

ISSN 1682-721X

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ MINERAL RESOURCES of UKRAINE УКРАЇНИ



ISSN 1682-721X



9 771682 721002



НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC JOURNAL

3'2020

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

Науковий журнал, виходить 4 рази на рік,
вересень, 2020 р.
Видається з 01.03.1994 р.

MINERAL RESOURCES OF UKRAINE

Scientific journal, is published 4 times per year,
September, 2020
Published since 01.03.1994

УДК 55(477)(051)
ББК 26.3(4УКР)Я5
М61

ЗАСНОВНИК / FOUNDER

Український державний геологорозвідувальний інститут
Ukrainian State Geological Research Institute

Зареєстровано в Державній реєстраційній службі
України, свідоцтво про державну реєстрацію
серія КВ № 23790-13630ПР від 15.03.2019 р.

Registered in the State Registration Service of Ukraine,
certificate of state registration
КВ № 23790-13630ПР dated 15.03.2019

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР / EDITOR-IN-CHIEF

Г. І. Рудько
H. Rudko

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ / EDITORIAL TEAM

А. А. Локтев / A. Loktiev

(заст. головного редактора / Deputy editor)

М. Д. Красножон / M. Krasnozhon

(заст. головного редактора / Deputy editor)

С. О. Некрасова / S. Nekrasova

(відповідальна секретарка / Executive secretary)

О. О. Акульшин / O. Akulshyn, В. І. Бондаренко / V. Bondarenko,
Ю. І. Войтенко / Yu. Voitenko,
Л. В. Ісаков / L. Isakov, М. М. Костенко / M. Kostenko,
О. В. Кравченко / O. Kravchenko, Е. Д. Кузьменко / E. Kuzmenko,
Я. Г. Лазарук / Ya. Lazaruk, Н. Г. Люта / N. Lyuta,
Г. Г. Лютий / G. Lyutyi, О. І. Ляшенко / O. Liashenko,
В. А. Михайлов / V. Mykhailov, О. В. Плотніков / O. Plotnikov,
О. М. Пономаренко / O. Ponomarenko, В. Л. Приходько / V. Prykhodko,
Р. І. Стефурак / R. Stefurak, В. В. Сукач / V. Sukach,
В. М. Хоменко / V. Khomenko, М. М. Шаталов / M. Shatalov,
Є. О. Яковлев / Ye. Yakovlev

ЗАРУБІЖНІ ЧЛЕНИ РЕДКОЛЕГІЇ / INTERNATIONAL EDITORS:

Ад. А. Алієв / Ad. Aliyev, М. М. Зінчук / M. Zinchuk,
Лін Лі / Lin Li, А. Пестржинський / A. Piestrzynski,
Т. Тодоров / T. Todorov, В. Вімблдон / W. Wimbledon,
А. Шашмаз / A. Şaşmaz, Шенжі Юнг / Chenggui Jing

Відповідальний за випуск / Responsible for the issue
М. М. Костенко / M. Kostenko

У разі передруку посилання на
“Мінеральні ресурси України” обов’язкове

In the case of the reprint – reference to
“Mineral Resources of Ukraine” is obligatory

Рекомендовано до друку вченою радою УкрДГРІ
протокол № 4 від 6.10.2020 р.

Видавництво УкрДГРІ, свідоцтво про державну
реєстрацію № 182 серія ДК від 18.09.2000 р.
04114, м. Київ, вул. Автозаводська, 78А

Publisher UkrDHRI, Certificate of state
registration № 182 series DK dated September 18, 2000
04114, Kyiv, str. Avtozavodska, 78A

Наукове видання внесено до переліку наукових
фахових видань України категорії “Б” з геологічної
й технічної галузей науки, спеціальності – 103, 184, 185

Наказ Міністерства освіти та науки України
№ 409 від 17.03.2020 р.

Журнал індексується в Google Scholar.
У 2016 р. його зареєстровано в системі
Index Copernicus. Індекс ICV2018 = 75,87.
У 2019 р. журнал унесено в базу DOAJ.

Адреса редакції: 04114, м. Київ, вул. Автозаводська, 78А

© УкрДГРІ, 2020

3/2020

ЗМІСТ / CONTENTS

ЛИСЕНКО О. А., КОЛОТІЄВСЬКИЙ Р. П., СТАНКІН А. С. / LYSENKO O., KOLOTIIEVSKYI R., STANKIN A.

Геологічне вивчення і промислове освоєння родовищ
Білозерського залізорудного району
Geological exploration and industrial development
of the Bilozerskyi iron ore region

3

ЗІНЧУК М. М. / ZINCHUK M.

Типоморфні особливості алмазів з давніх осадових товщ
центральної частини платформ
Typomorphic features of diamonds from ancient sedimentary
thick layers of platforms' central parts

13

БЕЗВИННИЙ В. П., КОСТЕНКО М. М. / BEZVYNNYI V., KOSTENKO M.

Щодо уточнення хроностратиграфічної схеми
Бузько-Росинського мегаблока Українського щита
On the specification of the chronostratigraphic scheme
of the Buzko-Rosynskyi block of the Ukrainian Shield

20

ХРУЩОВ Д. П., ГОНЧАРОВ В. Є., МАКОГОН В. В., ЛОКТЕВ А. А. / KHRUSHCHOV D., GONCHAROV V., MAKOGON V., LOKTIEV A.

Методологія інформаційного забезпечення досліджень і робіт
з різномасштабного прогнозування нафтогазових родовищ
Methodology of information support of studies and works
on different-scale forecasting oil and gas fields

24

ВОЙТЕНКО Ю. І. / VOITENKO Yu.

Синергетична природа поведінки нафтогазового пласта
та її вплив на ефективність розкриття й інтенсифікації припливу
Synergetic nature of oil and gas reservoir behavior and its influence
on the efficiency of opening and increase well productivity

33

РУДЬКО Г. І., ЯКОВЛЄВ Є. О. / RUDKO H., YAKOVLEV Ye.

Постмаїнінг гірничодобувних районів України
як новий напрям екологічно безпечного використання
мінерально-сировинних ресурсів
Post-mining of the Ukraine's mining regions as a new direction
for the environmentally safe use of mineral resources

37

АНТОЩЕНКО М. І., ТАРАСОВ В. Ю., ЗАХАРОВА О. І., ЗУБЦОВ Є. І. / ANTOSHCHENKO M., TARASOV V., ZAKHAROVA O., ZUBTSOV Ye.

Дослідження вітринітового і фюзинітового вугілля для
прогнозування небезпечних геологічних явищ у вугільних пластах
Research of vitrinite and fusinite coals for predicting geological
hazards in coal seams

45

Світлої пам'яті Сергія Миколайовича Кулика
In the blessed memory of Sergii Kulyk

50

УДК 553.311:622.06 (477.64)

 <https://doi.org/10.31996/mru.2020.3.3-12>

О. А. ЛИСЕНКО, канд. геол. наук, директор з геологічних питань (Товариство з обмеженою відповідальністю "Атомні енергетичні системи України"), alanlysenko@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4847-9116>,

Р. П. КОЛОТІЄВСЬКИЙ, головний геолог (Приватне акціонерне товариство "Запорізький залізорудний комбінат"), ruslan.kolotievskiy@zsrk.com.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3472-3234>,

А. С. СТАНКІН, провідний геолог (Товариство з обмеженою відповідальністю "Атомні енергетичні системи України"), astankin@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7107-6940>

О. LYSENKO, PhD (Geol.) (Nuclear Energy Systems of Ukraine LLC), alanlysenko@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4847-9116>,

R. KOLOTIEVSKYI, Chief Geologist, (Private joint stock company "Zaporizhzhia Iron Ore Plant"), geo@zgrk.com.ua, <https://orcid.org/0000-0003-3472-3234>,

A. STANKIN, Senior Geologist, (Nuclear Energy Systems of Ukraine LLC), astankin@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7107-6940>

ГЕОЛОГІЧНЕ ВИВЧЕННЯ І ПРОМИСЛОВЕ ОСВОЄННЯ РОДОВИЩ БІЛОЗЕРСЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО РАЙОНУ

GEOLOGICAL EXPLORATION AND INDUSTRIAL DEVELOPMENT OF THE BILOZERSKYI IRON ORE REGION

Узагальнено новітню інформацію щодо геолого-структурної позиції і геологічної будови родовищ багатих залізних руд Білозерського залізорудного району, схарактеризовано стан їхнього промислового освоєння. Під час експлуатації Південно-Білозерського і Переверзівського родовищ завдяки геологічному вивченню, проведенню експлуатаційної розвідки й дорозвідки глибоких горизонтів, виконанню спеціалізованих досліджень і геолого-економічної переоцінки отримано великий обсяг нових геологічних даних. Це дало змогу істотно уточнити умови залягання, морфологію й внутрішню будову рудних покладів, якісні та фізико-механічні властивості руд і вміщувальних порід, гідрогеологічні, інженерно-геологічні й гірничотехнічні умови розробки корисної копалини. У статті наведено результати аналізу й інтерпретації отриманої геологічної інформації і фактичних даних з розробки родовищ – сучасні уявлення щодо геологічної будови об'єктів, характеристику основних природних умов і параметрів, які впливають на ефективність промислової розробки багатих залізних руд.

Ключові слова: Білозерський залізорудний район, багаті залізні руди, рудні поклади, розвідка родовища, промислове освоєння родовища, умови розробки руд.

The latest information on geological and structural position and geological structure of deposits of rich iron ores of the Belozerskyi iron ore district is summarized, and the state of their industrial development is characterized. During the exploitation of the Pivdenno-Bilozirske and Pereverzivske deposits, due to geological study, mining exploration and additional exploration of deep horizons, specialized and feasibility study a significant amount of new geological data has been received. This data allowed to clarify the position, morphology and internal structure of ore bodies, qualitative, physical and mechanical properties of ores and enclosing rocks, hydrogeological, geological, engineering and mining conditions. The article presents the results of the analysis and interpretation of the latest geological information and actual data on the mine development of deposits – modern views on the geological structure of objects, the characteristics of the basic natural conditions and parameters that affect the efficiency of industrial mining of rich iron ores.

The state of geological prospecting in the region is very uneven. The most studied are the Pivdenno-Bilozirska and Pereverzivska fields, which are currently being developed.

The rich iron ores of these deposits are classified as high quality in both Ukraine and Europe. These ores do not require beneficiation and are suitable for agglomeration and open-hearth process. This circumstance helps to reduce the cost of mining and increase the commercial efficiency. For the mine development of both deposits, a common infrastructure is used – permanent mine openings, mine shafts, support facilities and services. Joint development of the deposits will ensure the long-term stable operation of the plant without reducing the production of rich iron ores.

The deposits are characterized by difficult mining and technical operating conditions. The ore deposits are covered by a cover up to 250–350 meters of loose water-saturated sedimentary deposits. The iron ore strata and the host rocks have heterogeneous physical and mechanical properties.

Iron ores are mined using a productive level-room system. Empty rooms are filled consolidating stowing. The advanced drainage and continuous groundwater withdrawal from mines are used in the mining process.

The progressive system of iron ores mining ensures: preservation of the productivity and quality of aquifers, which are used for municipal water supply; preservation of the earth's surface from avalanches and landslides in the mining area; stable environmental conditions at the plant area and in the surrounding area; efficiency and completeness of extraction of iron ores from the bowels; the optimal level of economic indicators of the enterprise.

Keywords: Belozerskyi iron ore region, rich iron ores, ore deposits, field exploration, industrial development of deposits, ore mining conditions.

Вступ

За металогенічним районуванням Білозерський рудний район визначено як підрозділ Дніпровсько-Приазовської субпровінції [1], проте він більше відомий як "залізорудний район", у межах якого виявлено великі поклади залізних руд – магнетитових кварцитів і природно багатих окиснених руд. Саме з назвою "залізорудний" цей район розглянуто у фун-

даментальній узагальнювальній монографії "Металічні корисні копалини" [2].

