

Про природу Хмельницького мінімуму сили тяжіння

В.А. Єнтін¹, О.Б. Гінтов², С. І. Гуськов¹, С.В. Мичак², 2025

¹Державне підприємство «Українська геологічна компанія», Київ, Україна

²Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, Київ, Україна

Хмельницький структурно-тектонічний вузол є унікальним для Українського щита прикладом яскравого прояву в гравітаційному і магнітному полі локального осередку докембрійського кислого магматизму на перетині трьох глибинних розломів. За результатами інтерпретації поля аномалій сили тяжіння геологічна природа Хмельницького мінімуму розмірами 25×25 км і відносною інтенсивністю –16 мГал обумовлена лейкоподібним штоком гранітоїдів апліт-пегматоїдного і гранат-біотитового складу. Магматична діяльність у центральній частині штока супроводжується глибинною дегазацією у вигляді радонових еманцій і проявами уранової мінералізації.

Ключові слова: Український щит, Хмельницький гравітаційний мінімум, лейкогранітна інтрузія, тривимірна модель, радонові джерела, уранові прояви.

Вступ. Хмельницький тектоно-структурний вузол (ХСТВ) звернув на себе увагу і був уперше виділений як унікальний геолого-геофізичний об'єкт у процесі підготовки геофізичної основи Тектонічної карти масштабу 1:1 000 000 [Єнтін та ін., 2002]. Його яскравою прикметою є наявність субізометричного мінімуму сили тяжіння діаметром 25 км, з яким збігається і мінімум магнітного поля, розташовані на перетині тектонічних лінеamentів західної частини Українського щита (УЩ) — Хмельницької зони розломів північно-західного простягання, Хмельницької широтного і Білорівницько-Яблунівської меридіонального. Характерною геологічною озна-

кою площі цього мінімуму є її насиченість лейкократовими гранітоїдами, які одержали назву хмельницьких і були виділені в самостійний хмельницький алохтонний інтрузивний комплекс. Не випадковими для цього мінімуму є відомі там природні радонові джерела і прояви уранової мінералізації. Незважаючи на проведення в цьому районі численних робіт геолого-знімального і пошукового характеру, а також наукових досліджень, мало хто з їх виконавців пов'язував у єдине ціле всі встановлені тут неординарні для УЩ геолого-геофізичні фактори. виправленню саме цих обставин присвячено наше дослідження.

Citation: Yentın, V.A., Gintov, O.B., Guskov, S.I., & Mychak, S.V. (2025). On the nature of the Khmilnyk Minimum of gravity. *Geofizychnyi Zhurnal*, 47(2), 215—220. <https://doi.org/10.24028/gj>. DOI: <https://doi.org/10.24028/gj.v47i2.322509>.

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/>).

Хмільницький мінімум і хмільницькі граніти. Хмільницький мінімум сили тяжіння було виявлено гравітаційною зйомкою масштабу 1:200 000 (рис. 1) [Поливанчук, Беланов, 1960]. Пізніше, під час пошукових робіт на радонові води в районі м. Хмільник, аномалія була деталізована зйомкою масштабу 1:50 000 [Яненко та ін., 1966; Германов та ін., 1988] (рис. 2). Встановлено, що цей ізометричний мінімум з відносною амплітудою -16 мГл і розмірами 25×25 км має складну внутрішню структуру. Висловлено припущення, що геологічна природа мінімуму може бути обумовлена штокком лейкократових гранітів з приблизною від'ємною залишковою густиною (порівняно з чудново-бердичівськими гранітами) $-0,1$ г/см³. Цими ж авторами в межах Хмільницького мінімуму було виявлено Соколовська тектонічну зону, насичену проявами уранової мінералізації.

Пізніше в районі м. Хмільник та його околиць М.П. Щербак виділив окремих по бузький алохтонний комплекс гранітоїдів, вважаючи їх молодшими за гранітоїди бердичівського комплексу, серед яких вони знаходяться [Щербак, 1975]. До них автор

відніс рожеві біотитові апліт-пегматоїдні і сірі середньо-дрібнозерністі гранат-біотитові граніти (саме останні ми будемо називати хмільницькими).

