

Гравітаційне моделювання будови земної кори вздовж профілю Хирів—Рава-Руська—Великі Мости

С.Г. Анікеєв, В.Ю. Максимчук, 2025

Карпатське відділення Інституту геофізики
ім. С.І. Субботіна НАН України, Львів, Україна

За результатами 2D гравітаційного моделювання досліджено особливості будови земної кори та верхньої мантії в зоні зчленування зовнішніх Українських Карпат та Східноєвропейської платформи вздовж лінії Хирів—Рава-Руська—Великі Мости. Профіль проходить через маловивчену прикордонну територію України і Польщі: перетинає Складчасті Карпати, Передкарпатський прогин, Рава-Руську зону та закінчується у зовнішній зоні Львівського прогину. Як вихідну модель земної кори використано глибинний сейсмогеологічний розріз по однойменному траверсу СГ-1(66). За результатами моделювання підтверджено сейсмогеологічні дані щодо глибин Карпатської основи та поверхні фундаменту вздовж траверсу, виділено основні тектонічні блоки та глибинні розломи земної кори, визначено густини осадового комплексу та порід фундаменту. Встановлено підвищені значення густини нижньої кори та верхньої мантії під Складчастими Карпатами. Досліджено відображення в аномальному гравітаційному полі тектонічних одиниць Карпатської споруди, прогнозованого Турківського параавтохтонного комплексу, а також глибинних мафічних магматичних утворень між Рава-Руським і Великомоствівським розломами. Під регіональними від'ємними гравітаційними аномаліями виявлено заглиблення межі Мохо під Складчастими Карпатами та зоною Тейссейре—Торнквіста до 45 та 50 км відповідно. Отримані результати узгоджуються з існуючими закордонними та вітчизняними геофізичними матеріалами.

Ключові слова: Складчасті Карпати, Східноєвропейська платформа, зона Тейссейре—Торнквіста, межа Мохо, 2D густинна модель земної кори.

Вступ. Дослідження глибинної будови зони зчленування зовнішніх Українських Карпат, Західноєвропейської платформи і Східноєвропейської платформи у прикордонні України з Польщею залишаються актуальними протягом десятиліть. Особливий інтерес викликає розташована між ними Транс'європейська шовна зона і зона Тейссейре—Торнквіста, яким при-

свячено великий обсяг праць закордонних (M. Grad, A. Guterch, T. Janik, S. Mazur, M. Narkiewicz та ін.) і вітчизняних науковців [Орлюк та ін., 2022; Макаренко та ін., 2024; Старостенко та ін., 2024 та ін.]. Однак питання меж та глибинної структури зазначених тектонічних одиниць залишаються дискусійними. Інтерес до цієї території також пов'язаний з перспективами

Citation: Anikeev, S.G., & Maksymchuk, V.Yu. (2025). Gravity modeling of the Earth's crust structure along the Khyriv—Rava-Ruska—Velyki Mosty profile. *Geofizychnyi Zhurnal*, 47(2), 165—170. <https://doi.org/10.24028/gj.v47i2.322497>.

Publisher S. Subbotin Institute of Geophysics of 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/>).

відкриття нових родовищ нафти та газу.

Метою роботи є дослідження глибинної будови прикордоння України на основі інтерпретації гравітаційного поля та побудови 2D густинної моделі земної кори та верхньої мантії вздовж лінії Хирів—Рава-Руська—Великі Мости. Профіль перетинає

Складчасті Карпати, Передкарпатський прогин, Рава-Руську зону та закінчується у зовнішній зоні Львівського прогину (рис. 1).

Вихідні матеріали. Для побудови густинної моделі використано результати аналізу та інтерпретації аномального гра-

