЗ і утворилися в ордовику–силурі чи пермо–тріасі під час формування давніх комплексів, наведено на рис. 4. Ізолінії на перетинах проведено за формулою $\delta = V_p - V_{p_{aver}}$ ($V_{p_{aver}}$ – референтна модель поздовжніх хвиль Євразії (Геуко, 2004)), які добре висвітлюють швидкісні аномалії поздовжніх хвиль у мантії. Широтний слэб (WE 47.00) протяжністю 1100 км заглиблюється в мантію на 310 км, а довготний (SN 27.00) протяжністю 700 км – на 405 км від Сарматії під ТТЗ і ЗЄП.

На інших сейсмотомаграфічних перетинах (SN 15.00–17.00, 25.00–30.00, 35.00–39.00; WE 44.00–46.00, 52.00–53.00) зафіксовано слэби, які відображають субдукцію Фенноскандії під майбутні ТТЗ і ЗЄП, Фенноскандії та Волго-Уралії під Сарматію у ранньому протерозої, від ЗЄП під ТТЗ у мезо-кайнозої.

Інші геофізичні методи

Тектонофізичними дослідженнями УЩ доведено субгоризонтально-зсувну природу більшості розломів щита, в тому числі розломів у межах шовних зон (Гинтов, Пашкевич, 2010; Очерки..., 2018). Це свідчить про справедливість плито-

тектонічної ідеї щодо розвитку УЩ у неоархеї–ранньому протерозої. Варто зазначити, що якими б механізмами не намагалися пояснити будову та історію розвитку УЩ, одним із визначальних факторів цього розвитку були великі горизонтальні зсуви блоків літосфери вздовж протяжних зон розломів, які виходять далеко за межі щита, та поля тангенціальних тектонічних напруг.

Геотермічна (Кутас, 2018, с. 23) і густинна (Макаренко, 2021) моделі земної кори України побудовані з використанням сейсмічних матеріалів уздовж геотраверсів ГСЗ, сучасних сейсмічних досліджень методами WARR, комплексу геологічних, петрофізичних даних і розраховані за допомогою комплексу автоматизованої інтерпретації потенційних полів GMT-Auto (Старостенко і др., 2015). Геотермічне моделювання включало побудову моделей розподілу радіогенних дже-

рел тепла та теплофізичних параметрів порід на основі створення моделі геологічного середовища, оцінку корової та мантійної складових теплового потоку, розрахунок сучасного розподілу теплових потоків і температур у земній корі. В результаті були побудовані геотермічні моделі земної кори України, які, зокрема, вказують на масштабні горизонтальні рухи – насуви та підсуви – блоків кори УЩ та інших регіонів.

За гравітаційними даними у прийнятому, звичай, тришаровому поділі земної кори обчислені потужності умовно виділених «гранітного», «діоритового», «базальтового» шарів, які відповідають верхній, середній і нижній корі профілів WARR. Отримана густинна неоднорідність слугувала основою для побудови тривимірної схеми прогнозного складу земної кори (рис. 5) і схеми розподілу густини в обсязі земної кори України та суміжних регіонів.

