

УДК 550.8.02

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2019.2.21-24>

**В. П. ЧЕПІЛЬ**, головний фахівець (АТ "Укргазвидобування"), м. Київ, Україна, volodymyr.chepil@ugv.com.ua, <https://orcid.org/0000-0002-5800-590X>

**V. CHEPIL**, chief specialist (JSC "Ukrigasvydobuvannya"), Kyiv, Ukraine, volodymyr.chepil@ugv.com.ua, <https://orcid.org/0000-0002-5800-590X>

# ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИХ РОБІТ НА СЛАНЦЕВИЙ ГАЗ ВОЛИНО-ПОДІЛЛЯ НА РЕГІОНАЛЬНІЙ СТАДІЇ ВИВЧЕННЯ

## FEATURES OF CONDUCTING OF GEOLOGICAL EXPLORATION ON SHALE GAS IN VOLYNO-PODILLIA AT THE REGIONAL STAGE OF STUDYING

Особливості структурних умов залягання, газонакопичення, літолого-фаціальних, петрофізичних і геомеханічних параметрів, чинників екранування, характеру газонасичення газоносних сланців принципово відрізняються від традиційних покладів газу. Стратиграфічна сланцева формація розглядається як потенційний газовий поклад. З огляду на цю специфіку її виділення й картування потрібно виконувати вже на регіональному етапі. Для оконтурювання газоперспективних сланцевих формацій Волино-Поділля та виділення найперспективніших ділянок пропонуємо комплексувати регіональну сейсмічну зйомку 2Д для великих глибин з методами електророзвідки різних модифікацій, викликані поляризації, електромагнітними та іншими методами за профілями сітки регіональної сейсморозвідки, великомасштабної атмогеохімічної зйомки та інших прямих методів.

Завершенням регіонального етапу має бути буріння пілотних вертикальних параметричних свердловин із суцільним відбиранням керн з перспективних сланцевих товщ та його комплексними дослідженнями.

Перспективи подальших геологорозвідувальних робіт і їхній комплекс визначатимуть за результатами геолого-економічної оцінки перспектив нафтогазоносності регіону та отриманих результатів робіт початкового етапу.

**Ключові слова:** сланці, газ, Волино-Поділля, формації, сейсморозвідка.

Features of structural conditions of occurrence, gas accumulation, lithofacies, petrophysical and geochemical parameters, shielding factor, character-bearing shale gas saturation are fundamentally different from traditional gas deposits. Stratigraphic shale formation considered as a potential gas deposit. Considering this specificity its allocation and mapping must be executed at an early stage. To delineate gas bearing shale formations of Volyno-Podillia and allocation the most perspective areas offered a complexation of regional seismic survey 2D for great depths (two longitudinal profiles of north-western stretch as it continued from the Lublin basin in Poland and 5 crosssections from southwest to the northeast with its total length of about 1500 linear kilometers) with electric prospecting methods of different modifications, caused polarization, electromagnetic methods of regional seismic exploration grids profiles, large-scale atmogeochemical shooting and other direct methods. As the completion of regional stage must be drilling of vertical parametric pilot wells with solid coring from perspective shale strata, laboratory studies of organic matter, of katagenesis, lithofacies and mineralogical composition of shales, their petrophysical and geochemical properties, modeling and testing perspective shale strata using multistage hydrogaps. Prospects of further exploration and it's complex based on the results geologic-economic evaluation of perspective of petrogas of the region and obtaining results of works start-up phase.