Білозерський залізорудний район (БЗР) розміщений у крайовій південно-східній частині Українського щита (УЩ) у межах Середньопридніпровського мегаблока (рис. 1) і приурочений до Білозерської зеленокам'яної структури, витягнутої в субмеридіональному напрямку на 65 км від Каховського водосховища на півночі до с. Веселе на півдні. Залізорудний район займає площу близько 1200 км², видовжений

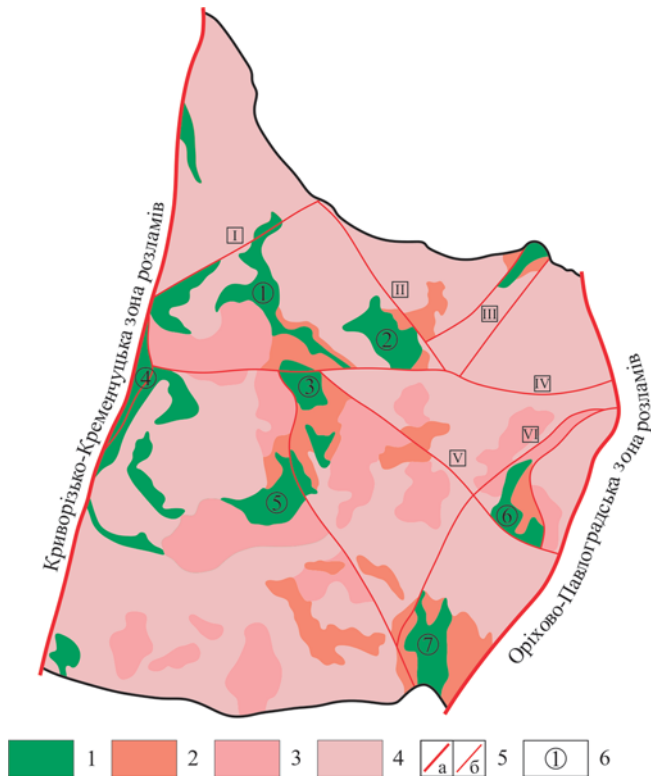


Рис. 1. Схема розміщення зеленокам'яних структур Середньопридніпровського мегаблока Українського щита

1 – зеленокам'яні структури; 2 – масиви плагіогранітів сурського комплексу; 3 – постзеленокам'яні двопольовошпатові граніти; 4 – утворення аульського структурно-формаційного комплексу; 5: а) – міжблокові зони розламів УЩ; б) головні розлами (римські цифри в прямокутниках): I – Комісарівський; II – Дніпродзержинський; III – Дерезуватський; IV – Девладівський; V – Хортицький; VI – Мокромосковський (Малокатеринівський); 6 – цифри в кружках – назви основних зеленокам'яних структур: 1 – Верхівцівська, 2 – Сурська, 3 – Софіївська, 4 – Криворізька, 5 – Чортомлицька, 6 – Конкська, 7 – Білозерська

на 40 км і частково охоплює території Василівського, Михайлівського та Веселівського адміністративних районів Запорізької області.

До складу БЗР входять Північно-Білозерське, Південно-Білозерське, Переверзівське, Південне родовища багатих (гематитових) руд, а також родовище Північного замикавання центральної синкліналі, Західна ділянка й ділянка свердловини 188 з подібними рудами (рис. 2). Розвідані запаси багатих руд БЗР за даними геологічної служби Запорізького залізорудного комбінату становлять (у млн тонн) приблизно 850 із середнім умістом заліза загального – 57,69 %, зокрема Переверзівського – 382,5; Південно-Білозерського – 166,3; Північно-Білозерського – 49; Північного замикавання – 68,2; Південного родовища – 160.

Багаті руди залягають у межах потужних (50–250 м) пластів залістих кварцитів. Але чимала частина залістих кварцитів є окисненою, а отже не придатною для економічно ефективного відпрацювання. Проте збереглися ділянки неокиснених (магнетитових) кварцитів, які мають великий потенціал. За різними оцінками запаси й ресурси магнетитових кварцитів становлять від 6 до 8 млрд т. За сприятливих економічних умов їх можна залучити до промислового розроблення.

На сьогодні в БЗР експлуатують Південно-Білозерське й Переверзівське родовища. Багаті залізні руди добуває підприємство з іноземними інвестиціями у формі приватного

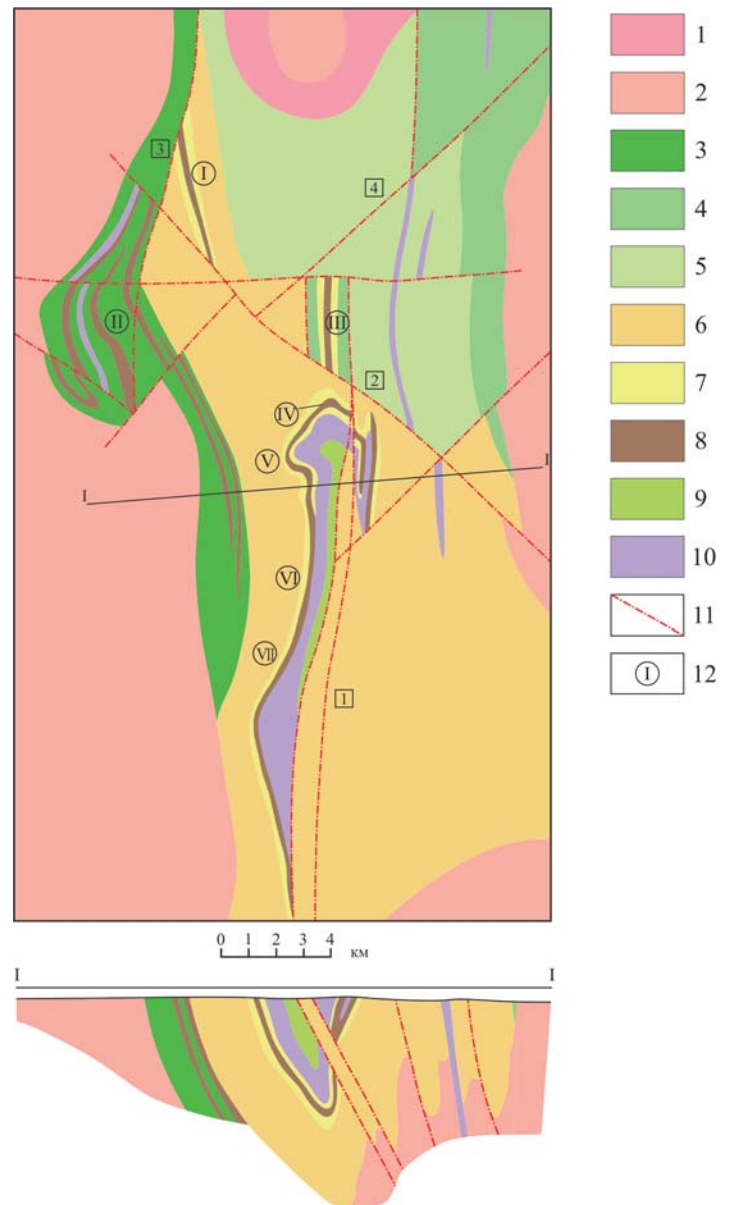


Рис. 2. Схематична геологічна карта Білозерського залізорудного району й геологічний розріз по лінії I-I (за матеріалами Білозерської ГРЕ з коригуваннями й доповненнями авторів)

Сурський комплекс: 1 – діорити; 2 – плагіограніти. Конкська серія: 3 – сурська світа (амфіболіти, сланці плагіоклаз-хлорит-амфіболітові й тальк-карбонат-серпентин-амфіболітові, прошарки рудних і безрудних кварцитів, серпентиніти); 4 – чортомлицька світа (метабазальти, метадацити, метаріодацити, метадолерити); 5 – солонівська світа (метаріодацити, метаріоліти, метадацити). Білозерська серія: 6 – міхайлівська світа (кварцові, аркозові метапісковики, метагравеліти, метаконгломерати, сланці філітоподібні та вуглецеві, метаріодацити); 7 – запорізька світа (сланці і кварцито-сланці кварц-хлоритові, кварц-карбонат-хлоритові); 8 – залізорудний горизонт запорізької світи (магнетитові, гематит-мартитові, хлорит-гематит-мартитові кварцити та багаті залізні руди, сланці магнетит-амфібол-кварцеві); 9 – теплівська товща – метакоматіти (серпентиніти, актиноліти, тремоліти, сланці карбонат-талькові); 10 – ультрабазити варварівського комплексу (серпентиніти, тремоліти); 11 – головні розлами (арабські цифри у квадратах): 1 – Центральний; 2 – Діагональний; 3 – Західний; 4 – Північно-Східний; 12 – родовища заліза (римські цифри в кружках): I – Північно-Білозерське; II – Західна ділянка; III – ділянка свердловини 188; IV – Північне замикавання; V – Південно-Білозерське; VI – Переверзівське; VII – Південне

акціонерного товариства “Запорізький залізорудний комбінат” (ПрАТ “ЗЗРК”) (фото 1). Родовища розробляють у складних гідрогеологічних і гірничотехнічних умовах підземним способом, оскільки рудні поклади перекриті чохлом обводнених осадових порід потужністю 250–350 м.

Історія вивчення і освоєння району

Уперше багаті залізні руди БЗР було виявлено поблизу с. Мала Білозерка в 1955 р. (Настенко, Халло). Основою для проведення геологорозвідувальних робіт слугували матеріали геофізичних досліджень, виконаних у період 1950–1953 рр. До 1961 року тут розвідали Північно-Білозерське родовище, запаси якого на той час за категорією C_1 оцінили в 32 млн тонн. Родовище, яке й донині не розробляють, зарахували до резерву.

Наприкінці 1956 р. було відкрито Південно-Білозерське родовище, розміщене за 10 км на південний схід від Північно-Білозерського (рис. 2). Детальну розвідку об'єкта завершили в 1960 р. (Халло та ін.). З 1961 року на базі Південно-Білозерського родовища почали будувати Запорізький залізорудний комбінат, який увели в експлуатацію 1969 року. Розвідані запаси багатих залізних руд до глибини 1200 м на цьому родовищі на початок 1976 року за категоріями $B + C_1 + C_2$ оцінювали в 322 млн тонн.

Після отримання ПрАТ “ЗЗРК” спеціального дозволу на користування надрами з метою видобування багатих залізних руд назва родовища трансформувалася в Південно-Білозерське родовище і наразі вживається так, як офіційно зафіксована в спецдозволі.

Разом з Південно-Білозерським родовищем розвідувальні роботи проводили й на північному замиканні Центральної синкліналі, що контролює геолого-структурне положення південної групи родовищ БЗР (IV–VII, рис. 2). Поклади багатих залізних руд виявили в східному крилі Північного замикання. Аналогічно до Північно-Білозерського родовища руди цього об'єкта перебувають у резерві.

Переверзівське родовище було відкрито 1959 року (Халло та ін.). Детальні розвідувальні роботи проведено в 1962–1967 рр., 1967–1975 рр. (Качанов та ін.), за результатами яких затверджено 352 млн тонн запасів багатих руд у межах центральної й південної частин родовища за категоріями $B + C_1 + C_2$. У 2015 році Переверзівське родовище залучено до промислової експлуатації.



Фото 1. Центральний офіс ПрАТ “Запорізький залізорудний комбінат”

Майже одночасно з Переверзівським дещо південніше від нього було виявлено Південне родовище. Геологічне вивчення цього об'єкта обмежено стадією попередньої розвідки.

У період з 1955 по 1961 рр. активними пошуково-розвідувальними роботами й глибокими свердловинами було також розкрито багаті залізні руди Західної ділянки та ділянки свердловини № 188 (рис. 2). Проте в подальшому на цих об'єктах і на Південному родовищі детальних розвідувальних робіт і геолого-економічної оцінки не виконували.