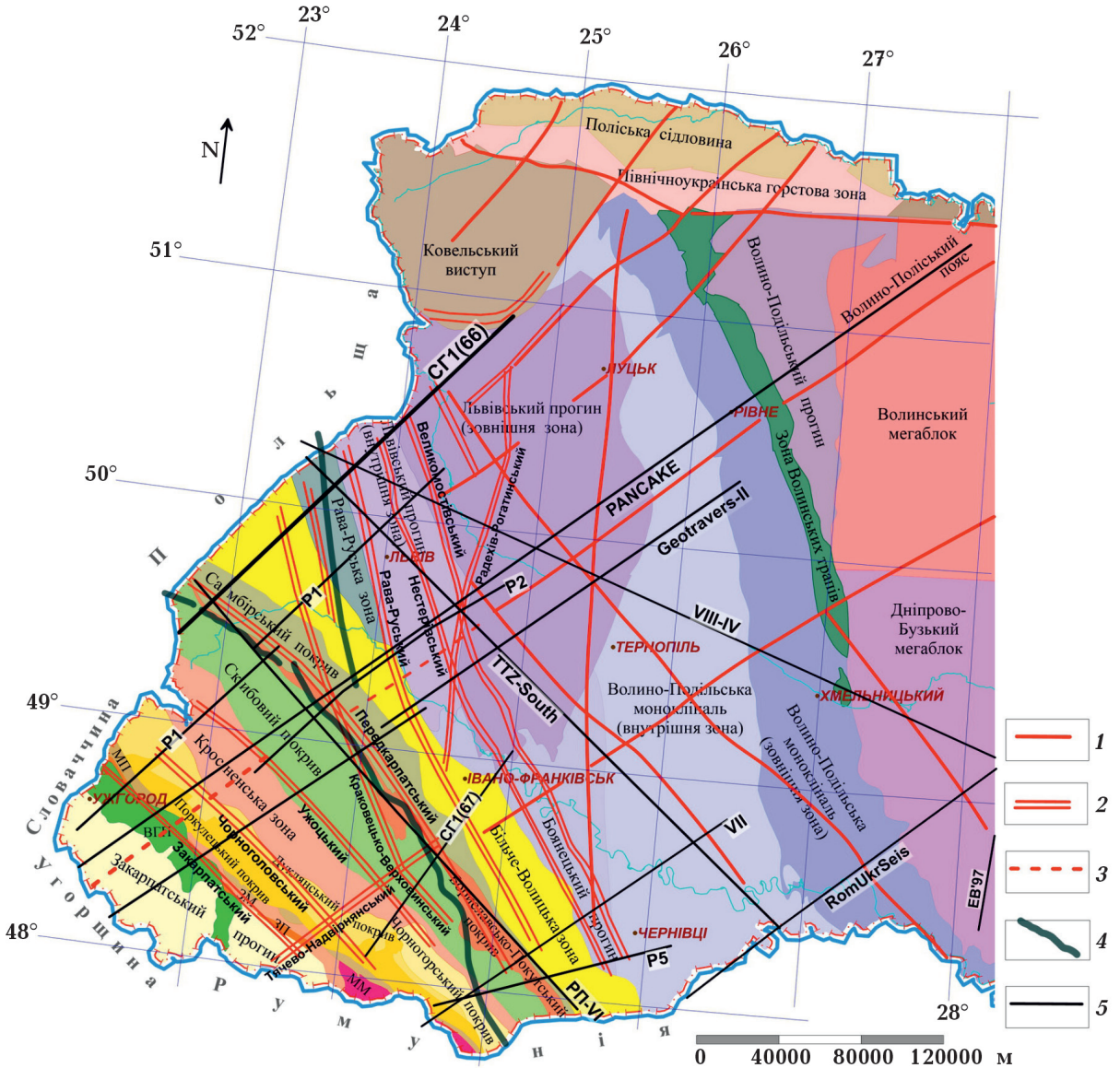


Рис. 1. Розташування траверсу СГ-1(66) і сейсмічних профілів на тектонічній карті західної України: 1 — розломи Волино-Поділля [Тектонічна ..., 2004], уточнені за гравімагнітними матеріалами [Максимчук та ін., 2024]; 2 — зони простягання глибинних розломів [Заяць, 2013]; 3 — глибинні розломи за магнітометричними матеріалами [Максимчук та ін., 2023]; 4 — вісь регіонального гравітаційного мінімуму та його Львівське відгалуження [Схема..., 2002]; 5 — сейсмічні профілі.

Fig. 1. Location of the SG-1(66) traverse and seismic profiles on the tectonic map of western Ukraine: 1 — Volyn-Podillia faults [Hursky, Krulov, 2004], clarified using gravimagnetic materials [Maksymchuk et al., 2024]; 2 — zones of extension of the deep faults [Zayats, 2013]; 3 — deep faults by the anomalies of magnetic field [Maksymchuk et al., 2023]; 4 — axis of the regional gravity minimum and its Lviv branch [Scheme..., 2002]; 5 — seismic profiles.