**Keywords:** shales, gas, Volyn-Podillia, formations, seismic exploration 2D.

### Вступ

Стан енергетичного сектору України й нестабільність ситуації в Східному й Південному регіонах, де зосереджені основні за запасами родовища та перспективні об'єкти, що забезпечують основний видобуток газу й нафти з конденсатом, і розвинена відповідна інфраструктура, потребують невідкладного нарощування перспективних ресурсів і запасів промислових категорій вуглеводнів для стабілізації та збільшення власного видобутку газу й нафти для забезпечення енергетичної безпеки держави. А істотне скорочення в останні роки обсягів геологорозвідувальних робіт у Західному регіоні і, як наслідок, зменшення кількості нових відкриттів родовищ і зниження видобутку нафти й газу, спонукає до невідкладних наукових, геолого-тематичних, лабораторно-аналітичних досліджень нових перспективних на вуглеводневу сировину і насамперед нетрадиційних джерел вуглеводнів, стратиграфічних комплексів і територій, зокрема південно-західного схилу (Волино-Подільського) Східноєвропейської платформи.

Суттєве нарощування в останні роки великих обсягів видобутку газу й нафти зі сланців у США, Канаді, інтенси-

фікація досліджень з проблеми сланцевого газу в багатьох країнах світу [8, 9], що вже вплинуло на перерозподіл джерел постачання газу, зміни пріоритетів, зокрема й політичних – усе це визначає актуальність досліджень.

Метою цієї роботи є визначення першочергових напрямів геологорозвідувальних робіт на неконвенційні вуглеводні Волино-Поділля на початковому етапі вивчення.

### Аналіз літературних даних, постановка завдання та опис розв'язання проблеми

Україна все ще була осторонь процесу оцінювання перспектив нафтогазоносності нетрадиційних джерел вуглеводнів попри те, що в Польщі вже тривалий час світові компанії інтенсивно досліджують велику частину території країни з проблеми сланцевого газу і прагнуть добувати газ із силурійських сланців схилу Східноєвропейської плити. На сьогодні в країні вже експлуатують перші пілотні свердловини.

Перші вітчизняні дослідження з цієї проблеми з'явилися друком в українських наукових виданнях з 2010 року. За останні роки виконано великі обсяги наукових, геолого-тематичних і лабораторно-аналітичних робіт з проблеми нетрадиційних джерел вуглеводнів нафтогазоносних басейнів України [2, 4, 6]. Майже всі проведені роботи стосуються регіонального етапу геологічного вивчення.

Українські дослідники так само провели відповідні дослідження та узагальнення наявних геолого-геофізичних даних, накопичених під час геологорозвідувальних робіт у межах української частини західного схилу Східноєвропейської платформи, з погляду перспектив промислової нафтогазоносності нетрадиційних джерел вуглеводнів, зокрема сланцевого газу, зважаючи на цілеспрямовані дослідження, які проводять в Україні в останні роки [5, 3].

За результатами літологічних, мінералого-петрографічних, петрофізичних, геохімічних, термометричних досліджень порід (описи й лабораторні дослідження кернів, шліфів, промислово-геофізичні дані, результати газового каротажу, кількість органічної речовини в перспективних відкладах та їхня термічна зрілість, ступінь катагенезу, помірні глибини залягання перспективних горизонтів тощо) можна однозначно констатувати, що найперспективнішим на сланцевий газ є південно-західний схил Східноєвропейської платформи (Волино-Поділля, північно-східна і східна частини Львівського прогину), передусім відклади лудловського ярусу верхнього силуру [5, 3].

Потенційно продуктивною товщею є також відклади верхнього ордовіку й нижнього силуру. З умістом органічної речовини, попередньо визначеної в сланцях, понад 1,0–1,5 % катагенез тут характеризується найсприятливішими для нафтогазоутворення етапами ( $МК_2$ – $АК_1$ ), які могли забезпечити генерацію газу метану у великих обсягах.

Під час визначення перспектив і геолого-економічного обґрунтування пошуків покладів вуглеводнів величина добувних ресурсів відіграє особливу роль. Прогнозні добувні ресурси газу чорносланцевих порід силуру Волино-Поділля становлять приблизно 1,8 трлн  $m^3$  [5, 3], а з огляду на чорносланцеві відклади верхнього ордовіку й нижнього силуру можуть сягати понад 2 трлн  $m^3$ . З огляду на чималі прогнозні ресурси сланцевого газу чорносланцевих товщ і високу ймовірність відкриття традиційних покладів вуглеводнів у палеозойських відкладах, територія досліджень потребує проведення цілеспрямованих геологорозвідувальних робіт, які сприятимуть нарощуванню паливно-енергетичного потенціалу України.