У 2011 і 2016 рр. на Південно-Білозерському родовищі, а в 2014 і в 2018–2019 рр. на Переверзівському виконано геолого-економічну переоцінку (ГЕО) та перераховано запаси багатих залізних руд, що було зумовлено накопиченням нових геологічних даних, зміною економічних і технічних умов добування корисної копалини, зміною законодавчої бази у сфері надрокористування. За результатами ГЕО уточнено техніко-економічні й фінансові показники господарської діяльності ПрАТ “ЗЗРК”, визначено коефіцієнти рентабельності, які засвідчують економічну доцільність подальшої експлуатації родовищ, розроблено рекомендації щодо забезпечення ефективної діяльності підприємства.

Промислове значення магнетитових кварцитів Переверзівського родовища оцінено в 2017 р. Техніко-економічними розрахунками підтверджено, що освоєння запасів магнетитових кварцитів у сучасних умовах є недоцільним, оскільки призведе до істотного погіршення економічної ефективності відпрацювання родовища загалом.

Родовища Південне й Північного замикання, а також Західну ділянку й ділянку свердловини 188 до цього часу детально не вивчали. Розвідувальні роботи й ГЕО не проводили через гірші, ніж на інших залізорудних об'єктах району, параметри зруденіння й складні умови залягання корисної копалини.

Висвітлення БЗР у літературі

Питання геологічної будови залізорудних родовищ Білозерського району, а також стану їхнього промислового освоєння від часу відкриття й до наших днів у літературі висвітлено вкрай несистематично. Основні обсяги геологорозвідувальних робіт і спеціалізованих досліджень, а отже й звітів і наукових публікацій, припали на період відкриття цих об'єктів і початок промислового освоєння району, що збігається з роками розквіту радянської геології й геологічної науки.

Залізорудні родовища вивчала Дніпропетровська група відділів Інституту мінеральних ресурсів (ІМР) під час тематичної роботи зі складання геолого-промислового нарису Білозерського рудного району (В. Ф. Гузенко та ін., 1965).

Геологічну будову, геолого-структурну позицію, мінералогічні і якісні особливості руд та інші характеристики нововиявленого Білозерського району й залізорудних родовищ ґрунтовно досліджували С. М. Доброхотов, В. Ф. Халло, Г. Ф. Гузенко, В. Д. Ладієва тощо. У 80-х роках ХХ сторіччя завдяки стабільному геологічному вивченню району регулярно виходили публікації М. В. Кушинова, В. М. Кравченко, В. І. Ганоцького, Є. М. Качанова та інших дослідників.

Докладну інформацію про унікальний Білозерський залізорудний район можна знайти також у монографіях [2, 4, 11], наукових публікаціях [5, 8–10], дисертаційній роботі М. В. Рузіної [15], звітах науково-дослідних робіт (В. М. Кравченко, 1983, 1996) та ін.

Наприкінці ХХ – початку ХХІ сторіччя обсяги геолого-розвідувальних робіт, наукових і тематичних геологічних досліджень як Білозерського району, так і України загалом

неабияк скоротилися, що зумовило цілковитий брак актуальної геологічної інформації в друкованих виданнях. Проте варто віддати належне М. В. Рузіній, наукові публікації якої з питань геології, рудоносності й металогенії Білозерської зеленокам'яної структури як самостійні [14, 16 та ін.], так і в співавторстві з В. М. Кравченко та ін. періодично, у ці часи, з'являлися на сторінках геологічних журналів і збірників тез наукових конференцій.

В останніх наукових працях щодо залізорудних об'єктів ПрАТ “ЗЗРК” висвітлено результати повторних ГЕО, дані експлуатаційної розвідки, дорозвідки глибоких горизонтів родовищ і тематичних досліджень [12, 13].

Мета цієї публікації – проаналізувати новітню геологічну інформацію, отриману під час експлуатації Південно-Білозерського й Переверзівського родовищ, експлуатаційної розвідки й дорозвідки глибоких горизонтів і флангів, а також повторної геолого-економічної оцінки цих об'єктів. Багаті залізні руди залягають у дуже складних гідрогеологічних і гірничотехнічних умовах, тож їхній видобуток пов'язаний із застосуванням передових високопродуктивних та ефективних технологій. Інформація щодо геологічної будови, морфології рудних покладів і умов їхнього залягання, якісних і технологічних властивостей, природних умов видобування руд, сучасної системи розроблення корисної копалини цих унікальних родовищ заслуговує на всебічне висвітлення для ознайомлення широкого кола фахівців і науковців геологічної галузі й гірничодобувної промисловості.

Геологічна будова району і родовищ

У геолого-структурному плані БЗР приурочений до Білозерського синклінорію, якому відповідає Білозерська зеленокам'яна структура (БЗС) (рис. 2). Синклінорну структуру наповнюють метаморфічні породні комплекси мезоархею – утворення конкської й білозерської серій і парагенетично пов'язані з ними гранітоїди сурського комплексу.

Породи білозерської серії розвинені в межах кількох синклінальних складок, до яких приурочені залізорудні родовища району. У складі серії виділено (знизу – вгору) михайлівську, запорізьку й переверзівську світи [3].

Михайлівська світа представлена переважно теригенними, а також незначною мірою хемогенними залізо-кременистими утвореннями й кислими метавулканітами та є найпоширенішою.

У складі запорізької світи, що містить залізні руди родовищ, виділяють метапелітово-сланцевий (нижній), залізорудний і кварцито-сланцевий (верхній) горизонти. Залізорудний горизонт розвинений у вигляді вузьких смуг і також поділяється на три складники (підгоризонти): нижній – хлорит-магнетит-карбонатний; середній – магнетитових кварцитів і покладів багатих залізних руд; верхній – хлорит-карбонат-магнетитових кварцитів і сланців.

Залізисті кварцити окиснені зазнали процесів інтенсивного вилугування, завдяки чому перетворюються на багаті залізні руди. Водночас магнетит заміщується мартитом, залізо-магнетитові карбонати – дисперсним гематитом, хлорит – глинистими мінералами й гематитом. Неокиснені різновиди кварцитів збереглися здебільшого в лежачому й висячому боках продуктивного горизонту.

За вмістом головних рудотворювальних мінералів і кількісних співвідношень їхніх різновидів серед багатих залізних руд виділяються такі основні типи: дисперсногематит-мартитові, мартитові, дисперсногематитові.

Багаті окиснені залізні руди БЗР за походженням і властивостями належать до саксаганського геолого-промислового типу (Халло, 1960; Михалевська, 1990; [2]). Просторово й генетично вони пов'язані із залізистими кварцитами. Зрудення належить до глибинного ярусу й занурюється від поверхні кристалічних порід на глибину понад 1500 м.

Переверзівська світа, яка займає верхнє положення в розрізі білозерської серії, складена асоціацією кварц-серицитових, кварц-карбонат-хлорит-серицитових, вуглецево-серицитових сланців, метапелітовок і безрудних кварцитів.

Вище залягають метавулканіти ультраосновного, основного й середнього складу теплівської товщі середнього архею [3].

В. М. Кравченко пропонував у складі білозерської серії виділити також тимошівську товщу, яка, на його думку, завершує розріз структури й паралелізується з верхами розрізу Кривого Рогу.

Інтрузивні утворення на площі родовищ представлені зміненими ультрабазитами варварівського комплексу, перетвореними на серпентиніти. Зазвичай вони приурочені до стратиграфічного контакту михайлівської й запорізької світ, але часто апофізи міжпластових тіл серпентинітів перетинають продуктивні горизонти запорізької світи. Доволі широко в районі розвинені дайки кварцових кератофірів і альбітофірів та епідіабазів (метадолеритів?) пізнішого віку.

Залізорудні поклади й комплекс уміщувальних архейських порід перекриті товщею мезо-кайнозойських відкладів (крейди, палеогену, неогену, четвертинної системи) потужністю до 250–350 м, що характеризуються субгоризонтальним заляганням і збільшенням потужності в південному напрямку внаслідок занурення фундаменту.

У тектонічному плані Білозерський синклінорій є складнобудованою структурою, у межах якої виділяють серію синклінальних складок, вивопнених породами білозерської серії (рис. 2). Н. В. Кушинов [9, 10] на площі БЗР виділив шість лінійних антиклінальних і синклінальних складок.

Північно-Білозерське родовище розміщується в межах Північно-Білозерської синклінали, яка має лінійну форму завдовжки близько 6–7 км і простягається в південно-східному, близькому до субмеридіонального, напрямку (рис. 2). За даними розвідки (1961 р.) і тематичної роботи зі складання геолого-промислового нариса БЗР (1965 р.) родовище приурочено до ізоклінальної синклінальної складки, яка має простягання 345–350° і перекинена на захід. Падіння складки стрімке – 75–80°. Одне крило зрізане повздовжнім тектонічним порушенням (рис. 3). Родовище складається з двох уособлених рудних покладів – Південного, розміщеного в південній замковій частині синклінали, і Північного, що залягає в центральній її частині.

Поклад Південний має пластоподібну форму й простягається на відстань 600 м за потужності від 3 до 65 м. Північний поклад має лінзоподібну форму, довжина його становить близько 400 м, потужність – 75–80 м. Серед багатих залізних руд вирізняються переважні гематитові (до 97 %) і карбонат-магнетитові мартитизовані. Гематитові руди також розділяють на мартитові, дисперсно-гематит-мартитові (найпоширеніші) і мартит-дисперсногематитові.

Багаті руди містять понад 60 % заліза загального, вміст сірки й фосфору низький. Але внаслідок низької міцності для мартенівського виробництва без попередньої підготовки може бути придатною дуже невелика кількість руд.

Загальні запаси Північно-Білозерського родовища за висновком авторів тематичних досліджень (1965 р.) завдяки дорозвідці можна збільшити до 50–70 млн тонн. У подальшо-

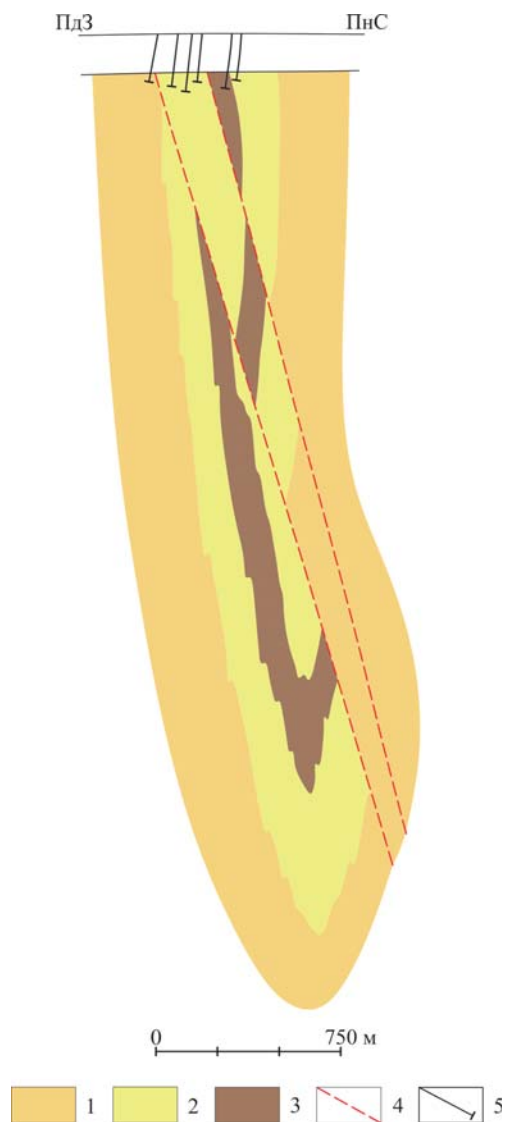


Рис. 3. Схематичний структурний розріз Північно-Білозерської синкліналі (за Г. Ф. Гузенко та ін., 1965, із коригуваннями авторів)

Запорізька світа: 1 – метакісовики й сланці нижнього горизонту; 2 – сланці й кварцити-сланці кварц-хлоритові, кварц-карбонат-хлоритові; 3 – горизонт залістистих кварцитів і багатих залізних руд; 4 – тектонічні порушення; 5 – розвідувальні свердловини

му розвідувальні роботи й геолого-економічну оцінку на родовищі не проводили.