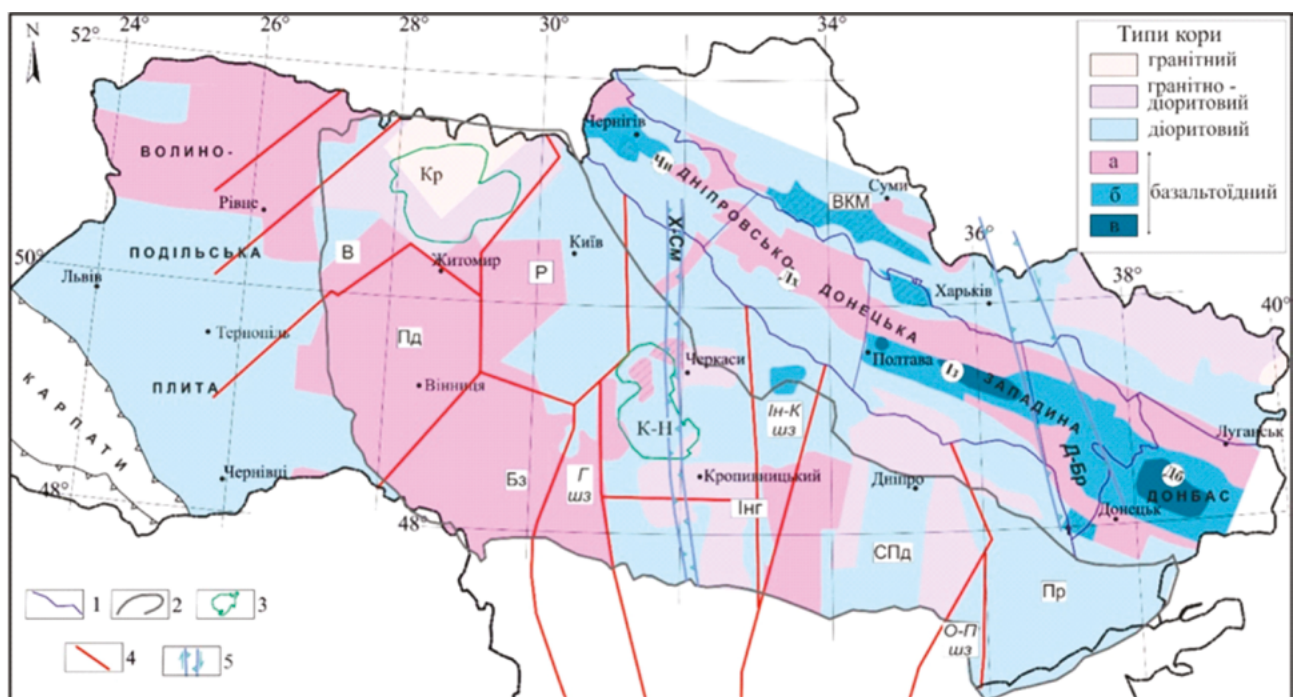


Рис. 5. Типізація земної кори платформної частини України за співвідношенням її головних шарів (Макаренко, 2021): 1 – границя ДДЗ; 2 – контур УЩ; 3 – плутони габро-анортозит-рапаківи: Коростенський (Кр), Корсунь-Новомиргородський (К-Н); 4 – міжмегаблокові зони розломів УЩ; 5 – трансрегіональні тектонічні шви: Х-С – Херсон–Смоленськ, Д-Бр – Донецьк–Брянськ. Мегаблоки УЩ: В – Волинський; Пд – Подільський; Р – Росинський; Бз – Бузький; Ін – Інгульський; Спд – Середньопридніпровський; Пр – Приазовський. Шовні зони: Гшз – Голованівська; І-Кшз – Інгулецько-Криворізька; О-Пшз – Оріхово-Павлоградська. Головні сегменти в межах ДДЗ: Чн – Чернігівський, Лх – Лохвицький, Із – Ізюмський, Дб – Донбаський. Підтипи базальтоїдного типу кори з вмістом базальту: підтип 1 – 40–70 % (а), підтип 2 – 70–90 % (б), підтип 3 – 100 % (в). Штриховкою показано тип кори, який характеризується присутністю в розрізі «базальтового» і «гранітного» шарів (при відсутності або дуже малій потужності «діоритового»). Подібний тип кори притаманний Інгульському мегаблоку УЩ та північній бортовій зоні ДДЗ

Fig. 5. Typification of the earth's crust of the platform part of Ukraine by the ratio of its main layers (Makarenko, 2021): 1 – boundary of the DDZ; 2 – contour of the Ukrainian Shield; 3 – gabbro-anorthosite-rapakivi plutons: Korosten (Kr), Korsun-Novomyrhorod (K-N); 4 – intermegablock fault zones of the Ukrainian Shield; 5 – transregional tectonic seams: Kh-S – Kherson-Smolensk, D-Br – Donetsk-Bryansk. Ukrainian Shield megablocks: V – Volyn; Pd – Podillya; R – Ros; Bz – Buzk; In – Ingulsk; MD – Middle Dnieper; Pr – Priazov. Suture zones: Gsz – Holovanivsk; I-Ksz – Ingulets-Kryviy Rig; O-Psz – Orikhovo-Pavlograd. The main segments within the DDZ: Chn – Chernigiv, Lh – Lohvitysia, Iz – Iziun, Db – Donbas. Subtypes of basaltic crustal type with basalt content: subtype 1 – 40–70 % (a), subtype 2 – 70–90 % (b), subtype 3 – 100 % (v). Hatching indicates the crustal type which is characterised by the presence of "basalt" and "granite" layers in the section (with the absence or very small thickness of "diorite"). A similar crustal type is inherent in the Ingul megablock of the Ukrainian Shield and the northern side zone of the DDZ

Геотермічна і густинна моделі доповнюють сейсмічні дані на площах, де профілі WARR відсутні.