Газоносна сланцева система принципово відрізняється від традиційних покладів газу за геологічними умовами газонакопичення, структурними умовами залягання, літологічними, петрофізичними та геомеханічними параметрами, чинниками екранування, характером газонасичення тощо [1]. Якщо традиційні скупчення газу приурочені до класичних антиклінальних, структурно-тектонічних, літологічних чи комбінованих пасток, моделі колектор-(напівпокришка) покришка, то поклади сланцевого газу приурочені до великих однотипних (сланцевих) літофаціальних стратиграфічних формацій з одночасними функціями колектора й покришки.

З огляду на цю специфіку родовищ сланцевого газу, пріоритетні комплекси геологорозвідувальних робіт теж мають бути видозмінені. Якщо сланцеву стратиграфічну формацію розглядати як потенційний продуктивний комплекс, то власне її картування й виділення найперспективніших ділянок треба виконувати вже на регіональному етапі вивчення.

До комплексу геофізичних методів має входити 2Д регіональна сейсмічна зйомка для великих глибин як доповнення до раніше проведених регіональних сейсмічних профілів. Водночас цю зйомку бажано виконувати за відомою технологією компанії IONGeophysical-GXT як продовження розпочатої в суміжному Люблінському басейні Польщі від-

повідно до концепції “SPAN”; що успішно виконана для Балтійсько-Чорноморського басейну. Ця технологія забезпечує наддовгі системи спостережень (до 12 км), збільшений час записування сейсмічних сигналів (12 с), невеликі відстані між каналами записування (25 м), збільшену кратність перекриттів (480) тощо та комплексну інтерпретацію з попередніми 2Д регіональними сейсмічними дослідженнями й результатами пробурених свердловин.

Завдання 2Д регіональної сейсмічної зйомки за згаданою технологією мають містити: наукове регіональне вивчення перспективної території; вивчення стратиграфічних комплексів; геологічну будову басейну; регіональний розподіл сейсмофаций, як і відображують будову нижньопалеозойських сланців та їхніх товщин, особливо поблизу зони Тейсейре-Торнквіста, де наявні сейсмічні дані є не досить достовірними; вивчення тектонічної еволюції басейну й відтворення його глибинної будови; визначення розподілу основних і другорядних зон розломів, які незадовільно відображують наявні сейсмічні дані; моделювання вуглеводневих систем тощо.