Родовища Південно-Білозерського рудного поля – Південно-Білозерське, Переверзівське, Південне, Північне замикавання – приурочені до Центральної синкліналі, що орієнтована в субмеридіональному напрямку й простежується на відстані понад 20 км (В. Ф. Халло, 1960; В. Ф. Гузенко та ін., 1965). Перші три із зазначених родовищ розміщуються в західному крилі структури, а родовище Північного замикавання – у північно-східному крилі.

Південно-Білозерське родовище має дугоподібну форму, оскільки розміщується поблизу північного замикавання Центральної синкліналі. Протягання залізрудних покладів і вмщувальних порід з півдня на північ поступово змінюється з північно-західного на північно-східне. Переверзівське родовище майже стабільно простягається в субмеридіональному напрямку на 6 км.

Метаосадова товща запорізької світи й залізовмісна пачка в межах Південно-Білозерського й Переверзівського ро-

довищ мають доволі стрімке перемінне падіння на схід, яке змінюється від 60–65° до субвертикального. Поклади й тіла багатих залізних руд залягають загально субзгідно до вмщувальних порід.

Досить широко на залізрудних родовищах району проявлені тектонічні порушення як плікативного, так і диз'юнктивного типів. Найбільш потужними й протяжними є поздовжні розлами. Неабияк ускладнюють рудні поклади й структуру родовищ поперечні дислокації. У тілах залістистих кварцитів і пов'язаних із ними багатих залізних рудах за даними гірничо-експлуатаційних робіт встановлено розвиток потужної складчастості, яка додатково ускладнює морфологію й умови залягання корисної копалини.

У крайовій південній частині Південно-Білозерського рудного поля розміщується Південне родовище, яке майже продовжує Переверзівське. Родовища мають багато подібних ознак, проте Південне характеризується меншими запасами багатих залізних руд, зростанням потужності осадового чохла мезо-кайнозойського віку внаслідок поступового занурення фундаменту.

Родовище Північного замикавання Центральної синкліналі залягає в аналогічних умовах, що й інші об'єкти Південно-Білозерського рудного поля, вирізняючись північно-західним простяганням залізрудної товщі.

Загалом родовища Південне й Північного замикавання характеризуються недостатнім рівнем геологічної вивченості й потребують докладніших досліджень і відповідної оцінки.

Вивчення родовищ у процесі промислового розроблення

Після детальної розвідки Південно-Білозерського й Переверзівського родовищ тривало планове геологічне вивчення й поетапна дорозвідка різних поверхів і флангів. На Південно-Білозерському також постійно виконували експлуатаційну розвідку, а з 2004 року поновили дорозвідку глибоких горизонтів.

На північному фланзі Переверзівського родовища в 1986–1991 рр. виконано попередню розвідку магнетитових кварцитів, запаси яких враховані державним балансом ПрАТ “ЗЗРК” і за категоріями $C_1 + C_2$ становлять 233,8 млн тонн із середнім умістом заліза магнетитового 24,5 %.

Роботи з геологічного вивчення родовищ у процесі їхньої експлуатації геологічна служба ПрАТ “ЗЗРК” проводить згідно з Інструкцією з геологічного обслуговування гірничорудних підприємств [6], що визначає головні завдання щодо забезпечення ефективного видобутку залізних руд, виконання вимог з охорони надр і якнайповнішого вилучення корисної копалини, раціонального й комплексного її використання.

У результаті проведених додаткових розвідувальних робіт і довивчення в процесі експлуатації істотно уточнено уявлення щодо геології та структури родовищ і БЗР загалом, умов залягання, морфології й внутрішньої будови залізрудних покладів, якісних і технологічних властивостей корисної копалини, гідрогеологічних, інженерно-геологічних і гірничотехнічних умов промислової експлуатації родовищ.

Південно-Білозерське й Переверзівське родовища за складністю геологічної будови згідно з Інструкцією [7] належать до 2-ї групи як об'єкти зі складною геологічною будовою, мінливою потужністю й порушенням заляганням рудних покладів.

Багаті руди залягають лише в межах потужного горизонту залістистих кварцитів. Падіння кварцитів і багатих руд стрімке в східному напрямку з кутами від 60–65° до 80–85°.

Залягання покладів багатих руд загалом згідне або близьке до згідного щодо нашарування вміщувальних порід.

Розміри залізрудних покладів за простяганням перевищують сотні метрів за потужності від кількох до 70–110 м. За падінням чимала кількість рудних покладів продовжується нижче горизонту – 1200 м.

Трапляються “сліпі” пластоподібні тіла, які не виходять на поверхню кристалічного фундаменту або залягають нижче горизонтів, де наразі добувають багаті руди. На нижніх горизонтах Південно-Білозірського родовища такі тіла поєднуються в більші за розмірами рудні поклади, як-от поклад “Новий”.

Рудні поклади Південно-Білозірського родовища мають стовбувату, пласто-, гніздо-, лінзоподібну, а також комбіновану форму, зумовлену суміщенням стовбуватої й складної пластоподібної форм. На Переверзівському родовищі переважають пластоподібні рудні тіла з непостійними потужностями за простяганням і падінням, частим їхнім розгалуженням (рис. 4).

Контакти тіл багатих руд і вміщувальних залізистих кварцитів зазвичай доволі різкі, макроскопічно вирізняються. Зі сланцями контакти багатих руд однозначно є чіткими й різкими. На виклинуванні рудних тіл характер контактів різноманітний – від різких до доволі поступових, від “тупої” форми до зубчастої. Це залежить від інтенсивності тектонічного пророблення й структурної форми контактної ділянки, а також від інтенсивності метасоматичних процесів. Саме в контактних зонах завширшки до кількох метрів найвиразніше проявлені лінзовий будинач і дрібна складчастість.

На залізисті кварцити й багаті залізні руди доволі часто накладена складчастість четвертого, п'ятого й вищих порядків. Гірничо-експлуатаційними роботами встановлено також широкий розвиток тріщин окремоті – стрімкопадних і пологих. Простягання стрімкопадних тріщин окремоті здебільшого 350°, а пологих – 250–75°. Іноді по тріщинах спостерігаються кварцові жили й рудні брекчії як уламки залізистих кварцитів і руд, зцементованих дисперсним гематитом.

Зруденіння як за простяганням, так і падінням розподілено нерівномірно. Найбільшим за запасами багатих залізних руд Південно-Білозірського родовища є поклад “Головний”, у якому, за результатами останньої ГЕО (2016 р.), зосереджено 64,4 % корисної копалини, а Переверзівського – поклади № 4 та № 7, які за результатами ГЕО 2014 р., разом містять 62 % сумарних запасів родовища (17 та 45 % відповідно).

Характерними для родовищ є такі явища, як скупчення покладів і тіл багатих руд, кулісоподібне залягання дрібних покладів, наявність залишків залізистих кварцитів у рудних тілах у вигляді лінз і прошарків, розвиток відгалужень від тіл багатих руд і залізистих кварцитів за падінням і простяганням (рис. 4).

Комплексні дослідження в процесі експлуатації родовищ підтверджують, що багаті залізні руди є монометальними. Супутніх корисних компонентів промислового значення вони не містять.

Головним рудотвірним мінералом є гематит, що становить 80–98 % рудної маси. Абсолютне переважання в рудах гематиту зумовило належність до гематитового мінерального типу.

Гематит представлений трьома різновидами – дисперсним гематитом, мартитом і залізною слюдкою, з яких перші два є найпоширенішими. Відповідно й руди поділяють на три головні підтипи: мартитові (зокрема й залізопродуктивно-мартитові), дисперсногематит-мартитові (зокрема й залізопродуктивно-дисперсногематит-мартитові) та дисперсногематитові

(зокрема й мартит-дисперсногематитові), які мають відмітні фізичні властивості.

Мартитові руди Південно-Білозірського родовища становлять 30 % загальної кількості багатих руд, дисперсногематит-мартитові – 68 %, дисперсногематитові – 2 % (рис. 5, 6). Уміст заліза в рудах змінюється від 48 % (бортовий уміст для підрахунку запасів) до 69 % і становить у середньому 62,8 %.

Головною товарною продукцією ПрАТ “ЗЗРК” є агломераційна руда, уміст заліза загального в якій має становити не менш як 61 %. Частка цієї руди в річному обсязі виробництва підприємства становить понад 90 %. Другий різновид товарної продукції – мартенівська руда з умістом заліза приблизно 58 %.

Вимоги до якості багатих залізних руд регламентуються технічними умовами ПрАТ “Запорізький залізрудний комбінат”, які поширюються на агломераційні й мартенівські заліз-

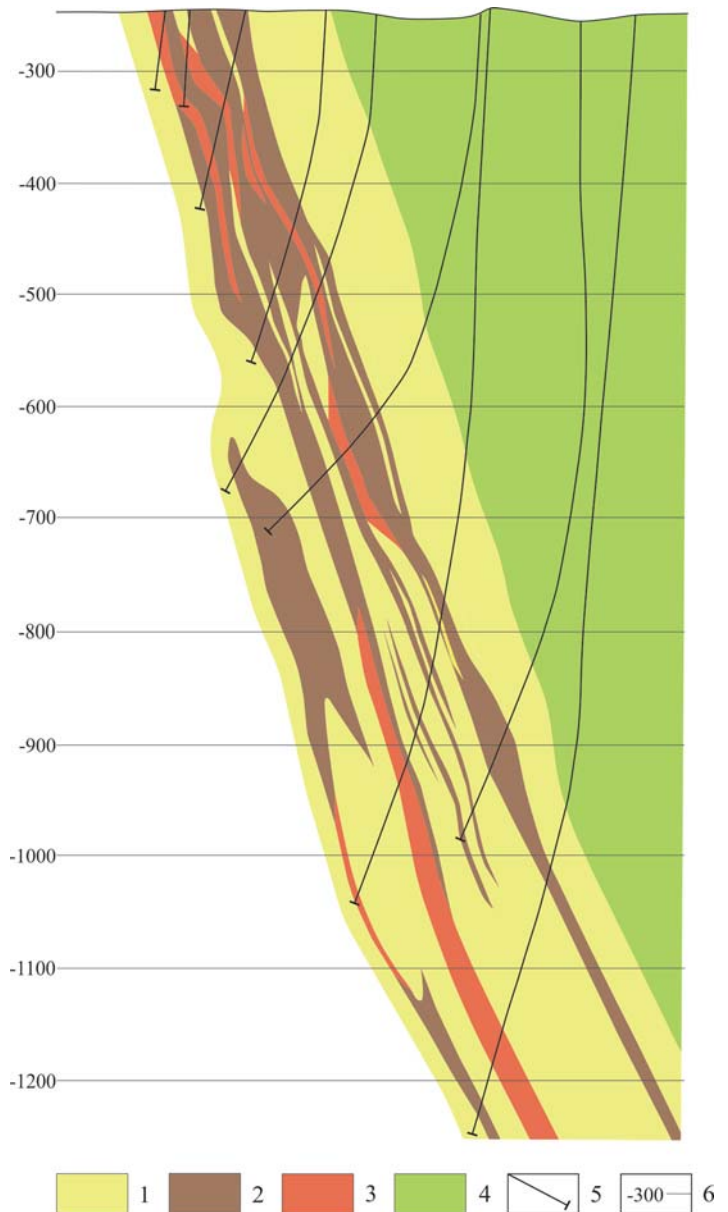


Рис. 4. Узагальнений геологічний розріз Переверзівського родовища

Запорізька світа: 1 – сланці й кварцито-сланці кварц-хлоритові, кварц-карбонат-хлоритові; 2 – залізисті кварцити; 3 – руди мартит-гематитові. Теплівська товща: 4 – метакомаїїти (серпентиніти, актиноліти, тремоліти, сланці карбонат-талькові); 5 – розвідувальні свердловини; 6 – абсолютні позначки горизонтів, м



Рис. 5. Руда мартитова, тонкосмугаста, плейчиста, кавернозна, тріщинувата



Рис. 6. Руда дисперсногематит-мартитова, тонкосмугаста, плейчиста, порувата, кавернозна

ні руди Південно-Білозірського й Переверзівського родовищ, призначені для перероблення на металургійних підприємствах.