Геофізичні – сейсмічні та гравіметричні – дані не підтверджують поглядів на наявність у ДДЗ рифейського грабену за аналогією з іншими авлакогенами СЕК. Профілями WARR DOBRE-1999–2001 та GeoRift-13 (Maystrenko et al., 2003; Starostenko et al., 2018) достеменно встановлено, що під девонськими відкладами осьового рифту ДДЗ залягають основні–ультраосновні породи океанічного типу, а не рифейські осади, як передбачалося раніше. Показано, що найбільш правдоподібною може бути рифтогенно-геодинамічна гіпотеза утворення ДДЗ, яка виходить з процесу існування океану Палеотетис і об'єднання в карбоні–тріасі внаслідок субдукції–колізії континентів Лаврусії та Гондвани. Рифтогенна і палеогеодинамічна гіпотези утворення ДДЗ не протирічать, а доповнюють одна одну, маючи за аналогію деякі сучасні авлакогени, наприклад, Аденський.

Геомагнітними дослідженнями XXI ст. підтверджено семимегаблокову структуру УЩ, розроблено геомагнітну модель земної кори і виділено мегаблоки з наявністю в середній та нижній корі регіональних магнітних джерел або їх відсутністю. Побудовано сучасну карту аномального магнітного поля України на основі наземних і аеромагнітних зйомок масштабів 1:50 000 – 1:10 000 (Орлюк и др., 2015).

Геоелектричними дослідженнями, які у XXI ст. виконано методами побудови дво- і тривимірних моделей розподілу електричного опору за експериментальними даними МТЗ і МВП, доведено існування в земній корі та верхній мантії України численних анома-

лій високої електропровідності. Ці аномалії контролюються зонами глибинних розломів і пов'язані з ділянками, збагаченими рудними компонентами і графітом або зонами проникнення флюїдів і вуглеводнів (Бурахович и др., 2015; Логвинов, Тарасов, 2019).

Висновки

Таким чином, одержані у першій чверті XXI ст. геофізичні та геологічні дані не залишають сумнівів у тому, що геологічний розвиток Сарматії, в тому числі платформної території України, від неоархею до сучасності відбувався за геодинамічними законами плитової–плюмової тектоніки, яким автори не бачать серйозної альтернативи. Це вказує на необхідність перегляду моделей геологічного розвитку території України і, відповідно, нових поглядів на геолого-геофізичні критерії пошуків корисних копалин.

Робота виконана за основним пріоритетним тематичним напрямом Відділення наук про Землю 1.5.2.1. «Вивчення глибинної будови літосфери методами геофізики з метою пошуку корисних копалин», затвердженою Постановою Президії НАН України від 10.01.2024 № 8 і Постановою Кабінету Міністрів України від 30.04.2024 р. № 476.

Автори хочуть особливо відзначити польську групу вчених – М. Града, Т. Яніка, В. Чубу, П. Срьоду, А. Гутерха, П. Олександровського, Д. Войцка, А. Гуцинського, котрі брали активну участь у виконанні сучасних сейсмічних досліджень території України за методикою WARR. Ми дякуємо анонімним рецензентам за коментарі, які допомогли покращити нашу статтю.