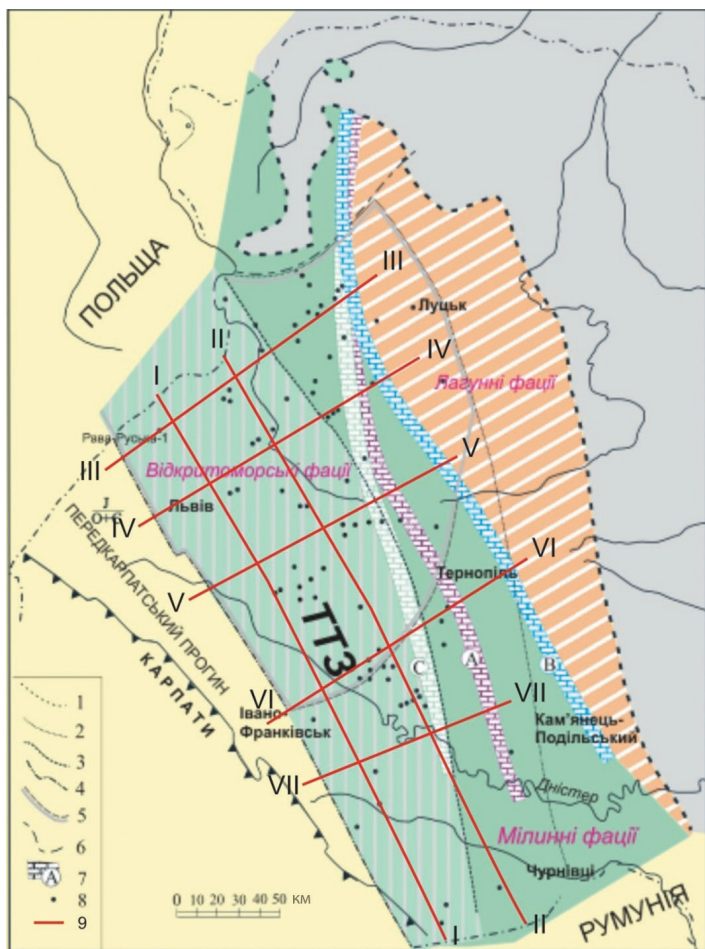
З огляду на польський досвід доцільно виконати в межах Волино-Поділля як щонайменше два поздовжні профілі північно-західного простягання як їхнє продовження з Люблінського басейну Польщі, а також п'ять поперечних профілів з південного-заходу на північний схід загальною протяжністю приблизно 1,5 тис. пог. км, варіант розміщення сітки згаданих сейсмопрофілів наведено на рисунку.

Нетрадиційні джерела вуглеводневого газу створюють різні аномальні геоелектричні, електромагнітні та інші ефекти, унаслідок чого не менш важливу роль на початковому етапі вивчення мають відіграти відомі різнотипні геоелектричні методи (МТЗ, ВЕЗ, ДЕЗ та ін.), методи становлення короткоімпульсного електромагнітного поля (СКІП) і вертикального електрорезонансного зондування (ВЕРЗ) для виявлення цих аномальних ефектів. Підставою для використання цих методів є диференціація геологічного розрізу за електричним опором, діелектричною проникністю та іншими електричними й електромагнітними властивостями. Оскільки найважливішою фізико-хімічною специфікою газоносних сланців є їхня маловодність і гідрофобність, то їхні товщі виділятимуться високоомними, електромагнітними та іншими аномаліями. Власне геоелектричні, електромагнітні методи можна розглядати як прямі методи просторового картування газоперспективних чорносланцевих формацій.

На початковій стадії геологічного вивчення перспективних територій О. Ю. Лукін [7] пропонує використання методу викликаної поляризації (ВП) як прямого методу просторового картування чорносланцевих формацій, зважаючи на їхню високу насиченість дисперсним піритом. Ця особливість, а також інші особливості мінерального складу й геохімії як чинники формування аномальних ефектів – підвищена уран-радіева радіоактивність, підвищена наявність дисперсних частин самородних металів, зокрема заліза, тощо – характерні майже для всіх родовищ сланцевого газу Північної Америки.

Через це, окрім згаданих електричних методів, важливу роль мають відігравати також і атмогеохімічні дослідження.

Отже, на початковій стадії геологічного вивчення для оконтурювання газоперспективних сланцевих формацій Волино-Поділля важливу роль мають відводити комплексуванню 2Д регіональної сейсмічної зйомки для великих глибин з різнотипними геоелектричними, електромагнітними методами, методом викликаної поляризації за профілями сітки регіональної сейсмозвідки, а також великомасштабних і



**Рисунок. Принципова схема розміщення проектних регіональних сейсмопрофілів 2Д**

1–3 – східна межа поширення відкладів (1 – силуру, 2 – тиверської серії, 3 – дністерської серії або олд-реду); 4 – західна межа поширення відкладів силуру й девону; 5 – межа поширення середньодевонських відкладів (межі Львівського прогину); 6 – зони тектонічних порушень; 7 – розміщення біогермових бар'єрів (А – баговицького, В – малиновецького (конівського), С – скальського (ісаковецького) віку); 8 – свердловини; ТТЗ – Зона Тейсейра-Торнквіста; 9 – проектні сейсмопрофілі 2Д (I–VII)

за потреби деталізаційних гравімагнітної та атмогеохімічної зйомок тощо.