У 2015 році за рекомендацією ДКЗ України на Південно-Білозірському родовищі уточнено фізичні властивості руд і вміщувальних порід. За результатами досліджень УкрДГРІ об'ємна маса багатих залізних руд становить у середньому $3,95 \text{ т/м}^3$, поруватість – 18,72 %, вологість – 4,36 %. З'ясовано, що об'ємна маса руд залежить здебільшого не так від вмісту заліза, як від їхньої поруватості й закономірно збільшується від дисперсногематитових руд до дисперсногематит-мартизових і мартизових.

Умови експлуатації родовищ і стан гірничих робіт

Залізорудні родовища Білозерського району характеризуються дуже складними гідрогеологічними, інженерно-геологічними й гірничотехнічними умовами. Це пов'язано з наявністю потужного водонасиченого осадового чохла перекривних мезокайнозойських відкладів, а також неоднорідністю фізико-механічних властивостей залізгорудної товщі й уміщувальних порід.

На родовищах, у різних їхніх частинах, розвинені від семи до дев'яти водоносних горизонтів. П'ять верхніх із них пов'язані з пухкими відкладами осадового чохла, потужність якого сягає 250–350 м. Нижні горизонти приурочені до кори вивітрювання кристалічних порід, зони тріщинуватості фундаменту й залізгорудних покладів.

Три водоносні горизонти, які залягають на глибинах до 130 м від денної поверхні, вище за глинисто-мергельну олігоцен-еоценову товщу, належать до першого (верхнього) водоносного комплексу. До другого комплексу належать во-

доносні горизонти в еоценових (бучацьких), крейдових відкладах, тріщинуватих кристалічних породах і рудах.

Водоносні горизонти осадового чохла надійно ізольовані від горизонтів у відкладах тріщинуватих кристалічних порід і руд, тому осушувальні роботи під час освоєння родовищ на їхній режим не впливають. Цьому сприяло інженерне рішення щодо розробки Південно-Білозірського й Переверзівського родовищ із закладанням виробленого простору.

Руди й уміщувальні породи родовищ характеризуються широким діапазоном міцності. Коефіцієнт міцності за Протод'яковим змінюється від 1–2 до 15–16. Найнижчі значення мають поруваті й кавернозні гематит-мартитові руди й тальк-карбонатні породи, максимальні – кварцити. Переважають руди й породи середньої міцності, тому загалом умови родовища є сприятливими для розробки корисної копалини підземним способом. Але окремі ділянки, передусім у зонах тріщинуватості, потребують укріплення гірничих виробок торкретбетоном, а іноді й металевими арками.

Інженерно-геологічні й гірничотехнічні умови розроблення багатих руд належать, згідно з працею [6], до складних, що пов'язано з потужним обводненням гірничих виробок, вторинним обводненням гірничого масиву під час закладення, неможливістю проведення гірничих робіт без випереджального дренажу. Головний чинник, який визначає складність гірничо-геологічних умов розроблення Південно-Білозірського й Переверзівського родовищ – чималі водопритливи до гірничих виробок.

ПрАТ “ЗЗРК” для забезпечення ефективного відпрацювання багатих руд у цих складних умовах запровадив низку заходів: випереджальний дренаж для запобігання обводненню рудного масиву й гірничих виробок, закладення відпрацьованого простору спеціальними твердкими сумішами, постійний контроль за станом гірничих виробок і охоронного цілика. Це дало змогу успішно застосовувати високопродуктивну підповерхово-камерну й поверхово-камерну системи розроблення з масовим відбоям руди.

Схема розкриття й відпрацювання родовищ є доволі складною, але оптимальною, що охоплює шахтні стовбури, людський, вантажний і транспортні ухили. Рудні поклади Південно-Білозірського родовища, яке розробляють з 1969 р., розкрито 24 горизонтами. На Переверзівському родовищі добувні й підготовчі роботи проводять на поверхсі 340–640 м. Розвинена на сьогодні спільна для обох родовищ система капітальних підземних гірничих виробок перевищує 110 км. Загальна довжина підземних гірничих виробок – понад 300 км.

Залізні руди Південно-Білозірського родовища добувають на поверхсі між горизонтами 301–1040 м, на поверхсі 940–1040 м одночасно проводять гірничопідготовчі роботи для продовження розроблення корисної копалини на глибших горизонтах. На Переверзівському родовищі добувні роботи здійснюють на поверхсі 480–560 м, гірничопідготовчі – на поверхсі 340–640 м. Нині виробнича потужність підприємства становить понад 4,5 млн тонн руди за рік.

В експлуатації одночасно перебуває від 15 до 22 камер. Відпрацьований простір надр заповнюють закладною сумішшю, для приготування якої на поверхні збудований закладний комплекс продуктивністю $1,5 \text{ млн м}^3$ на рік.

Запроваджена система розроблення багатих залізних руд забезпечує: збереження продуктивності верхніх водоносних горизонтів, які використовують для водопостачання південно-західної частини Запорізької області; повне збереження поверхні землі від завалів і зсувів на площі ведення гірничих робіт і гірничого масиву, що оточує гірничі виробки; запобі-

гання потраплянню води продуктивних водоносних горизонтів до гірничих виробок.

Комбінат постійно вдосконалює технології видобутку й перероблення руди, оновлює технічне обладнання. На зміну скреперним лебідкам, буровим машинам СБКН і навантажувальним ППН прийшла новітня імпортна самохідна техніка (фото 2, 3). Втілення програми технічного переобладнання дає змогу ПрАТ “ЗЗРК” підвищувати продуктивність виробництва, поліпшувати умови праці гірників, розв’язувати проблеми якості й економічної ефективності роботи підприємства.

За якісними й технологічними показниками багаті залізні руди БЗР є найліпшими серед аналогічних об’єктів України і Європи. Середній уміст заліза загального в них становить близько 62 %. Руди не потребують збагачення й відповідають вимогам до агломераційних і мартенівських руд. Завдяки своїй якості “Білозерська” руда має великий попит за кордоном: половина продукції йде на експорт – у Словаччину, Чехію, Австрію, Польщу. На внутрішньому ринку основну частину продукції постачають на металургійний комбінат “Запоріжсталь”.

Запаси багатих залізних руд Південно-Білозерського й Переверзівського родовищ на сьогодні оцінені до горизонту -1200 м. У разі дотримання запланованої річної продуктивності робота підприємства буде забезпечена більше ніж на 50 років. Перспективи ПрАТ “ЗЗРК” у подальшому можуть бути пов’язані з глибокими горизонтами (-1500 – -1600 м), до яких простежені багаті руди, а також із запасами магнетитових кварцитів Переверзівського родовища, які за сприятливих економічних умов також можуть бути залучені до промислового освоєння.

Південно-Білозерське й Переверзівське родовища відпрацьовують разом підземним способом єдиною системою гірничих виробок. Як підтверджує світова практика, одночасне розроблення кількох родовищ корисних копалин зусиллями одного підприємства є доволі поширеним явищем. Подібну систему застосовують і вітчизняні гірничі підприємства, зокрема в залізодобувній галузі. Така практика є поширеною на Криворіжжі, де гірничозбагачувальні комбінати підземним способом одночасно розробляють кілька родовищ і навіть суміщають поверхневий й підземний системи відпрацювання залізних руд. У Кременчуцькому залізрудному районі ВАТ “Полтавський ГЗК” розробляє одним кар’єром Горішньо-Плавнинське й Лавриківське родовища.

Одночасне відпрацювання Південно-Білозерського і Переверзівського родовищ має певні особливості, а також технічні та економічні переваги.

Для розроблення залізних руд цих родовищ, які є окремими об’єктами надрокористування, використовується спільна інфраструктура – капітальні гірничі виробки, шахтні стовбури, дробарно-сортувальна фабрика, цех виготовлення закладки для виробленого простору й допоміжні об’єкти і служби – водовідведення, транспорт, ремонтно-механічна майстерня, електрозабезпечення, вентиляції, компресорна тощо.

Під час відпрацювання шахтного поля ПрАТ “ЗЗРК” застосовано нетрадиційну схему розкриття Переверзівського родовища – рудний стовбур розміщується поза його межами. Проект розроблення Переверзівського родовища передбачає застосування сучасної техніки імпортного виробництва (фото 2, 3). Електровозне відкочування порід і руди застосовуватимуть лише в разі створення виробок горизонту 480 м, який проходять від Південно-Білозерського родовища, та на концентраційному горизонті 640 м для відкочування добутої руди до рудопідіймальних стовбурів. Відстань перевантаження становить до 2 км і більше.

Групу шахтних стовбурів (два рудопідіймальні й один допоміжний) пройдено в центральній частині Південно-Білозерського родовища на віддаленні 1,2–1,3 км на захід від залізрудних покладів (фото 4). Пройдено, крім того, Південний і Північний вентиляційні й дренажний стовбури, а також 5 “сліпих” стовбурів для вентиляції, підіймальні й допоміжний. На Переверзівському родовищі пройдено “Переверзівський стовбур”, який обладнають скіповим механізмом для підняття руди на поверхню й людської кліті, і планують пройти вентиляційний Південний стовбур у південній частині покладу № 7.

Підприємство використовує унікальну систему осушення шахтного поля, створену для ефективного добування багатих залізних руд у дуже складних гідрогеологічних і гірничотехнічних умовах. Сучасний підземний водовідливний комплекс із восьми насосних станцій щогодинно випомпує до 2100 м³ шахтних вод у двосекційні відстійники, а після відстоювання води сталевим трубопроводом завдовжки 87,5 км спрямовуються до ставка-випарювача Утлюцького лиману Азовського моря. Порожнини відпрацьованих ділянок надр для запобігання обвалуванням заповнюють твердою сумішшю.

Розробляючи корисну копалину обох родовищ водночас, ПрАТ “ЗЗРК” має змогу маневрувати, щоб забезпечити виконання запланованих виробничих показників, регулювати якість і рентабельний обсяг видобутку корисної копалини, підтримувати потрібний середній уміст заліза загального в



Фото 2. Машина фірми Sandvik для навантаження й перевезення руди



Фото 3. Пристрій фірми Sandvik для буріння шпурів



Фото 4. Центральна група шахтних стовбурів ПрАТ “Запорізький залізорудний комбінат”

рудах для їхньої відповідності агломераційним і мартенівським рудам, ефективніше й оптимальніше використовувати техніку та виробничий персонал, регулювати й оптимізувати рівень інвестицій у гірничо-капітальне будівництво, реконструкцію, гірничі й спеціальне обладнання, підтримувати оптимальний рівень економічних показників виробничої діяльності підприємства.

Після виведення Переверзівського родовища на заплановану потужність очікується, що річна продуктивність ПрАТ “ЗЗРК” сягне 6 млн тонн руди за рік. Спільне розроблення Південно-Білозерського й Переверзівського родовищ, згідно з проектними рішеннями, забезпечує довготривалу стабільну роботу комбінату без зниження обсягів видобутку багатих залізних руд.