У роботі головну увагу сконцентровано на дослідженнях початку XXI ст., які зробили суттєвий внесок у перегляд деяких питань щодо геодинамічних процесів та з'ясування тектоніки і глибинної будови території України. Основним геофізичним методом є глибинне сейсмічне зондування земної кори і мантії в модифікації ширококутного відбиття/заломлення, яке виконано в Україні міжнародним колективом геофізиків і геологів на базі Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України за участю спеціалістів України та багатьох країн Європи. Глибинне сейсмічне зондування супроводжувалося побудовою густинних, геомагнітних, геотермічних, геоелектричних, тектонофізичних, сейсмотомографічних моделей кори і мантії, а також доповнювалося матеріалами геологічного здіймання та визначення ізотопного віку гірських порід. Розглянуто розломно-мегаблокову структуру Українського щита і поширенню будову його кори, глибинну будову і походження Дніпровсько-Донецької западини, Волино-Подільської плити, Транс'європейської шовної зони та інших геоструктур. Глибинними сейсмічними зондуваннями і профілями ширококутного відбиття/заломлення встановлено лістричні зони розломів, котрі, виположуючись, занурюються в мантію. Тектонофізичними дослідженнями встановлено субгоризонтальні рухи вздовж розломів, а також поля горизонтальних напруг, що охоплюють земну кору регіонів України. Ці дані вказують на те, що починаючи з неоархею Український щит розвивався за механізмами плитово-плюмової тектоніки. Відносно рифт-синеклізи Дніпровсько-Донецької западини зроблено висновок, що найбільш правдоподібною може бути рифтогенно-геодинамічна гіпотеза її утворення, яка виходить з процесу існування океану Палеотетис і об'єднання в карбоні–тріасі внаслідок субдукції–колізії континентів Лаврусії та Гондвани. Профілями Dobre-1999–2001 та GeoRift-13 встановлено, що під девонськими відкладами осьового рифту западини залягають основні–ультраосновні породи океанічного типу, а не рифейські осади, як вважалося раніше