У 1993 р. хмільницькі граніти разом із рожевими апліт-пегматоїдними були включені у стратиграфічну схему УЩ як хмільницький пара автохтонний комплекс (віковий діапазон 2000—1850 млн років). У діючій Кореляційній хроностратиграфічній схемі хмільницький комплекс залишено з включенням до його об'єму як лейкократових гранат-біотитових, так і апліто-пегматоїдних і пегматоїдних гранітів. На думку авторів цієї статті, які також вивчали хмільницькі граніти в кар'єрах і у відслоненнях Південного Бугу, найточнішою назвою цих гранітів буде «хмільницькі світло-сірі гранат-біотитові граніти». У/Pb вік цих гранітів, визначений Л.М. Степанюком, становить 2055—2041 млн років [Степанюк, 2000].

У праці [Державна..., 2007] В.В. Лукашем із співавторами детально охарактеризовано хмільницький комплекс, який формує Хмільницький масив лейкократових гранітів. Мінеральний склад: кварц — до 40 %, мікроклін-мікропертит — 45 %, плагіоклаз (альбіт-олігоклаз) — 15 %, біотит (одиночні зерна) — 10 %, гранат (одиночні зерна) — 15 %; акцесорні (апатит, монацит, циркон, силіманіт). За геологічними побудовами цих авторів Хмільницький масив лейкогранітів має розміри 30×10 км, витягнутий в меридіональному напрямку та звужується на північ. Але в цій же роботі, за результатами інтерпретації геофізичних даних, було встановлено, що Хмільницький мінімум має ізометричну форму в плані і характеризується неоднорідною внутрішньою структурою, де спостерігається центральне високоградієнтне ядро діаметром 12—14 км і зовнішнє кільцеве менш градієнтне облямування шириною приблизно 10 км (рис. 3, 4). Саме ця структура найкраще відображає планове положення на рівні поверхні кристалічного фундаменту Хмільницького масиву сірих гранат-біотитових гранітів.

З Хмільницьким масивом лейкокра-

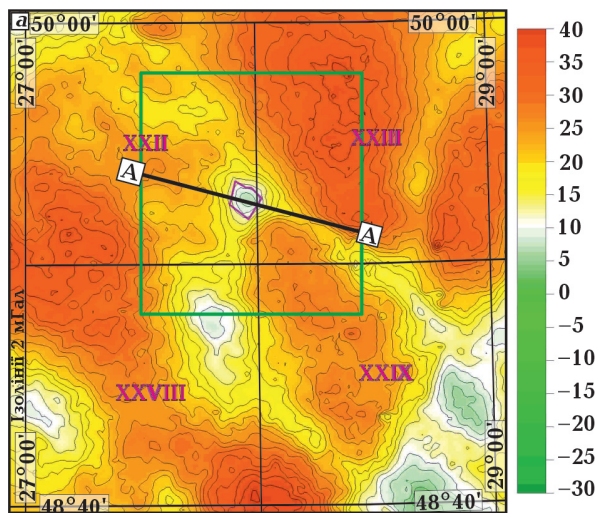


Рис. 1. Оглядова гравіметрична карта (аномалії Буге, $\sigma=2,3$, переріз ізоліній 2 мГал) масштабу 1:200 000 району Хмільницького мінімуму. Зелений квадрат — контур рис. 2.

Fig. 1. Overview gravity map of the Khmilnyk Minimum (Bouguer anomaly, $\sigma=2.3$, section isolate 2 mGal), 1:200 000. The green square is the outline of Fig. 2.