ПрАТ “ЗЗРК” на сьогодні один з найбільших, передових і успішних серед подібних йому в залізодобувній сфері завдяки ефективній виробничій діяльності в сучасних складних економічних умовах на основі передових технологій, високопрофесійних технічних рішень і ефективного менеджменту.

Висновки

Територія БЗР характеризується вкрай нерівномірним і загалом невисоким рівнем геологічної вивченості, за винятком розроблюваних Південно-Білозерського й Переверзівського та ділянок розвіданих раніше родовищ.

У процесі промислового розроблення багатих залізних руд триває геологічне вивчення Південно-Білозерського й Переверзівського родовищ – проводяться експлуатаційна розвідка й дорозвідка глибоких горизонтів, виконуються спеціалізовані науково-дослідні роботи. Завдяки цьому отримано великий обсяг нових геологічних даних, які можна інтерпретувати й поширювати на площу БЗР загалом.

Багаті залізні руди Південно-Білозерського й Переверзівського родовищ мають найвищу якість як в Україні, так і Європі. Руди не потребують збагачення й відповідають вимогам агломерації й мартенівського виробництва, що сприяє зменшенню витрат на добування корисної копалини й підвищенню економічної ефективності експлуатації родовищ.

Залізрудні родовища БЗР характеризуються складними природними умовами, що набагато ускладнює їхнє промислове розроблення. Поклади корисної копалини перекриті потужним чохлом до 250–350 м водонасичених осадових мезо-кайнозойських відкладів, а залізрудна товща й уміщувальні породи мають неоднорідні фізико-механічні властивості.

Для розроблення залізних руд використовують продуктивну поверхово-камерну систему із закладенням відпрацьованого простору твердкими сумішами. Добування корисної копалини забезпечується застосуванням випереджального дренажу й постійним відведенням підземних вод із гірничих виробок.

Прогресивна сучасна система розроблення багатих залізних руд, яку застосовує ПрАТ “ЗЗРК”, забезпечує: збереження продуктивності і якості водонасичених горизонтів, використовуваних для водопостачання південно-західної частини Запорізької області; повне збереження поверхні землі від обвалів і зсувів на площі ведення гірничих робіт; стабільні екологічні умови в районі комбінату й на прилеглий території; запобігання потраплянню води продуктивних водонасичених горизонтів до гірничих виробок; ефективність і повноту вилучення з надр корисної копалини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Войновський А. С., Бочай Л. В., Нечаєв С. В. та ін. Комплексна металогенічна карта України. Масштаб 1:500 000. Пояснювальна записка. – К.: Укр ДГРІ, 2003. – 336 с.
2. Гурський Д. С., Єсипчук К. Ю., Калінін В. І. та ін. Металічні корисні копалини України. – Київ – Львів: Вид-во “Центр Європи”, 2006. – 740 с.
3. Єсипчук К. Ю., Бобров О. Б., Степанюк Л. М., Щербак М. П. та ін. Кореляційна хроностратиграфічна схема раннього докембрію Українського щита. Пояснювальна записка. – К.: УкрДГРІ, 2004. – 30 с.
4. Железисто-кремнистые формации Украинского щита/Отв. ред. Н. П. Семененко. – Киев: Наукова думка, 1978. – Т. 2. – 367 с.
5. Ільницький М. М. Кумулятивні періодити Південно-Білозерського ультрамафітового масиву (Український щит)//Відомості Академії гірничих наук України. – 1997. – № 4. – Кривий Ріг: Мінерал, 1997. – С. 9–10.
6. Інструкція з геологічного обслуговування гірничорудних підприємств, які розробляють залізні руди підземним способом. Концерн гірничорудних підприємств України “Укррудпром”. – Кривий Ріг, 1997. – 55 с.
7. Інструкція із застосування Класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ руд чорних металів (заліза, марганцю та хрому): затверджена наказом Державної комісії України по запасах корисних копалин від 18.10.2002 № 155 та зареєстрована в Міністерстві юстиції України 11.11.2002 № 881/7169: чинна з 01.01.2003/Державна комісія України по запасах корисних копалин. – К., 2002.
8. Кравченко В. М., Жулід В. П., Рузина М. В. Металлогеніческое значение белозерской серии докембрия Украинского щита// Вісник Дніпропетровського університету. – 1998. – № 1. – С. 3–10.
9. Кушинов Н. В. К вопросу геологического строения Белозерского района//Геол. журн. – 1981. – № 4. – С. 14–19.
10. Кушинов Н. В. Новое о тектоническом строении Белозерского железорудного района//Геол. журнал. – 1981. – № 6. – С. 112–117.
11. Лазько Е. М., Сиворонов А. А., Ярошук М. А. и др. Железисто-кремнистые формации докембрия европейской части СССР. Зеленокаменные пояса и роль вулканизма в формировании месторождений. – Киев: Наукова думка, 1990. – 171 с.
12. Лисенко О. А., Колотієвський Р. П. Особливості спільної розробки Південно-Білозерського і Переверзівського родовищ залізних руд//Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування. Матеріали п'ятої міжнародної науково-практичної конференції у 2 томах, 6–10 жовтня 2018 р., м. Трускавець, Україна, ДКЗ. – Т. 1. – С. 70–78.
13. Лисенко О. А., Колотієвський Р. П., Ковтун О. В. Південно-Білозерське родовище багатих залізних руд//Зб. наук. праць УкрДГРІ. – 2018. – № 3–4. – С. 30–53.
14. Рузина М. В. Рудоносность и металлогеніческое значение позднеархейских формаций белозерской серии Украинского щита//

Тез. докл. Всерос. сов. "Осадочные формации докембрия и их рудоносность" – Санкт-Петербург: ИГГД РАН, 1998. – 62 с.

15. Рuzина М. В. Рудоносність стратотипу білозерської серії в Білозерській зеленокамяній структурі Українського щита: Автореф. дис. ... канд. геол. наук: 04.00.11. – Дніпропетровськ: НГА, 2000. – 20 с.

16. Рuzина М. В., Терешкова О. А., Иванов В. Н., Смирнов А. Я. Формационный, фациальный состав и рудоносность белозерской серии докембрия Украинского щита в зеленокаменных структурах Среднего Приднепровья//Наук. вісн. НГУ (м. Дніпропетровськ). – 2013. – № 5. – С. 17–23.

REFERENCES

1. Voinovskiy A. S., Bochai L. V., Nechaiev S. V. et al. Complex metamorphic map of Ukraine. Scale 1:500 000. Explanatory note. – Kyiv: UkrDHRI, 2002. – 336 p. (In Ukrainian).

2. Hurskyi D. S., Yesypchuk K. Yu., Kalinin V. I. et al. Metal and nonmetal minerals of Ukraine. Volume 1. Metal Minerals. – Kyiv-Lviv: Vyd-vo "Tsentr Yevropy", 2006. – 740 p. (In Ukrainian).

3. Yesypchuk K. Yu., Bobrov O. B., Stepaniuk L. M., Shcherbak M. P. et al. Stratigraphic correlation diagram of Precambrian of Ukrainian Shield. Explanatory note. – Kyiv: UkrDHRI, 2004. – 30 p. (In Ukrainian).

4. Siliceous iron-formation of the Ukrainian shield/Managing Editor N. P. Semencko. – Kiev: Naukova dumka, 1978. – Vol. 2. – 367 p. (In Russian).

5. Ilvytskiy M. M. Cumulative peridotites of the Southern-Bilozersky ultramafite massif (Ukrainian shield)//Vidomosti akademii hirnychkh nauk Ukrainy. – 1997. – № 4. – Kryvyi Rih: Mineral, 1997. – P. 9–10. (In Ukrainian).

6. Instruction on geological service of mining enterprises that develop iron ores by underground mining methods. Concern of mining enterprises of Ukraine "Ukrudprom". – Kryvyi Rih, 1997. – 55 p. (In Ukrainian).

7. Instruction on the Application of the Classification of Mineral Reserves and Resources of the State Fund of Mineral Reserves to Ferrous Metals (Iron, Manganese and Chromium): Approved by the Order of the State Commission of Ukraine for Mineral Resources of October 18, 2002 No. 155 and registered with the Ministry of Justice of Ukraine 11.11.2002 N 881/7169: effective as of 01.01.2003 / State Commission of Ukraine for Mineral Reserves. – Kyiv, 2002. (In Ukrainian).

8. Kravchenko V. M., Zhulid V. P., Ruzina M. V. Metallogenic significance of the Belozersk series of the Precambrian Ukrainian Shield //Visnyk Dnipropetrovskoho Universytetu. – 1998. – № 1. – P. 3–10. (In Russian).

9. Kushynov N. V. On the issue of the geological structure of the Belozersky District//Geol. zhurnal. – 1981. – № 4. – P. 14–19. (In Russian).

10. Kushynov N. V. New data on the tectonic structure of the Belozersky iron ore district//Geol. zhurnal. – 1981. – № 6. – P. 112–117. (In Russian).

11. Lazko E. M., Sivoronov A. A., Yaroshchuk M. A. et al. Precambrian iron-siliceous formations of european part of the USSR. Greenstone belts and the role of volcanism in the formation of deposits. – Kiev: Naukova dumka, 1990. – 171 p. (In Russian).

12. Lysenko O. A., Kolotiiivskiy R. P. Features of joint mine development of the Pivdenno-Bilozirske and Pereverzhovske deposits of iron ore//Nadrokorystuvannia v Ukraini. Perspektivy investuvannia. Materialy 5-i mizhn. naukovo-prakt. konf. u 2 tomakh, October 6–10, 2018, Truskavets, Ukrainian, SCMR. – Vol. 1. – P. 70–78. (In Ukrainian).

13. Lysenko O. A., Kolotiiivskiy R. P., Kovtun O. V. Pivdenno-Bilozirske deposit of rich iron ore//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2018. – № 3–4. – P. 30–53. (In Ukrainian).

14. Ruzina M. V. Ore bearing and metallogenic significance of the Late Archaean formations of the Belozersky series of the Ukrainian Shield//Tezisy dokladov Vseros. Sov. "Oasadochnye formacii Dokembrii i ih rudo-nosnost". – Sankt-Peterburg: IGGD RAN, 1998. – 62 p. (In Russian).

15. Ruzina M. V. The ore-bearing stratotype of the white-bearing series in the Belozerska green-stone structure of the Ukrainian shield: The author's abstract of the dissertation of the candidate of geological sciences: 04.00.11. – Dnipropetrovsk.: NHA, 2000. – 20 p. (In Ukrainian).

16. Ruzina M. V., Tereshkova O. A., Ivanov V. N., Sмирнов А. Я. Formation, facies composition and ore content of the Belozerska series of the Precambrian Ukrainian Shield in the greenstone structures of the Middle Dnieper region//Naukovy visnyk NHU (m. Dnipropetrovsk). – 2013. – № 5. – P. 17–23. (In Russian).

Рукопис отримано 25.06.2020.

ДО ВІДОМА АВТОРІВ

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ

З метою подальшого підвищення наукового рейтингу журналу та його дописувачів варто звернути увагу на наступне:

1. Кожна публікація не англійською мовою супроводжується анотацією англійською мовою обсягом не менш як 1800 знаків (з ключовими словами). Якщо видання не є повністю українськомовним, кожна публікація не українською мовою супроводжується анотацією українською мовою обсягом не менш як 1800 знаків (з ключовими словами, урахувавши пропуски).

2. Вимоги до анотацій англійською мовою: інформативність (без загальних слів); змістовність (відображення основного змісту статті та результатів досліджень); застосування термінології, характерної для іноземних спеціальних текстів; єдність термінології в межах анотації; без повторення відомостей, що містяться в заголовку статті.

3. Прізвища авторів статей надаються в одній з прийнятих міжнародних систем транслітерації (з української — відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 55 від 27.01.2010 "Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею", з російської — відповідно до "Системы транслитерации Библиотеки конгресса США"). Зазначення прізвища в різних системах транслітерації призводить до створення в базі даних різних профілів (ідентифікаторів) одного автора.