вітаційного поля [Схема..., 2002]. Первинна модель земної кори ґрунтується на сейсмогеологічному розрізі по траверсу СГ-1(66) та його екстраполяції на півден-

ний захід і північний схід за матеріалами переінтерпретації сейсмічних профілів МСГТ [Заяць, 2013] на прикордонній території з Польщею. Густини гірських по-

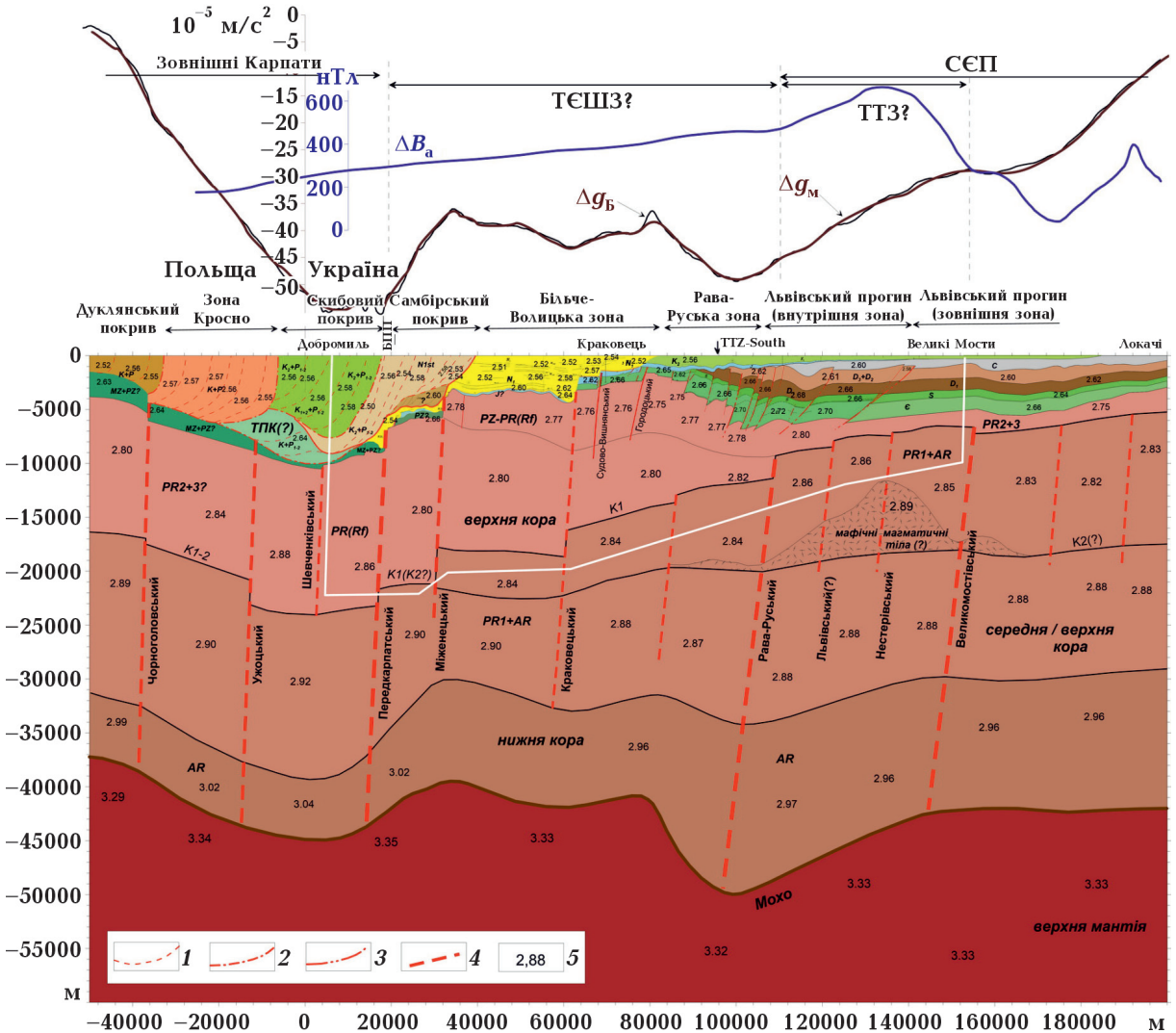


Рис. 2. Попередня густинна модель глибокого розрізу по профілю Хирів—Рава-Руська—Великі Мости: 1 — границі літолого-тектонічних покривів; 2 — підшва покривів; 3 — скидо-насуви у палеозой; 4 — глибинні розломи; 5 — густина гірських порід, 10^3 кг/м^3 . СЄП — Східноєвропейська платформа; ТТЗ — зона Тейссейре—Торнквіста; ТЄШЗ — Транс'європейська шовна зона; ТПК — Турківський параавтохтонний комплекс. Білим контуром обмежено область сейсмогеологічного розрізу за траверсом СГ-1(66) [Заяць, 2013]. Стрілкою позначено точку перетину лінії моделювання з сейсмічним профілем ТТЗ-South. Δg_B — аномалії поля сили тяжіння в редукції Буге [Схема..., 2002]; Δg_M — розраховане поле моделі; ΔB_a — аномальне магнітне поле [Карта..., 2002].

Fig. 2. A preliminary density model of the deep cross-section along the Khyriv—Rava-Ruska—Velyki Mosty profile: 1 — boundaries of lithological-tectonic nappes; 2 — sole of the nappes; 3 — throw-thrust faults in the Paleozoic; 4 — deep faults; 5 — density of rocks, 10^3 kg/m^3 . СЄП — East European Platform; ТТЗ — Teisseyre-Tornquist Zone; ТЄШЗ — Trans-European Suture Zone; ТПК — Turkivskyi Paraautochthonous Complex. The white contour limits the area of the seismogeological cross-section along the SG-1(66) traverse [Zayats, 2013]. The arrow indicates the intersection point of the modeling line with the TTZ-South seismic profile. Δg_B — anomalies of the gravity field in the Bouguer reduction [Scheme..., 2002]; Δg_M — calculated model field; ΔB_a — anomalous magnetic field [Map..., 2002].