Список літератури

- Бурахович Т.К., Николаев И.Ю., Шеремет Е.М., Ширков Б.И. Геоэлектрические аномалии Украинского щита и их связь с рудопроявлениями полезных ископаемых. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37, № 6. С. 42–63.
- Гейко В.С., Шумлянская Л.А., Бугаенко И.В., Заец Л.Н., Цветкова Т.А. Трехмерная модель верхней мантии Украины по временам прихода Q-волн // *Геофиз. журн.* 2006. Т. 28, № 1. С. 3–16.
- Гінтов О.Б., Цветкова Т.О., Бугаєнко І.В., Заєць Л.М., Муровська Г.В. Глибинна будова Транс-Європейської шовної зони (за матеріалами сейсмографії та ГСЗ) і деякі уявлення про її розвиток. *Геофіз. журн.* 2022. Т. 44, № 6. С. 63–87. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i6.273640>
- Кутас Р.И. Карта плотности теплового потока в мВт/м² территории Украины. *Очерки геодинамики Украины*: Старостенко В.И., Гинтов О.Б. (ред.). Киев: ВІ ЕН ЕЙ, 2018. С. 310–323.
- Логвинов И.М., Тарасов В.Н. Электропроводность коры и мантии Восточно-Европейской платформы в западной части Украины по данным 2D инверсии. *Геофиз. журн.* 2019. Т. 41, № 1. С. 44–75. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158863>
- Макаренко И.Б. Плотностная неоднородность земной коры Украины и смежных регионов по данным трехмерного гравитационного моделирования. *Геофиз. журн.* 2021. Т. 43, № 2. С. 45–85. <https://doi.org/10.24028/gzh.v43i2.230190>
- Орлюк М.И., Роменец А.А., Марченко А.В., Орлюк И.М., Иващенко И.Н. Магнитное склонение на территории Украины: результаты наблюдений и вычислений. *Геофиз. журн.* 2015. Т. 37, № 2. С. 73–85.
- Очерки геодинамики Украины: Старостенко В.И., Гинтов О.Б. (ред.). Киев: ВІ ЕН ЕЙ, 2018. 465 с.
- Соллогуб В.Б. Литосфера Украины. Киев: Наукова думка, 1986. 183 с.
- Тектонічна карта України. М-б 1:1 000 000: Гурський Д.С., Круглов С.С. (гол. ред.). Київ, 2007.
- Bogdanova S.V., Pashkevich I.K., Gorbatshev R., Orlyuk M.I. Riphean rifting and major Palaeoproterozoic crustal boundaries in the basement of the East European Craton: geology and geophysics. *Tectonophysics*. 1996. Vol. 268. P. 1–21.
- Geyko V.S. A general theory of the seismic travel-time tomography. *Геофиз. журн.* 2004. Т. 26, № 2. С. 3–32.
- Grad M., Gryn' D., Guterch A., Janik T., Keller R., Lang R., Lyngsie S.B., Omelchenko V., Starostenko V.I., Stephenson R.A., Stovba S.M., Thybo H., Tolkunov A. "DOBRE fraction'99" – velocity model of the crust and upper mantle beneath the Donbas Foldbelt (East Ukraine). *Tectonophysics*. 2003. Vol. 371. P. 81–110. [http://doi.org/10.1016/S0040-1951\(03\)00211-7](http://doi.org/10.1016/S0040-1951(03)00211-7)
- Grad M., Janik T., Guterch A., Šroda P., Czuba W., EUROBRIDGE'94–97, POLONAISE'97 and CELEBRATION 2000 Seismic Working Groups – Lithospheric structure of the western part of the East European Craton investigated by deep seismic profiles. *Geol. Quart.* 2006. 50 (1). P. 9–22. Warszawa.
- Janik T., Šroda P., Czuba W., Lysynchuk D. Various Approaches to Forward and Inverse Wide-Angle Seismic Modelling Tested on Data from DOBRE-4 Experiment. *Acta Geophysica*. 2016. Vol. 64, No. 6. P. 1989–2019. DOI:10.1515/acgeo-2016-0084
- Janik T., Starostenko V., Aleksandrowski P., Yegorova T., Czuba W., Šroda P., Murovskaya A., Zayats K., Mechie J., Kolomiyets K., Lysynchuk D., Wójcik D., Omelchenko V., Legostaeva O., Głuszyński A., Tolkunov A., Amashukeli T., Gryn' D., Chulkov S. Lithospheric Structure of the East European Craton at the Transition from Sarmatia to Fennoscandia Interpreted from the TTZ-South Seismic Profile (SE Poland to Ukraine). *Minerals*. 2022. Vol. 12, No. 112. P. 1–124. <https://doi.org/10.3390/min12020112>