4. Для повного й коректного створення профілю автора дуже важливо наводити місце його роботи. Дані про публікації автора використовуються для отримання повної інформації щодо наукової діяльності організації і загалом країни. Застосування в статті офіційної, без скорочень, назви організації англійською мовою за побігати втраті статей у системі аналізу організацій та авторів. Бажаємо вказувати в назві організації її відомство за належністю.

5. В аналітичній системі SCOPUS потрібні пристатейні списки використаної літератури латиницею. Можливості SCOPUS дають змогу проводити такі дослідження: за посиланнями оцінювати значення визнання робіт конкретних авторів, науковий рівень журналів, організацій і країн загалом, визначати актуальність наукових напрямів і проблем. Стаття з представленим списком літератури демонструє професійний кругозір та якісний рівень досліджень її авторів.

6. Правильний опис джерел, на які посилаються автори, є запорукою того, що цитовану публікацію буде враховано в процесі оцінювання наукової діяльності її авторів, а отже й організації, регіону, країни. За цитуванням журналу визначається його науковий рівень, авторитетність тощо. Тому найважливішими складниками в бібліографічних посиланнях є прізвища авторів і назви журналів. В опис статті треба вносити всіх авторів, не скорочуючи їхньої кількості. Для уникнення неточностей в ідентифікації авторства й визначення персональних метрик (показників) бібліометрії авторам наукових публікацій потрібно використовувати персональні коди ORCID.

7. Для українсько- та російськомовних статей з журналів, збірників, матеріалів конференцій структура бібліографічного опису така: автори (транслітерація), переклад назви статті англійською мовою, назва джерела (транслітерація), вихідні дані, у дужках — мова оригіналу, ідентифікатор DOI.

8. Список використаної літератури (References) для SCOPUS та інших закордонних баз даних наводиться повністю окремим блоком, повторюючи список літератури до українсько- та російськомовної частини незалежно від того, містяться в ньому чи ні іноземні джерела. Якщо в списку є покликання на іноземні публікації, їх повністю повторюють у списку, який створюють у латинському алфавіті.

Рукопис статті до редакції автори подають зі своїми підписами.

УДК 549.211:553.81

 <https://doi.org/10.31996/mru.2020.3.13-19>

М. М. ЗІНЧУК, д-р геол.-мінерал. наук, професор, академік АН РС (Я), голова Західноякутського наукового центру (ЗЯНЦ) Академії наук Республіки Саха (Якутія), м. Мирний, nzinchuk@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9682-3022>

M. ZINCHUK, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Academician West-Yakutian Scientific Centre of the Sakha Republic (Yakutia), Myrnyi, nzinchuk@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9682-3022>

ТИПОМОРФНІ ОСОБЛИВОСТІ АЛМАЗІВ З ДАВНІХ ОСАДОВИХ ТОВЩ ЦЕНТРАЛЬНИХ ЧАСТИН ПЛАТФОРМ

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗОВ ИЗ ДРЕВНИХ ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩ ЦЕНТРАЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ ПЛАТФОРМ

TYPOMORPHIC FEATURES OF DIAMONDS FROM ANCIENT SEDIMENTARY THICK LAYERS OF PLATFORMS' CENTRAL PARTS

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

На підставі узагальнення величезного фактичного матеріалу щодо комплексного вивчення алмазів подано їхню характеристику на прикладі верхньопалеозойських і мезозойських осадових товщ Сибірської платформи. Особливої уваги надано Центральносибірській алмазоносній субпровінції (ЦСАС), де переконливо засвідчено, що ділянка розвитку окремих макроасоціацій алмазів обмежується конкретним алмазоносним районом, у межах якого розвинені комплекси різновікових теригенних і прибережно-морських верхньопалеозойських і мезозойських відкладів. Визначена в окремих алмазоносних районах близькість типоморфних особливостей алмазів в осадових товщах цих вікових груп свідчить про формування колекторів через розмивання давніших продуктивних товщ або середньопалеозойських корінних джерел. Типоморфні особливості алмазів є одними з головних критеріїв прогнозування й пошуків їхніх корінних джерел. Важливий практичний висновок мають отримані в межах середньомасштабних прогнозно-пошукових досліджень типоморфних особливостей алмазів матеріали про гетерогенність Вілюйсько-Мархинської зони глибинних розломів щодо продуктивного кімберлітового магматизму, що пов'язано з його приуроченістю до зон жорсткого консолідованого фундаменту архейського віку (Ботубинський і Тюнгський кратони). Результати дослідження типоморфних особливостей алмазів з найвивченіших кімберлітових тіл свідчать про неоднорідності в будові верхньої мантії навіть у межах ЦСАС, особливо щодо розподілу досить рідкісних забарвлених кристалів (II, III і IV різновиди), імовірно, еклогітового генезису, пов'язаних з глибинними алмазоносними ксенолітами різного складу. Ці різновиди алмазів є рідкісними й акцесорними в кімберлітових тілах, проте їхні знахідки в розсипах навіть в одиничній кількості можуть слугувати підставою для локалізації території пошуку корінних джерел. Аналіз типоморфних особливостей алмазів свідчить про високу перспективність розсипних проявів ЦСАС на виявлення нових високопродуктивних кімберлітових труб. Зазначено полігенність мінералогічних асоціацій алмазів з різновікових розсипів у межах окремих алмазоносних районів, що можна успішно використовувати під час прогнозування й пошуків корінних джерел алмазів.

Ключові слова: верхньопалеозойські й мезозойські відклади, Сибірська платформа, алмаз та алмазоносні розсипища.

Basing on generalization of large actual material on complex investigation of diamond its characteristic in Upper Paleozoic and Mesozoic sedimentary thick layers of the Siberian platform is provided. Special attention is paid to the Central-Siberian sub-province, where it is convincingly shown that the area of development of individual diamond macro-associations is limited by a specific diamondiferous region, within which complexes of different in age terrigenous and coastal Upper Paleozoic and Mesozoic sediments are developed. Identified in some diamondiferous regions proximity of typomorphic features of diamonds in sedimentary thick layers of these ages testifies about formation of these collectors due to washout of more ancient productive layers or Middle Paleozoic primary sources. Polygeny of mineralogical associations of diamonds from different in age placers within some diamondiferous regions was noted, which may be successfully used when forecasting and prospecting primary sources of the mineral. Diamond and its tipomorphic features are one of the main criteria for forecasting and searching for root sources. Materials on heterogeneity of the Viljujsko-Marhinska zone of deep faults with respect to productive kimberlite magmatism, which is associated with areals of the hard consolidated basement of the Archean age (Botubinskij and Tjungskij cratons) obtained in the framework of medium scale forecast and search studies of typomorphic features of diamonds have an important practical conclusion. The results of a study of the typomorphic features of diamonds from the most well-studied kimberlite bodies indicate heterogeneities in the structure of the upper mantle even within the Central Siberian diamondiferous subprovince, especially with respect to the distribution of focirly rare coloured crystals (II, III and IV varieties) presumably of eclogite genesis, associated with deep diamondiferous xenoliths of various composition. These varieties of diamonds are rare and accessory in kimberlite bodies, however their findings in rashes even in a single amount, can serve as a basis for localizing the territory of the search for indigenous sources. The analysis of typomorphic features of diamonds indicates the high prospectivity of placer occurrences of the Central Siberian diamondiferous pronnce for the discovery of new highly productive kimberlite pipes.

Keywords: Upper Paleozoic and Mesozoic sediments, Siberian platform, diamond and diamondiferous placers.

В алмазной геологии основным объектом исследований является сам алмаз – очень устойчивый в экзогенных условиях минерал, характеризующийся широким комплексом кристалломорфологических особенностей, отражающих своеобразие термодинамических и геохимических условий

его образования и рассматривающихся в качестве типоморфных признаков. Учёт последних при поисках алмазов позволяет проводить районирование исследуемых территорий и на этой основе исключать из опосредования те площади, на которых нахождение алмазоносных кимберлитов маловероятно. Всестороннее исследование алмазов Сибирской платформы (СП) с использованием различных мине-

ралогических классификаций позволили нам [1–3, 9–13] выработать систему анализа их типоморфных особенностей и на этой основе провести минерагеническое районирование платформы в целом с выделением типов первоисточников алмазов и, тем самым, ответить на главные вопросы: можно ли ожидать открытия высокоалмазоносных кимберлитов на конкретной территории и где сосредоточить их поиски. Алмазопромышленные работы на СП ведутся уже на протяжении более 60 лет, в результате чего здесь открыто свыше 1000 кимберлитовых тел (трубки, дайки, силлы и жилы) и установлено широкое развитие россыпной алмазоносности в разновозрастных коллекторах различных генетических типов. Кимберлитовые тела распределяются по площади платформы крайне неравномерно, группируясь в 25 кимберлитовых полях [8, 14–16]. При изучении типоморфных особенностей алмазов нами совместно с В. И. Коптилем [9–13] применялась их минералогическая классификация по комплексу взаимосвязанных признаков и свойств, предложенная Ю. Л. Орловым [15] и в значительной степени основанная на физических свойствах алмазов [4–6]. Согласно этой классификации, выделяется 11 генетических разновидностей алмазов с дополнительным разделением по габитусу и морфологическим типам, отражающих специфику условий их образования (формы роста, растворения и коррозии). Кроме того, нами исследовались кристалломорфологические особенности алмазов (характер скульптур и двойники-сростки), прозрачность, окраска, пигментация, ожелезнение, фотолюминесцентные особенности, изотопный состав углерода, минералогия и химический состав твёрдых включений, сохранность, трещиноватость и механический износ кристаллов. Центрально-Сибирская алмазоносная субпровинция (ЦСАС) занимает центральную часть СП, южнее Маакской излучины р. Оленёк. Здесь проявлены продуктивная россыпная алмазоносность и высокоалмазоносный кимберлитовый магматизм среднепалеозойского возраста. В россыпях древнего возраста резко преобладают алмазы I типа первоисточника: (Малоботубинский – МБАР, Далдино-Алакитский – ДААР, Ыгыаттинский – ЫАР, Моркокинский – МАР, Средне-Мархинский – СМАР) алмазоносные районы. Характерно наличие россыпей ближнего, среднего и дальнего сноса, для которых в конкретных алмазоносных районах существуют местные коренные источники. Наиболее широкие масштабы россыпной алмазоносности установлены в МБАР и СМАР. В первом из них на протяжении более 50 лет разрабатываются богатые россыпи алмазов юрского возраста, а в начале 80-х годов XX века выявлены промышленные концентрации алмазов в отложениях позднепалеозойского возраста. В ДААР обнаружены россыпи алмазов ближнего сноса, непосредственно примыкающие к кимберлитовым трубкам. Округлые алмазы встречаются здесь только на его западном (бассейн р. Алакит) и восточном (бассейн р. Силегир) флангах. В СМАР найдены россыпи алмазов в позднеюрских – нижнеюрских отложениях, часть из которых связана с известными трубками Накынского кимберлитового поля (НКП). В Верхне-Мунском алмазоносном районе (ВМАР) россыпь Уулаах-Муна приурочена к ореолам эрозионного выноса кимберлитового материала и алмазов из известных на этой территории кимберлитовых трубок. Алмазы присутствуют здесь в юрских железистых галечниках. Особенности алмазов отдельных территорий субпровинции являются различным соотношением кристаллов октаэдрического и ромбододекаэдрического

габитусов при низком (не более 10 %) содержании округлых алмазов уральского типа и кубоидов. На комплексной основе нами проведено [9–10] среднемасштабное районирование ЦСАС, раздельно по всем ее четырём алмазоносным районам: МБАР, МАР, ДААР и СМАР. Комплексный анализ этих материалов позволяет использовать их как для выяснения условий генезиса алмазов в кимберлитовых телах, так и освещения их экзогенной истории в россыпях различного возраста и происхождения.