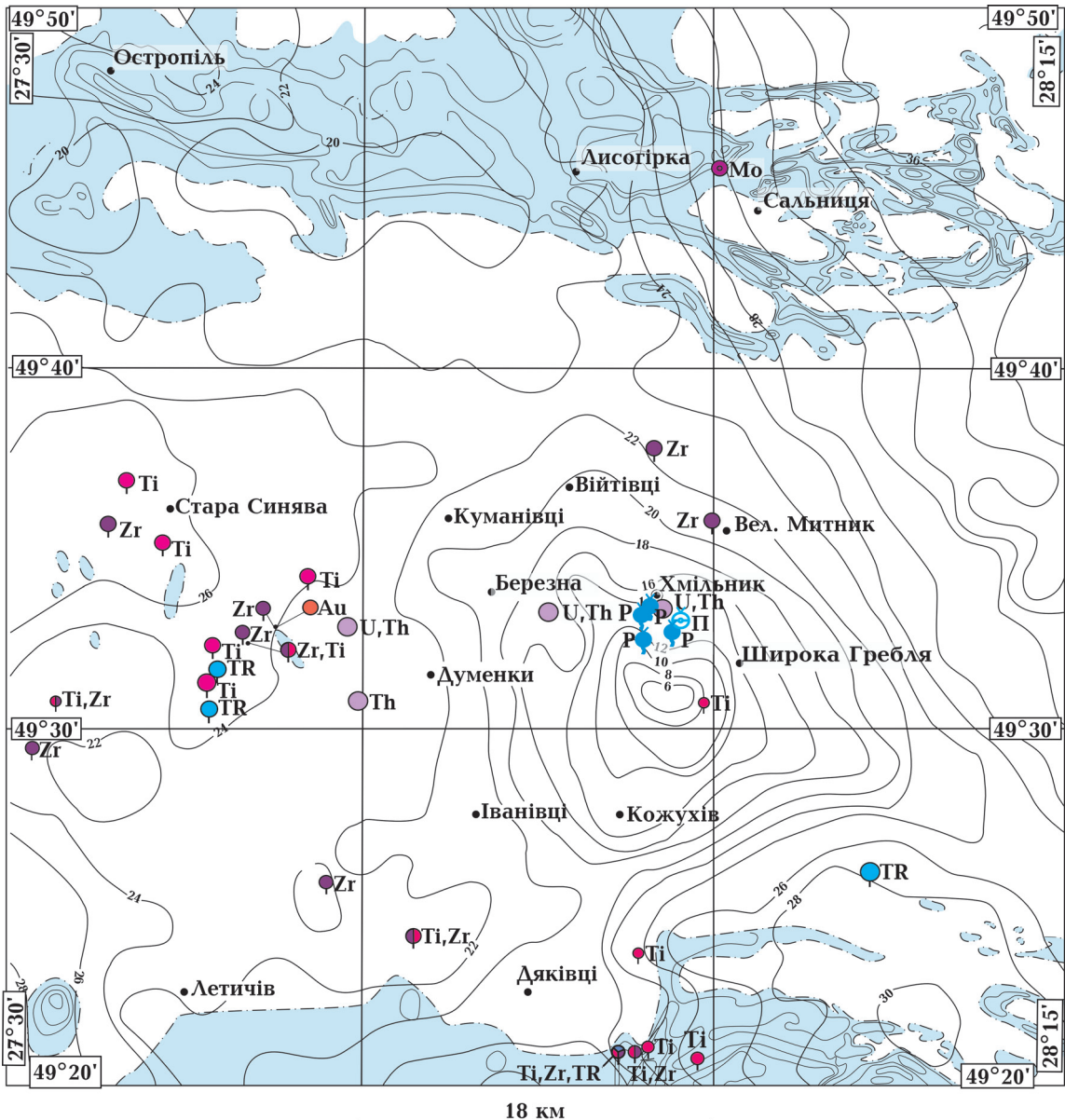


Рис. 2. Карта аномалій Буге ($\sigma=2.3$, переріз ізолій 2 мГал) Хмільницького мінімуму, за [Яненко и др., 1966; Германов та ін., 1988]. Синім кольором позначено магнітне поле (Z_a). Червоні та зелені кружки — родовища і рудопрояви. P — радонові води, П — питні води.

Fig. 2. Map of Bouguer anomalies ($\sigma=2.3$, section isoline 2 mGal) of the Khmilnyk Minimum, according to [Yanenko et al., 1966; Germanov et al., 1998]. The magnetic field is marked in blue (Z_a). Red and green circles — deposits and ore occurrences. P — radon waters, П — potable waters.

тових гранат-біотитових гранітів і його облямуванням пов'язані родовища і рудопрояви різних корисних копалин (див. рис. 2), насамперед радонові мінеральні води і радіоактивні метали — уран і торій (Хмільник, Війтівці, Соколова, Лелітка, Дяківці), рідкісноземельні елементи (монацити, прояв — Дібровка), нікель і благородні метали у включеннях ультрабазитів (прояв

— Жданівка, с. Війтівці). У межах Бердичівського підняття за комплексом геолого-геофізичних ознак площа ХСТВ визнана найбільшперспективною на пошуки корінних родовищ алмазів екологічної природи [Довгань та ін., 2008].