рід по розрізу та глибини залягання межі Мохо первинно оцінено за публікаціями [Bielik et al., 2022; Макаренко та ін., 2024; Старостенко та ін., 2024 та ін.].

Результати моделювання. Густинну модель розрізу земної кори та верхньої мантії у смузї зчленування зовнішніх Карпат та Східноєвропейської платформи по лінії траверсу СГ-1(66) представлено на рис. 2. Підтверджуються глибини поверхні фундаменту платформи (1,7—7 км) та Карпатської основи (до 10 км), а також розломи земної кори вздовж сейсмогеологічного розрізу. За результатами моделювання межа Мохо характеризується складною геометрією та глибинами залягання від 37 до 50 км. Під регіональними від'ємними гравітаційними аномаліями в межах зони Тейссейре—Торнквіста та під Складчастими Карпатами виявлено заглиблення межі Мохо до 50 та 45 км відповідно. Під Складчастими Карпатами встановлено підвищену густину блоків нижньої кори ($3,04 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$) і верхньої мантії ($3,35 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$). Під фронтом зони Кросно оконтурено Турківський параавтохтонний комплекс палеоген-крейдових відкладів ($2,64 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$).

Їхнє розташування над зоною Ужоцького розлому сприяє міграції та акумуляції глибинних вуглеводнів [Заяць, 2013]. Між Рава-Руським та Великомоствівським розломами виокремлено глибинні ущільнені мафічні магматичні утворення ($2,89 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$), які у магнітному полі явно відображаються інтенсивною додатною аномалією.

Простягання зони Тейссейре—Торнквіста, прогнозоване за морфологією аномального магнітного поля [Максимчук та ін., 2024], пов'язане із заглибленням межі Мохо до 50 км. Заглиблення межі Мохо є основною причиною інтенсивної від'ємної гравітаційної аномалії (–49 мГал) — Львівського відгалуження Карпатського регіонального гравітаційного мінімуму.