- Maystrenko Y., Stovba S., Stephenson R., Bayer U., Menyoli E., Gajewski D., Huebscher C., Rabbel W., Saintot A., Starostenko V., Thybo H., Tolkunov A. Crustal-scale pop-up structure in cratonic lithosphere: DOBRE deep seismic reflection study of the Donbas fold belt, Ukraine. *Geology*. 2003. Vol. 31, No. 8. P. 733–736. <https://doi.org/10.1130/G19329.1>
- Starostenko V., Janik T., Kolomiyets K., Czuba W., Šroda P., Grad M., Kovács I., Stephenson R., Lysynchuk D., Thybo H., Artemieva I.M., Omelchenko V., Gintov O., Kutas R., Gryn D., Guterch A., Hegedűs E., Komminaho K., Legostaeva O., Tiira T., Tolkunov A. Seismic velocity model of the crust and upper mantle along profile PANCAKE across the Carpathians between the Pannonian Basin and the East European Craton. *Tectonophysics*. 2013a. Vol. 608. P. 1049–1072. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.07.008>
- Starostenko V., Janik T., Yegorova T., Farfuliak L., Czuba W., Šroda P., Lysynchuk D., Thybo H., Artemieva I., Sosson M., Volfman Y., Kolomiyets K., Omelchenko V., Gryn D., Guterch A., Komminaho K., Legostaeva O., Tiira T., Tolkunov A. Seismic model of the crust and upper mantle in the Scythian Platform: the DOBRE-5 profile across the northwestern Black Sea and the Crimean Peninsula. *Geophysical Journal International*. 2015. Vol. 201. P. 406–428. <https://doi.org/10.1093/gji/ggv018>
- Starostenko V., Janik T., Yegorova T., Czuba W., Šroda P., Lysynchuk D., Aizberg R., Garetsky R., Karataev G., Gribik Y., Farfuliak L., Kolomiyets K., Omelchenko V., Komminaho K., Tiira T., Gryn D., Guterch A., Legostaeva O., Thybo H., Tolkunov A. Lithospheric structure along wide-angle seismic profile GEORIFT 2013 in Pripyat-DnieperDonets Basin (Belarus and Ukraine). *Geophysical Journal International*. 2018. Vol. 212. P. 1932–1962. <https://doi.org/10.1093/gji/ggx509>
- Starostenko V., Janik T., Mocanu V., Stephenson R., Yegorova T., Amashukeli T., Czuba W., Šroda P., Murovskaya A., Kolomiyets K., Lysynchuk D., Ochoń J., Dragut A., Omelchenko V., Legostaeva O., Gryn D., Mechie J., Tolkunov A. RomUkrSeis: Seismic model of the crust and upper mantle across the Eastern Carpathians – From the Apuseni Mountains to the Ukrainian Shield. *Tectonophysics*. 2020. Vol. 794. P. 1–28. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2020.22862>
- Starostenko V., Janik T., Czuba W., Šroda P., Murovskaya A., Yegorova T., Verpakhovska A., Kolomiyets K., Lysynchuk D., Wójcik D., Omelchenko V., Amashukeli T., Legostaeva O., Gryn D., Chulkov S. The SHIELD'21 deep seismic experiment. *Geofizicheskiy Zhurnal*. 2023. Т. 45, № 1. С. 3–10. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i1.275126>
- Thybo H., Janik T., Omelchenko V.D., Grad M., Garetsky R.G., Belinsky A.A., Karatayev G.I., Zlotski G., Knudsen M.E., Sand R., Yliniemi J., Tiira T., Luosto U., Komminaho K., Giese R., Guterch A., Lund C.-E., Kharitonov O.M., Ilchenko T., Lysynchuk D.V., Skobelev V.M., Doody J.J. Upper lithospheric seismic velocity structure across the Pripyat Trough and the Ukrainian Shield along the EUROBRIDGE'97 profile. *Tectonophysics*. 2003. Vol. 371. P. 41–79. [http://dx.doi.org/10.1016/S0040-1951\(03\)00200-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0040-1951(03)00200-2)
- Tolkunov A., Sydorenko G., Voitsytskiy Z., Starostenko V., Yegorova T., Stephenson R., Omelchenko V., Pobedash N., Polyvach N. Geological structure of the north-western terminus of the Eastern Black Sea Rift from new regional CDP profile DOBRE-2. *3rd International Symposium on the Geology of the Black Sea Region*. Abstr., Supplement to GEO-ECO-MARINA No. 17/2011, Bucharest, Romania, 2011. P. 187–189.