Результати кількісної інтерпретації та природа Хмільницького мінімуму. З розробкою нових програмних комплексів

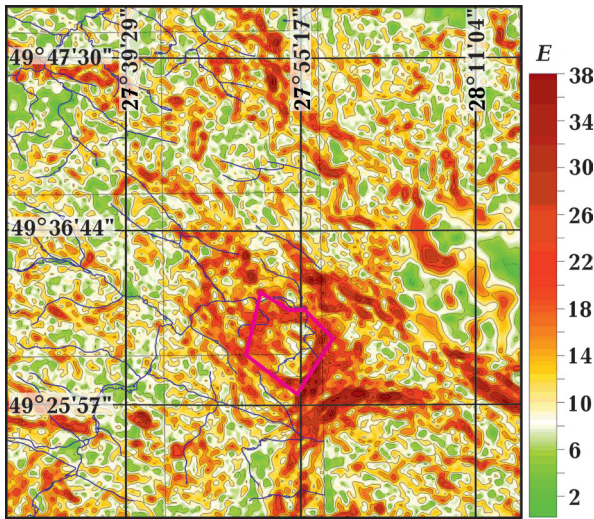


Рис. 3. Карта модуля горизонтального градієнта району Хмільницького мінімуму.

Fig. 3. Map of the horizontal gradient modulus of the Khmilnyk Minimum area.

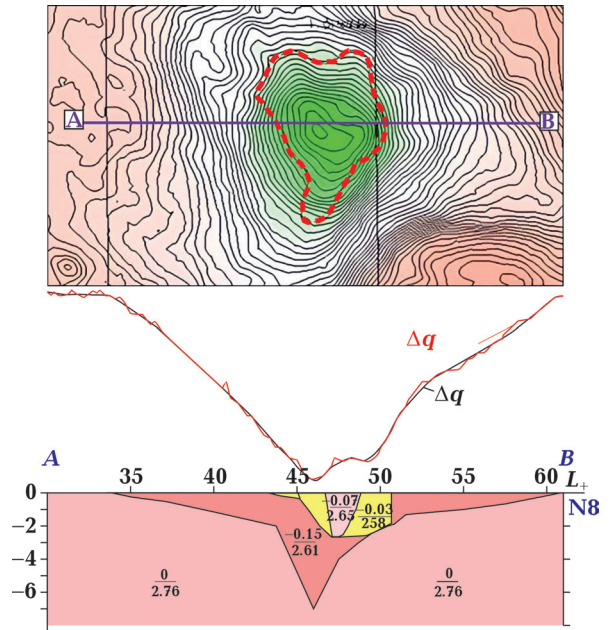


Рис. 4. Перша густинна модель Хмільницького мінімуму, за [Державна... 2007]. Червоний пунктир — контур тіла з густиною 2,58 г/см³.

Fig. 4. The first density model of the Khmilnyk Minimum, according to [State..., 2007]. Red dotted line — contour of a body with a of 2.58 g/cm³ density.