Висновки. Побудовано густинну модель земної кори по лінії Хирів—Рава-Руська—Великі Мости. Під Складчастими Карпатами та під зоною Тейссейре—Торнквіста за регіональними від'ємними гравітаційними аномаліями виявлено заглиблення межі Мохо до 45 та 50 км відповідно. Отримані результати узгоджуються з існуючими закордонними та вітчизняними геофізичними матеріалами.

Список літератури

- Заяць Х.Б. *Глибинна будова нагр Західного регіону України на основі сейсмічних досліджень і напрямки пошукових робіт на нафту і газ*. Львів: Центр Європи, 2013, 136 с.
- Карта аномального магнітного поля України. Укладачі: Нечаєва Т.С., Гаркавко В.М., Шимків Л.М., Єнтін В.А. ПДРГП «Північукргеологія». Київ, 2002.
- Макаренко І.Б., Бурахович Т.К., Козленко М.В., Муровська Г.В., Козленко Ю.В., Савченко О.С. Профіль RomUkrSeis: модель глибинної будови літосфери та її геолого-геофізична інтерпретація. Ч. I. Густинна неоднорідність та аномалії електропровідності. *Геофіз. журн.* 2024. Т. 46. № 6. С. 81—108. <https://doi.org/10.24028/gj.v46i6.314130>.
- Максимчук В.Ю., Анікеєв С.Г., Кудеравець Р.С. Відображення зони Тейссейре—Торнквіста в гравімагнітних полях на території України. *Збірник матеріалів наукової конференції (Київ, 17—18 вересня 2024 р.). НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка*. Київ, 2024, С. 265—269. <https://doi.org/10.30836/gbhgd.2024.55>.
- Максимчук В.Ю., Анікеєв С.Г., Мончак Л.С., Кудеравець Р.С., Пиріжок Н.Б. Структурно-тектонічні особливості Закарпатського прогину за даними гравімагнітометрії. *Геофіз. журн.* 2023. Т. 45. № 6. С. 102—126. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i6.293310>.
- Орлюк М.І., Бакаржієва М.І., Марченко А.В. Магнітна характеристика і тектонічна будова земної кори Карпатської нафтогазової області як складова частина комплексних критеріїв вуглеводнів. *Геофіз. журн.* 2022. Т. 44. № 5. С. 77—105. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i5.272328>.
- Старостенко В., Гінтов О., Муровська Г., Мишак С., Лисинчук Д. Тектоніка і глибинна

будова південно-західної частини Східно-європейського кратону в межах України. Ч. II. *Геофіз. журн.* 2024. Т. 46. № 5. С. 3—31. <https://doi.org/10.24028/gj.v46i5.310287>.

Схема гравітаційного поля України. Укладачі: Нечаєва Т.С., Шимків Л.М., Єнтін В.А. та ін. ПДРГП «Північукргеологія». Київ, 2002.

Тектонічна карта України. М 1:1 000 000. Гол.

ред. Д.С. Гурський, С.С. Круглов. Державна геологічна служба України, 2004.

Bielik, M., Zeyen, H., Starostenko, V., Makarenko, I., Legostaeva, O., Savchenko, S., Dérerová, J., Grinč, M., Godová, D., & Pánisová, J. (2022). A review of geophysical studies of the lithosphere in the Carpathian—Pannonian region. *Geologica Carpathica*, 73(6), 499—516. <https://doi.org/10.31577/GeolCarp.73.6.2>.

Gravity modeling of the Earth's crust structure along the Khyriv—Rava-Ruska—Velyki Mosty profile

S.G. Anikeyev, V.Yu. Maksymchuk, 2025

Carpathian Branch of the S. Subbotin Institute of Geophysics
of National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine

We used 2D gravity modeling to investigate the structural features of the Earth's crust and upper mantle in the junction zone of the outer Ukrainian Carpathians and the East European Platform along the Khyriv—Rava-Ruska—Velyki Mosty line. The profile passes through a poorly studied and complex structure of the border between Ukraine and Poland: it crosses the Folded Carpathians, the Precarpathian Trough, the Rava-Ruska Zone, and ends in the outer zone of the Lviv Trough. As the initial model of the crust, a deep seismic-geological section along the eponymous traverse SG-1(66) was used. The modeling results confirmed the seismic-geological data on the depths of the Carpathian base and the basement surface along the traverse, identified the main tectonic blocks and deep faults of the Earth's crust, and determined the densities of the sedimentary complex and basement rocks. The lower crust and upper mantle under the Folded Carpathians have higher density. The reflection in the anomalous gravity field of tectonic units of the Folded Carpathians, the predicted Turkivskiyi Paraautochthonous Complex, as well as deep mafic magmatic formations between the Rava-Ruskyi and Velykomostivskiyi Faults, was investigated. Under the regional negative gravity anomalies, a deepening of the Moho boundary was detected under the Folded Carpathians and the Teisseyre-Tornquist Zone up to 45 km and 50 km, respectively. The results obtained are consistent with foreign and domestic geophysical materials.

Key words: Folded Carpathians, East European Platform, Teisseyre-Tornquist Zone, Moho boundary, 2D Earth's crust density model.

References

Zayats, Kh. (2013). *The Structure of Minerals of the Western Region of Ukraine on the Basis of Seismic Studies and the Directions for Oil and Gas Exploration Study*. Lviv: Center of Europe, 136 p. (in Ukrainian).

Map of the anomalous magnetic field of Ukraine. (2002). Map Compilers: T.S. Nechayeva, V.M. Harkavko, L.M. Shymkiv, V.A. Yentín. PDRGP «Pivnichukrheolohiya». Kyiv (in Ukrainian).

Makarenko, I.B., Burakhovych, T.K., Kozlenko, M.V., Murovska, G.V., Kozlenko, Yu.V., & Savchenko, O.S. (2024). RomUkrSeis profile: a model of the deep structure of the lithosphere and its geological and geophysical interpretation. P. 1. Density heterogeneity and electrical conductivity anomalies. *Geofizychnyi Zhurnal*, 46(6), 81—108. <https://doi.org/10.24028/gj.v46i6.314130> (in Ukrainian).

- Maksymchuk, V.Yu., Anikeyev, S.G., & Kuderavets, R.S. (2024). Reflection of the Teisseyre-Tornquist zone in gravimagnetic fields on the territory of Ukraine. *Proc. of the scientific conference (Kyiv, September 17—18, 2024). NAS of Ukraine, M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation. Kyiv* (pp. 265—269). <https://doi.org/10.30836/gbhgd.2024.55> (in Ukrainian).
- Maksymchuk, V.Yu., Anikeyev, S.G., Monchak, L.S., Kuderavets, R.S., & Pyrizhok, N.B. (2023). Structural and tectonic features of the Transcarpathian trough according to gravity and magnetic data. *Geofizychnyi Zhurnal*, 45(6), 102—126. <https://doi.org/10.24028/gj.v45i6.293310> (in Ukrainian).
- Orlyuk, M., Bakarjjeva, M., & Marchenko, A. (2022). Magnetic characteristics and tectonic structure of the Earth's crust of the Carpathian oil and gas region as a component of complex hydrocarbon criteria. *Geofizychnyi Zhurnal*, 44(5), 77—105. <https://doi.org/10.24028/gj.v44i5.272328> (in Ukrainian).
- Starostenko, V., Gintov, O., Murovskaya, G., Mychak, S. & Lysynchuk, D. (2024). Tectonics and deep structure of the southwestern part of the East European Craton within Ukraine. PART II. *Geofizychnyi Zhurnal*, 46(5), 3—31. <https://doi.org/10.24028/gj.v46i5.310287> (in Ukrainian).
- Scheme of the gravity field of Ukraine. (2002). Map Compilers: T.S. Nechaeva, L.M. Shimkiv, V.A. Entin et al. PDRGP «Pivnichukrgeologia». Kyiv (in Ukrainian).
- Hursky, D.S., & Kruhlov, S.S. (Eds.). (2004). *Tectonic map of Ukraine. Scale 1:1000000*. UkrSGI, Kyiv (in Ukrainian).
- Bielik, M., Zeyen, H., Starostenko, V., Makarenko, I., Legostaeva, O., Savchenko, S., Dérerová, J., Grinč, M., Godová, D., & Pánisová, J. (2022). A review of geophysical studies of the lithosphere in the Carpathian—Pannonian region. *Geologica Carpathica*, 73(6), 499—516. <https://doi.org/10.31577/GeolCarp.73.6.2>