Унаслідок комплексної інтерпретації виконаних досліджень, моделювання палеозойського басейну та системного аналізу отриманих результатів визначатимуть найперспективніші зони (ділянки надр) для подальших пошукових робіт. Важливу роль відіграватимуть технології з прогнозування геологічного розрізу, виділення ділянок з поліпшеними колекторськими властивостями, прогнозування розуцілення, мікротріщинуватості, газонасиченості тощо. Дисперсний характер газонасиченості сланцевих товщ, часткова чи повна маловодність розрізу суттєво змінюють їхні щільнісні, міцнісні, акустичні та інші властивості [7]. Ці чинники відкривають вагомі перспективи для застосування інших модифікацій сейсмозв'язки, зокрема пасивної сейсмозв'язки, яка ґрунтується на цілеспрямованому вивченні природної (спонтанної) сейсмічної активності розсіяних хвиль (мікросейсм) [7], що дає змогу виявляти й картувати хаотично поширені мікротріщинуваті зони.

Завершенням регіонального етапу буде буріння пілотних вертикальних параметричних свердловин у межах виділених

найперспективніших ділянок із суцільним відбиранням керн з перспективних сланцевих товщ з подальшими системними лабораторними дослідженнями вмісту органічної речовини, катагенезу чорносланцевих порід, їхнього літолого-фаціального та мінералогічного складу, петрофізичних і геомеханічних властивостей тощо, проведення комплексу ГДС з обов'язковим виконанням ГГК (щільнісного й селективного), моделювання та випробування перспективних газосланцевих товщ з використанням багатоступневих гідророзривів пластів.

Перспективи подальших геологорозвідувальних робіт визначатимуть за отриманими результатами робіт регіонального етапу та геолого-економічної оцінки перспективних об'єктів.

### Висновки

Великі прогнозовані добувні ресурси газу чорносланцевих порід силуру Волино-Поділля (приблизно 1,8 трлн м<sup>3</sup>, а з огляду на відклади верхнього ордовіку й нижнього силуру – до 2 трлн м<sup>3</sup>) і висока ймовірність відкриття традиційних покладів вуглеводнів у палеозойських відкладах потребують проведення цілеспрямованих геологорозвідувальних робіт.

Газосланцева система принципово відрізняється від традиційних покладів газу за геологічними умовами газонакопичення, структурними умовами залягання, літологічними, петрофізичними та геомеханічними параметрами, чинниками екранування, характером газонасичення тощо. Зокрема, якщо традиційні скупчення газу приурочені до класичних антиклінальних, структурно-тектонічних, літологічних чи комбінованих пасток, моделі колектор-(напівпокришка) покришка, то поклади сланцевого газу приурочені до великих однотипних (сланцевих) літофаціальних стратиграфічних формацій з одночасними функціями колектора й покришки.

Зазначена специфіка родовищ сланцевого газу спонукає до видозміни вимог до стабільності геологорозвідувальних робіт. Сланцева стратиграфічна формація розглядається як потенційний продуктивний комплекс. Тому її виділення й картування мають виконувати вже на регіональному етапі вивчення геофізичними та іншими методами.

На початковій стадії геологічного вивчення для оконтурювання газоперспективних сланцевих формацій Волино-Поділля важливу роль мають відводити комплексуванню 2Д регіональної сейсмічної зйомки за технологією компанії IONGeophysical-GXT (щонайменше двох поздовжніх профілів північно-західного простягання як їхнього продовження з Люблінського басейну Польщі та п'ятьох поперечних профілів з південного-заходу на північний схід загальною протяжністю приблизно 1,5 тис. пог. км) з методами електророзвідки, викликаної поляризації тощо за профілями сітки регіональної сейсмозв'язки, великомасштабних гравімагнітної та атмогеохімічної зйомок.