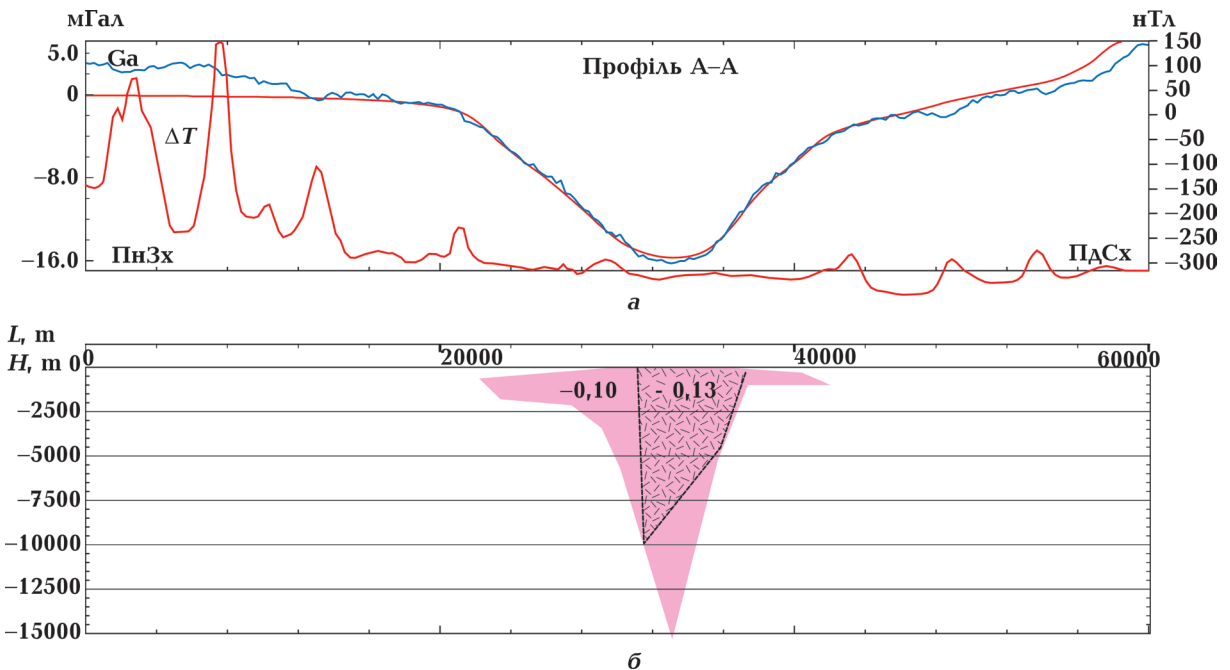


Рис. 5. Нова тривимірна густинна модель Хмільницького масиву (положення профілю див. на рис. 1): а — криві Ga (редукція Буге, $\sigma=2,3$: синя — спостережена, червона — змодельована) і ΔT ; б — густинна модель: рожевим кольором показано хмільницькі граніти ($\Delta\sigma=-0,10$ г/см³), штрихами — зону тріщинуватості ($\Delta\sigma=-0,13+0,10=-0,03$ г/см³).

Fig. 5. A new three-dimensional density model of the Khmilnyk massif (profile position given in Fig. 1); а — Ga curves (Bouguer reduction, $\sigma=2.3$: blue — observed, red — simulated) and ΔT ; б — density model: Khmilnyk granites are shown in pink ($\Delta\sigma=-0.10$ g/cm³), dashed lines show the fissuring zone ($\Delta\sigma=-0.13+0.10=-0.03$ g/cm³).

інтерпретації потенційних полів [Старостенко и др., 2015] з'явилася можливість створити нову тривимірну густинну модель масиву хмельницьких гранітів (рис. 5). Цей масив являє собою складної будови лійкоподібне тіло з надлишковою густиною $-0,10 \text{ г/см}^3$ відносно вміщуючих бердичівських гранітів і глибиною не менше 15 км. Значна частина масиву порушена сильною тріщинуватістю, пов'язаною з розломами, які його перетинають, що зменшує її надлишкову густину ще на $0,03 \text{ г/см}^3$.

Висновки. 1. Хмельницький структурно-тектонічний вузол є унікальним для УЩ прикладом яскравого прояву в гравітаційному і магнітному полях локального осередку докембрійського кислого магматизму на перетині трьох глибинних розломів (у структурно-тектонічному відношенні це є зіркова структура).

2. За результатами інтерпретації поля аномалій сили тяжіння геологічна природа Хмельницького мінімуму обумовлена лійкоподібним штоком гранітоїдів апліт-пегматоїдного і гранат-біотитового складу.

3. Магматична діяльність в центральній частині штока супроводжується глибинною дегазацією у вигляді радонових еманцій і проявами уранової мінералізації в його приконтартових зонах. Відомі численні знахідки ореолів піропів та інших індикаторних мінералів алмазів еклогітової природи.

4. Хмельницький гравітаційний мінімум як структура екзотичної для УЩ природи, а також ряд інших природних геофізичних феноменів України [Ентин, 2012], потребують додаткового вивчення більш глибинними геофізичними методами досліджень.

Список літератури

- Германов Б.С. и др. *Результаты геофизических и геохимических исследований с целью подготовки основы для геологической съемки масштаба 1:50 000 на площади листов М-35-91-Г, -92-А, В, Г (ю.п.), -93-В.* Отчет Волинской геофизической и поисково-съёмочных партий за 1985—1988 гг. Киев, 1988.
- Державна геологічна карта України. Масштаб 1:200 000. Центральноукраїнська серія. Аркуш: М-35-XXII (Старокостянтинів). Пояснювальна записка. Київ, ПДРГП «Північ-геологія», 2007, 242 с.
- Довгань Р.М., Павлюк В.М., Єнтін В.А., Цимбал Ю., Грінін Р.А. *Пошуки корінних родовищ алмазів в межах Бердичівського підняття (1991—2008; геологічне завдання, тит. 230)* Київ, 2008: Фонди Державного підприємства «Українська геологічна компанія».
- Ентин В.А. *Природные геофизические феномены Украины.* Киев: Изд. УкрДГРІ, 2012, 76 с.
- 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.
- Поливанчук А.Л., Беланов В.М. *Отчет о работах Волинской геофизической партии за 1957—1959 г.* Кн. 1. Киев, 1960, 208 с.
- Старостенко В.И., Легостаева О.В., Макаренко И.Б., Савченко А.С. Комплекс программ автоматизированной интерпретации данных потенциальных полей. *Геофиз журн.* 2015. Т. 37. № 1. С. 42—52. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i1.2015.111322>.
- Степанюк Л.М. *Геохронологія докембрію західної частини Українського щита (архей-палеопротерозой): автореф. дис. ... г-ра геол. наук.* Київ, 2000, 34 с.
- Щербак Н.П. *Петрологія і геохронологія докембрія західної частини Українського щита.* Киев: Наук. думка, 1975, 271 с.
- Яненко О.Г., Жабровец В.И., Малуша Н.П., Березинец Г.Д. *Отчет Соколовской геофизической партии за 1966 г.* Кн. 1. Киев, Фонды ДП «УТК», 1966, 102 с.