References

- Bogdanova S.V., Pashkevich I.K., Gorbatshev R., Orlyuk M.I. 1996. Riphean rifting and major Palaeoproterozoic crustal boundaries in the basement of the East European Craton: geology and geophysics. *Tectonophysics*, 268: 1–21.
- Burakhovich T.K., Nikolaev I.Yu., Sheremet E.M., Shirkov B.I. 2015. Geoelectrical anomalies of the Ukrainian shield and their connection with ore manifestations of useful minerals. *Geophysical Journal*, 37 (6): 42–63. <http://dx.doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i6.2015.111171> (in Russian).
- Essays on Geodynamics of Ukraine. (Eds. V.I. Starostenko, O.B. Gintov). Kyiv: VI EN EY, 2018 (in Russian).
- Geyko V.S. 2004. A general theory of the seismic travel-time tomography. *Geophysical Journal*, 26 (2): 3–32.
- Geiko V.S., Shumlyanska L.A., Bugaenko I.V., Zaets L.N., Tsvetkova T.A. 2006. Three-dimensional model of the upper mantle of

- Ukraine by the time of arrival of Q-waves. *Geophysical Journal*, 28 (1): 3–16 (in Russian).
- Gintov O.B. 2019. Plate-plume tectonics as a single mechanism of geodynamic development of the tectonosphere of Ukraine and adjacent regions. *Geophysical Journal*, 41 (6): 3–34. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i6.2019.190064> (in Russian).
- Gintov O.B., Egorova T.P., Tsvetkova T.A., Bugaenko I.V., Murovska A.V. 2014. Geodynamic features of the zone of articulation of the Eurasian plate and the Alpine-Himalayan belt within Ukraine and adjacent territories. *Geophysical Journal*, 36 (5): 26–63 (in Russian).
- Gintov O.B., Pashkevich I.K. 2010. Tectonophysical analysis and geodynamic interpretation of the three-dimensional geophysical model of the Ukrainian Shield. *Geophysical Journal*, 32 (2): 3–27 (in Russian).
- Gintov O.B., Tsvetkova T.O., Bugayenko I.V., Zayets L.M., Murovska G.V. 2022. Deep structure of the Trans-European Suture Zone (based on seismic and GSZ data) and some ideas about its development. *Geophysical Journal*, 44 (6): 63–87. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i6.273640> (in Ukrainian).
- Grad M., Gryn' D., Guterch A., Janik T., Keller R., Lang R., Lyngsie S.B., Omelchenko V., Starostenko V.I., Stephenson R.A., Stovba S.M., Thybo H., Tolkunov A. 2003. "DOBRE fraction'99" – velocity model of the crust and upper mantle beneath the Donbas Foldbelt (East Ukraine). *Tectonophysics*, 371: 81–110. [http://doi.org/10.1016/s0040-1951\(03\)00211-7](http://doi.org/10.1016/s0040-1951(03)00211-7)
- Grad M., Janik T., Guterch A., Ceroda P., Czuba W. 2006. EUROBRIDGE'94–97, POLONAISE'97 and CELEBRATION 2000 Seismic Working Groups – Lithospheric structure of the western part of the East European Craton investigated by deep seismic profiles. *Geol. Quart.*, 50 (1): 9–22. Warszawa.
- Janik T., Środa P., Czuba W., Lysynchuk D. 2016. Various Approaches to Forward and Inverse Wide-Angle Seismic Modelling Tested on Data from DOBRE-4 Experiment. *Acta Geophysica*, 64 (6): 1989–2019. DOI:10.1515/acgeo-2016-0084
- Janik T., Starostenko V.I., Aleksandrowski P., Yegorova T., Czuba W., Środa P., Murovska A., Zayats K., Mechie J., Kolomiyets K., Lysynchuk D., Wójcik D., Omelchenko V., Legostaeva O., Głuszyński A., Tolkunov A., Amashukeli T., Gryn' D., Chulkov S. 2022. Lithospheric Structure of the East European Craton at the Transition from Sarmatia to Fennoscandia Interpreted from the TTZ-South Seismic Profile (SE Poland to Ukraine). *Minerals*, 12 (112): 1–124. <https://doi.org/10.3390/min12020112>
- Kutas R.I. 2018. Map of heat flux density in mW/m² of the territory of Ukraine: Essays on the geodynamics of Ukraine. (Eds. V.I. Starostenko, O.B. Gintov). Kyiv: VI EN EY (in Russian).
- Logvinov I.M., Tarasov V.N. 2019. Electrical conductivity of the crust and mantle of the East European Platform in the western part of Ukraine based on 2D inversion data. *Geophysical Journal*, 41 (1): 44–75. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v41i1.2019.158863> (in Russian).
- Makarenko I.B. 2021. Density heterogeneity of the Earth's crust of Ukraine and adjacent regions according to the data of three-dimensional gravity modelling. *Geophysical Journal*, 43 (2): 45–85. <http://doi.org/10.24028/gzh.v43i2.230190> (in Russian).
- Maystrenko Y., Stovba S., Stephenson R., Bayer U., Menyoli E., Gajewski D., Huebscher C., Rabbel W., Saintot A., Starostenko V., Thybo H., Tolkunov A. 2003. Crustal-scale pop-up structure in cratonic lithosphere: DOBRE deep seismic reflection study of the Donbas fold belt, Ukraine. *Geology*, 31 (8): 733–736. <http://dx.doi.org/10.1130/g19329.1>
- Orlyuk M.I., Romenets A.A., Marchenko A.V., Orlyuk I.M., Ivashchenko I.N. 2015. Magnetic declination on the territory of Ukraine: results of observations and calculations. *Geophysical Journal*, 37 (2): 73–85 (in Russian).