Суттєві зміни щільнісних, міцнісних, акустичних та інших властивостей унаслідок дисперсного характеру газонасиченості сланцевих товщ, часткова чи повна маловодність розрізів відкривають чималі перспективи використання пасивної сейсмозв'язки, яка ґрунтується на цілеспрямованому вивченні природної (спонтанної) сейсмічної активності розсіяних хвиль (мікросейсм), що дає змогу виявляти й картувати хаотично поширені мікротріщинуваті зони.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Вєдєрніков Г.В. Прогноз залежій углеводородов по характеристикам микросейсм. – Новосибирск: Изд-ство "Свиньян и сыновья"; 2012. – 201 с.



2. Гурский Д. С., Михайлов В. А., Чепиль П. М. и др. Сланцевый газ и проблемы энергообеспечения Украины//Мінеральні ресурси України. – 2010. – № 3. – С. 3–8.

3. Крупський Ю. З., Куровець І. М., Сеньковський Ю. М., Михайлов В. А., Чепиль В. П. та ін. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Книга II. Західний нафтогазоносний регіон. – Київ: Ніка-Центр, 2013. – 400 с.

4. Куровець І. М., Михайлов В. А., Зейкан О. Ю., Крупський Ю. З., Гладун В. В., Чепиль П. М., Гулій В. М., Куровець С. С., Касянчук С. В., Грицик І. І., Наумко І. М. Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Огляд проблеми. Книга I. – Київ: Ніка-Центр, 2014. – 208 с.

5. Куровець І., Крупський Ю., Чепиль В. Перспективи газонасності та прогнозні ресурси сланцевого газу породних комплексів силуру Волино-Поділля (Україна)//Геологія і геохімія горючих корисних копалин. – Львів, 2014. – № 1–2. – С. 7–15.

6. Лукин А. Е. Сланцевый газ и перспективы его добычи в Украине. Статья 1. Современное состояние проблемы сланцевого газа (в свете опыта освоения его ресурсов в США)//Геол. журнал. – 2010. – № 3. – С. 17–32. – <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/57641>.

7. Лукин О. Ю. Геофизические методы та проблема выявления нетрадиционных источников природного газа//Геологический журнал. – 2014. – № 1. – С. 7–22. – <http://geojournal.igs-nas.org.ua/article/view/138805>.

8. Hill R. J., Jarvie D. M. The Mississippian Barnett Shale//AAPG Bulletin. – 2007. – V. 91. – P. 475–499. – <https://pubs.er.usgs.gov/publication/700300489>.

9. Jaffe A. M. Shale Gas Will Rock the World//The Wall Street Journal. – USA, May 10, 2010. – <https://www.wsj.com/articles/SB10001424052702303491304575187880596301668>.

#### REFERENCES

1. Vedernikov G. V. Forecast of hydrocarbon deposits according to microseism characteristics. – Novosibirsk: Izd-vo “Svinin i synovja”, 2012. – 201 p. (In Russian).

2. Gurskij D. S., Mihajlov V. A., Chepil P. M. and others. Shale gas and problems of power supply of Ukraine//Mineralni resursy Ukrainy. – 2010. – No 3. – P. 3–8. (In Russian).

3. Krupskiy Yu. Z., Kurovets I. M., Senkovskiy Yu. M., Mykhailov V. A., Chepil V. P. etc. Non-traditional sources of hydrocarbons in Ukraine. Book II. Western gasbearing region. – Kyiv: Nika-Tsentr, 2013. – 400 p. (In Ukrainian).