On the nature of the Khmilnyk Minimum of gravity

V.A. Yentyn¹, O.B. Gintov², S.I. Guskov¹, S.V. Mychak², 2025

¹State Enterprise «Ukrainian Geological Company», Kyiv, Ukraine

²S. Subbotin Institute of Geophysics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

The Khmilnyk structural and tectonic node is unique for the Ukrainian Shield. Here, a polylocal center of Precambrian acidic magmatism at the intersection of three deep faults vividly manifests in the gravitational and magnetic field. Based on the interpretation of the gravity anomaly field, the geological nature of the Khmilnyk Minimum with dimensions of 25×25 km and a relative intensity of –16 mGal is due to the funnel-shaped stock of granitoids of aplite-pegmatoid and garnet-biotite composition. The magmatic activity in the central part of the stock is accompanied by deep degassing in the form of radon emanations and manifestations of uranium mineralization.

Key words: Ukrainian Shield, Khmilnyk gravity minimum, leucogranite intrusion, three-dimensional model, radon sources, uranium manifestations.

References

- Germanov, B.S. et al. (1988). *Results of geophysical and geochemical studies with the aim of preparing the basis for a geological survey at a scale of 1:50,000 on the area of sheets M-35-91-G, -92-A, B, G (south p.), -93-V*. Report of the Volyn geophysical and prospecting and survey parties for 1985—1988). Kiev (in Russian).
- State Geological Map of Ukraine. Scale 1:200 000. Central Ukrainian series. Sheet: M-35-XXII (Starokostiantyniv). Explanatory note. (2007). Kyiv, NSRGE «Pivnichgeologiya», 242 p. (in Ukrainian).
- Dovgan, R.M., Pavlyuk, V.M., Yentyn, V.A., Tsymbal, Y., & Grinin, R.A. (2008). *Search for primary diamond deposits within the Berdychiv uplift (1991—2008; geological task, title 230)*. Kyiv: Funds of the State Enterprise «Ukrainian Geological Company» (in Ukrainian).
- Entin, V.A. (2012). *Natural geophysical phenomena of Ukraine*. Kyiv: Publ. UkrDGRI, 76 p. (in Russian).
- Entin, V.A., Shymkiv, L.M., Nechaeva, T.S., Dziuba, B.M., Gintov, O.B., Pashkevych, I.K., & Krasovsky, S.S. (2002). *Preparation of the geophysical basis of the tectonic map of Ukraine at a scale of 1:1000 000*. Kyiv: Geoinform of Ukraine, 55 p. (in Ukrainian).
- Polivanchuk, A.L., & Belanov, V.M. (1960). *Report on the work of the Volyn geophysical party for 1957—1959, Book 1*. Kiev, 208 p. (in Russian).
- Starostenko, V.I., Legostaeva, O.V., Makarenko, I.B., & Savchenko, A.S. (2015). Complex of programs for automated interpretation of potential field data (GMT-Auto). *Geofizicheskiy Zhurnal*, 37(1), 42—52. <https://doi.org/10.24028/gzh.0203-3100.v37i1.2015> (in Russian).
- Stepanyuk, L.M. (2000). Geochronology of the Precambrian of the western part of the Ukrainian Shield (Archean-Paleoproterozoic). *Doctor's thesis*. Kiev, 34 p. (in Ukrainian).
- Shcherbak, N.P. (1975). *Petrology and geochronology of the Precambrian of the western part of the Ukrainian Shield*. Kiev: Naukova Dumka, 271 p. (in Russian).
- Yanenko, O.G., Zhabrovets, V.I., Malusha, N.P., & Berezynets, G.D. (1966). *Report of the Sokolov geophysical party for 1966, Book 1*. Kiev, Funds of DP «UGK», 102 p. (in Russian).