- Sketches of geodynamics of Ukraine. (Eds. V.I. Starostenko, O.B. Gintov). 2018. Kyiv: VI EN EY (in Russian).
- Sollogub V.B. 1986. Lithosphere of Ukraine. Kyiv: Naukova Dumka (in Russian).
- Starostenko V.I., Grad M., Gryn D.N., Guterch A., Dannovsky A., Kolomiets E.V., Legostaeva O.V., Lisynchuk D.V., Omelchenko V.D., Stephenson R.A., Stratford V., Thibault G., Tolkunov A.P., Flue E., Chuba V., Shroda P., Shulgin A., Yanik T. 2008. Seismic studies of the lithosphere by DSS and CDP methods at the junction of the East European Platform and the Scythian Plate (DOBRE-2 Project). *Tenth Geophysical readings named after V.V. Fedynskiy: theses*. Moscow, p. 41 (in Russian).
- Starostenko V., Janik T., Kolomiyets K., Czuba W., Środa P., Grad M., Kovács I., Stephenson R., Lysynchuk D., Thybo H., Artemieva I.M., Omelchenko V., Gintov O., Kutas R., Gryn D., Guterch A., Hegedűs E., Komminaho K., Legostaeva O., Tiira T., Tolkunov A. 2013a. Seismic velocity model of the crust and upper mantle along profile PANCAKE across the Carpathians between the Pannonian Basin and the East European Craton. *Tectonophysics*, 608: 1049–1072. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2013.07.008>
- Starostenko V., Janik T., Lysynchuk D., Środa P., Czuba W., Kolomiyets K., Aleksandrowski P., Gintov O., Omelchenko V., Komminaho K., Guterch A., Tiira T., Gryn D., Legostaeva O., Thybo H., Tolkunov A. 2013b. Mesozoic(?) lithosphere-scale buckling of the East European Craton in southern Ukraine: DOBRE-4 deep seismic profile. *Geophysical Journal International*, 195 (2): 740–766. <https://doi.org/10.1093/gji/ggt292>
- Starostenko V., Janik T., Yegorova T., Farfuliak L., Czuba W., Środa P., Lysynchuk D., Thybo H., Artemieva I., Sosson M., Volfman Y., Kolomiyets K., Omelchenko V., Gryn D., Guterch A., Komminaho K., Legostaeva O., Tiira T., Tolkunov A. 2015. Seismic model of the crust and upper mantle in the Scythian Platform: the DOBRE-5 profile across the northwestern Black Sea and the Crimean Peninsula. *Geophysical Journal International*, 201: 406–428. <https://doi.org/10.1093/gji/ggv018>
- Starostenko V., Janik T., Yegorova T., Czuba W., Środa P., Lysynchuk D., Aizberg R., Garetsky R., Karataev G., Gribik Y., Farfuliak L., Kolomiyets K., Omelchenko V., Komminaho K., Tiira T., Gryn D., Guterch A., Legostaeva O., Thybo H., Tolkunov A. 2018. Lithospheric structure along wide-angle seismic profile GEORIFT 2013 in Pripyat-DnieperDonets Basin (Belarus and Ukraine). *Geophysical Journal International*, 212: 1932–1962. <https://doi.org/10.1093/gji/ggx509>
- Starostenko V., Janik T., Mocanu V., Stephenson R., Yegorova T., Amashukeli T., Czuba W., Środa P., Murovska A., Kolomiyets K., Lysynchuk D., Okoń J., Dragut A., Omelchenko V., Legostaeva O., Gryn D., Mechie J., Tolkunov A. 2020. RomUkrSeis: Seismic model of the crust and upper mantle across the Eastern Carpathians – From the Apuseni Mountains to the Ukrainian Shield. *Tectonophysics*, 794: 1–28. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2020.22862>
- Starostenko V., Janik T., Czuba W., Środa P., Murovska A., Yegorova T., Verpakhovska A., Kolomiyets K., Lysynchuk D., Wójcik D., Omelchenko V., Amashukeli T., Legostaeva O., Gryn D., Chulkov S. 2023. The SHIELD'21 deep seismic experiment. *Geophysical Journal*, 45 (1): 3–10. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i1.275126>
- Starostenko V.I., Legostaeva O.V., Makarenko I.B., Savchenko A.S. 2015. Complex of programmes for automated interpretation of potential field data (GMT-Auto). *Geophysical Journal*, 37 (1): 42–52 (in Russian).
- Tectonic map of Ukraine. Scale 1:1,000,000. (Editor-in-Chief D.S. Gursky, S.S. Kruglov). Kyiv, 2007 (in Ukrainian).
- Thybo H., Janik T., Omelchenko V.D., Grad M., Garetsky R.G., Belinsky A.A., Karatayev G.I., Zlotski G., Knudsen M.E., Sand R., Yliniemi J., Tiira T., Luosto U., Komminaho K., Giese R., Guterch A., Lund C.-E., Kharitonov O.M., Ilchenko T., Lysynchuk D.V., Skobelev V.M., Doody J.J. 2003. Upper lithospheric seismic velocity structure across the Pripyat Trough and the Ukrainian Shield along the EUROBRIDGE'97 profile. *Tectonophysics*, 371: 41–79. [http://dx.doi.org/10.1016/s0040-1951\(03\)00200-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0040-1951(03)00200-2)
- Tolkunov A., Sydorenko G., Voitsytskyi Z., Starostenko V., Yegorova T., Stephenson R., Omelchenko V., Pobedash N., Polyvach N. 2011. Geological structure of the north-western terminus of the Eastern Black Sea Rift from new regional CDP profile DOBRE-2. *3rd International Symposium on the Geology of the Black Sea Region*. Abstr., Supplement to GEO-ECO-MARI-NA No.17/2011, Bucharest, Romania, p. 187–189.