4. Kurovets I. M., Mykhailov V. A., Zeikan O. Yu., Krupskiy Yu. Z., Hladun V. V., Chepil P. M., Hulii V. M., Kurovets S. S., Kasianchuk S. V., Hrytsyk I. I., Naumko I. M. Unconventional sources of hydrocarbons in Ukraine. Overview of the problem. Book I. – Kyiv: Nika-Tsentr, 2014. – 208 p. (In Ukrainian).

5. Kurovets I., Krupskiy Yu., Chepil V. Prospects of gas content and forecasting resources of shale gas of Silurian rock complexes in Volyno-Podillia (Ukraine)//Heolohiia i heokhimiia horiuchykh korysnykh kopalyn. – Lviv, 2014. – No 1–2. – P. 7–15. (In Ukrainian).

6. Lukin A. E. Shale gas and prospects for its production in Ukraine. Article 1. The present state of the problem of shale gas (in light of the experience of mastering its resources in the USA)//Heolohichniy zhurnal. – 2010. – No 3. – P. 17–32. – <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/57641>. (In Russian).

7. Lukin O. Yu. Geophysical methods and the problem of detection of unconventional natural gas sources//Heolohichniy zhurnal. – 2014. – No 1. – P. 7–22. – <http://geojournal.igs-nas.org.ua/article/view/138805>. (In Ukrainian).

8. Hill R. J., Jarvie D. M. The Mississippian Barnett Shale//AAPG Bulletin. – 2007. – V. 91. – P. 475–499. – <https://pubs.er.usgs.gov/publication/700300489>.

9. Jaffe A. M. Shale Gas Will Rock the World//The Wall Street Journal. – USA, May 10, 2010. – <https://www.wsj.com/articles/SB10001424052702303491304575187880596301668>.

Рукопис отримано 14.05.2019.

## МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

Редакція приймає оригінальні, раніше не опубліковані статті геологічної, геолого-мінералогічної та технічної тематик.

Статті треба надсилати в друкованому (два примірники) й електронному вигляді, бажано українською мовою.

Обсяг однієї наукової статті – до 25 стор. машинопису через 2 інтервали (разом з табл., фото, рис. та підписами до них, бібліографічним списком, анотацією), оглядової – 6–7 стор., інформаційного повідомлення – 3–4 стор.

До рукопису потрібно додати акт експертизи й такі відомості про автора/авторів: прізвище, ім'я та по батькові (повністю); учене звання й учений ступінь; посада чи професія; місце роботи (назва установи чи організації); адреса місця роботи, номер телефону; адреса місця проживання, номер телефону, електронна адреса, ORCID.

До кожної статті обов'язково навести: індекс УДК, реферат (мовою оригіналу та англійською), бібліографічний список за алфавітом (оформлений відповідно до сучасних вимог), рисунки, таблиці та підписи до них (окремі файли).

Комп'ютерні макети рисунків приймаються в разі дотримання таких умов.

Растрова графіка: чорно-біле зображення – \*.tif чи \*.psd (Adobe PhotoShop); повнокольорове зображення – \*.tif, \*.eps, \*.psd-формат, розрешення 300 dpi. Кольорова модель CMYK, чорний колір в одному каналі.

Векторна графіка: файли формату \*.ai, \*.eps (Adobe Illustrator) чи \*.cdr (CorelDraw). Використані шрифти мають бути подані окремо або переведені в криві. Растрову графіку до векторного макета не заносити.

- Редколегія може не поділяти думок автора.

- Автори відповідають за точність викладених фактів, даних, цитат, бібліографічних довідок, написання географічних назв, власних імен, геологічних термінів тощо.

Рішення про публікацію статті в журналі приймається на основі незалежної експертизи, яку організовує редакція журналу.



НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ  
**МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ  
УКРАЇНИ**

Коллектив журналу  
нагадує авторам  
і читачам, що триває  
передплата на журнал  
**МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ**  
на II півріччя 2019 р.

Передплатний індекс  
за Каталогом  
періодичних видань України –  
**48336**