Малоботубинский алмазоносный район охватывает бассейн р. Малая Ботубоя (правый приток среднего течения р. Вилюй). В структурном отношении он находится в пределах Ботубинского поднятия (северо-восточное окончание Непско-Ботубинской антеклизы). Среднепалеозойские кимберлитовые трубки здесь тяготеют к Вилюйско-Мархинской зоне разломов (зоне тектонической активизации). В районе широко развиты терригенные отложения верхнего палеозоя и нижней юры, к которым приурочены промышленные россыпи алмазов и их проявления [8–9]. Предварительное районирование разновозрастных россыпей МБАР с учетом их возраста и местоположения свидетельствует об их полигенности и существовании смешанных ореолов (на основе комплексного исследования типоморфных особенностей алмазов). Значимых отличий алмазов из верхнепалеозойских и мезозойских отложений в пределах одного и того же участка нами не установлено (россыпи *Солур* и *Восточная*). В частности, несмотря на преобладание (рис. 1) в россыпях алмазов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов I разновидности (группы кимберлитовых тел I и II по нашей классификации), в ряде россыпей содержание кристаллов с синеголубой фотолюминесценцией достигает 30–40 %, что не характерно для трубок Мир и Интернациональная, но присуще второй группе трубок (Дачная и др.). В целом морфологический спектр алмазов из россыпей МБАР близок между собой, но несколько отличается от этих минералов из известных кимберлитовых трубок. В частности, суммарное содержание кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов в большинстве россыпей на 10 % ниже, чем в кимберлитовых трубках I–II группы (Мир, Интернациональная, Дачная, име-

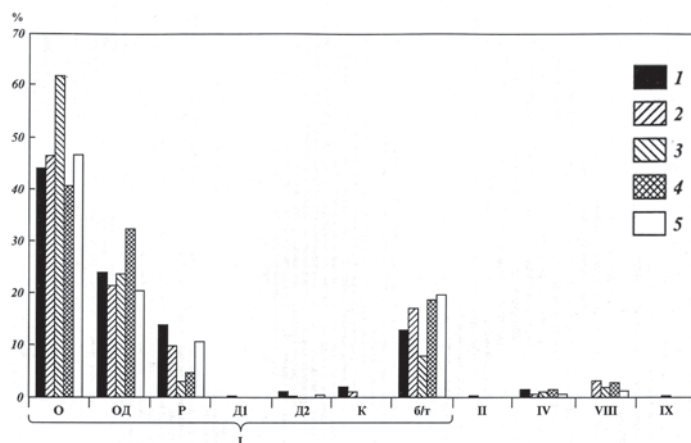


Рис. 1. Типоморфные особенности алмазов из россыпей МБАР
I, II, IV, VIII, IX – разновидности алмазов по Ю. Л. Орлову (О – октаэдрические, OD – переходные формы, P – ламинарные ромбододекаэдрические, DI – додекаэдрические скрытослоистые, D2 – додекаэдрические с шагренью, K – кубы, б/т – осколки). 1–5 – участки: 1 – Улахан-Еленгский, 2 – Пугобский, 3 – Солур, 4 – Куранахский, 5 – Таборный

ни XIII съезда КПСС, Спутник) и одновременно несколько выше количество ламинарных ромбододекаэдров. Следует отметить, что в россыпях несколько больше плоскогранных октаэдров, чем в трубке Интернациональная, и меньше, чем в диатреме Мир. Какие-то иные морфогенетические разновидности алмазов в россыпях, по сравнению с известными коренными источниками, не встречены, за исключением заметного количества округлых алмазов уральского (бразильского) типа, характерных для россыпных проявлений севера Иркутской области (бассейн р. Нижняя Тунгуска). Последние не характерны для древних вторичных коллекторов мезозойского и позднелазовского возрастов МБАР. Следует отметить, что в ряде россыпей (участки Заря, Искра, Тымтайдахский, Дачный-1, Плубок и Восточный) установлено присутствие (0,5–1,0 %) так называемых алмазов Пв разновидности удачинского типа [10], представленных равномерно окрашенными в желтый цвет октаэдрами с занозистой штриховкой и блоковой скульптурой без площадок {100}, ярко-желтой фотолюминесценцией и с азотным центром N+V, для которых установлен [10] легкий ($\delta^{13}\text{C} = -14,7\text{‰}$) изотопный состав углерода, а рентгеноспектральным анализом диагностирован эклогитовый состав включений. Такого рода алмазы не установлены в трубках Мир, Интернациональная и других МБАР. Содержание алмазов с оболочкой IV разновидности колеблется в пределах 0,4–1,7 %, поликристаллических агрегатов VIII разновидности – 0,7–3,1 %, а бесцветных кубооктаэдров, куборомбододекаэдров и тетрагексаэдров I разновидности – 1,3–2,0 % от общего количества кристаллов. Необходимо отметить, что в алмазах некоторых россыпей (в частности, участка Восточный) присутствует, в отличие от коренных месторождений, так называемая леденцовая скульптура и отсутствует мелкий класс, являющийся необходимым атрибутом россыпей ближнего сноса. По этому участку также установлено повышенное содержание включений сульфидных минералов (пирит в форме кубооктаэдров по трещинам), возможно, эпигенетического происхождения. Во многих россыпях (участки Тымтайдахский, Дачный, Искра и др.) по результатам исследований отмечается высокое содержание низкоазотных и безазотных кристаллов, практически отсутствующих в трубках Мир и Интернациональная. Следует отметить, что количество алмазов с пониженным содержанием азота составляет в общей сложности до 30 % всех кристаллов. Отличие этих алмазов заключается в том, что, во-первых, количество таких индивидов в россыпях значительно больше, чем в трубках Таежная и Амакинская (не более 10 %); во-вторых, среднее содержание азота в них ниже ($1\text{--}2 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$), чем в кристаллах трубки Таежная ($4\text{--}5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$), и, в-третьих, эти алмазы в россыпях представлены в основном октаэдрами, в то время как в трубке Таежная основная их масса – ромбододекаэдры. Общей особенностью кристаллов с пониженным содержанием азота является зеленая, реже желто-зеленая фотолюминесценция. На этапе среднемасштабного районирования нами [10–13] все проявления и россыпи алмазов сгруппированы в три россыпных поля (Ирелях-Маччобинское, с разделением на Центральный и Юго-Западный ореолы, Чуоналыр-Курунг-Юряхское, с разделением на Северо-Западный и Лапчанский ореолы, и Бахчинское). Эти поля неравнозначны как по масштабам россыпной алмазоносности, так и количеству извлеченных и изученных кристаллов, часто статистически не представляя для достоверной характеристики ореолов, а также по детальности применяемого

комплекса минералогических и физических методов исследований. Следует отметить, что первое поле охватывает россыпные проявления и россыпи алмазов нижнеюрских отложений, а остальные – верхнелазовских, включая только одну мезозойскую россыпь участка Солурский. Подавляющее большинство алмазов из данных россыпей относятся к *Ирелях-Маччобинскому россыпному полю*. По типоморфным особенностям алмазов они достаточно гетерогенны, несмотря на преобладание кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов. Так, содержание кристаллов октаэдрического габитуса колеблется в значительных пределах – от 22,2 % (участок *Нижне-Юлегирский*) до 64,3 % (участки *Лосиха* и *Безрудность ВГ*). Содержание ламинарных кристаллов ромбододекаэдрического габитуса для большинства участков (10,5–22,2 %) почти в два раза выше, чем в трубках Мир и Интернациональная. Аналогичным образом наблюдаются заметные (7,1–35,7 %) колебания в содержании двойников и сростков, фотолюминесцентных особенностей, причем по большинству участков количество кристаллов с сине-голубой фотолюминесценцией (13,6–42,8 %) заметно выше по сравнению с этими диатремами. Также наблюдаются резкие (18,8–63,1 %) колебания в содержании целых камней, что может свидетельствовать о своеобразии литолого-фациальных условий формирования этих россыпей. Различия по окраске, прозрачности, характеру скульптур травления и твердым включениям в алмазах отдельных участков менее значительны. Все это дает возможность выделить в пределах Ирелях-Маччобинского россыпного поля центральную ассоциацию алмазов. Наиболее контрастным ореолом в пределах *Центрального россыпного поля* характеризуется участок *Тымтайдахский* с пониженным (43,5 %) содержанием кристаллов октаэдрического и повышенным – переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому (35,4 %) и ромбододекаэдрического (11,2 %) габитусов. Здесь отмечено присутствие (3,2 %) желтых ромбододекаэдров II разновидности, высокое (27,4 %) количество двойников и сростков с преобладанием несовершенных сростков, повышенные (25,8 %) концентрации окрашенных камней и кристаллов с зеленой, желтой и оранжевой (в сумме 45,2 %) фотолюминесценцией, преобладающих над индивидами с розово-сиреневым свечением. Характерна также невысокая степень сохранности (целостности) кристаллов при очень низкой (6,5 %) роли камней с механическим износом “выкрашивания” и пониженном содержании примесного азота в форме А-центра. Аномальный характер комплекса минералогических и физических особенностей алмазов россыпи участка Тымтайдахский, подтвержденный результатами их обработки статистическими методами, свидетельствует, на наш взгляд, что не менее 30 % алмазов этой россыпи составляют кристаллы, отличающиеся от трубки Мир, что может подтверждать [10, 13] наличие в пределах участка высокоалмазоносных кимберлитовых тел (по морфологическому критерию алмазоносности). В целом для алмазов Юго-Западного ореола Ирелях-Маччобинского россыпного поля характерна значительная дифференциация типоморфных особенностей алмазов отдельных участков. При этом *участок Куранахский* отличается от трубки Интернациональная низким (40 %) содержанием кристаллов октаэдрического и высоким (32,1 %) – индивидов переходного от октаэдрического габитусов I разновидности, при повышенном (1,4 %) содержании алмазов с оболочкой IV разновидности. Еще

более контрастными по типоморфным особенностям алмазов являются два ореола рассеяния алмазов в пределах верховья р. Улахан-Еленг и в бассейне р. Чуоналыр-Южный. Для первого характерно преобладание кристаллов октаэдрического (54,7 %) и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов, причем для них, в отличие от трубок Мир и Интернациональная, характерно резкое преобладание индивидов со сноподобной (48,5 %) штриховкой над кристаллами с полицентрически растущими гранями (25,8 %), при фактическом отсутствии (1,9 %) алмазов с занозистой штриховкой. Другими их типоморфными особенностями являются сравнительно высокое (17,5 %) содержание двойников и сростков и очень низкое (4,1 %) количество окрашенных камней, а также индивидов с твердыми включениями (10,3 %). Среди алмазов более половины составляют кристаллы с пониженным содержанием примесного азота в форме А-центра, а также индивиды с однородным распределением центров розово-сиреневой фотолюминесценции, не характерных для трубок Мир и Интернациональная. Все это позволяет утверждать, что алмазы участка *Улахан-Еленгский* характеризуются типоморфными особенностями, близкими для кристаллов богатого типа первоисточника наиболее продуктивной фазы кимберлитового магматизма МБАР. В то же время по ряду типоморфных особенностей (отсутствие алмазов с занозистой штриховкой, высокое содержание двойников и сростков, небольшое количество окрашенных камней, а также кристаллов с включениями) эти алмазы заметно отличаются от таковых из основных коренных месторождений района. Это может свидетельствовать о нахождении здесь высокоалмазоносного коренного источника, что также подтверждается особенностями распределения кристаллов по granulometрии, характерной для россыпей ближнего сноса. Аномальный для МБАР комплекс типоморфных особенностей характерен также, по предварительным данным, для бассейна р. Чуоналыр (Южный), для которых установлено высокое (5 %) содержание алмазов с оболочкой IV разновидности и поликристаллических агрегатов (5,0 %) VIII разновидности. Такого рода индивиды повышенной хрупкости могут сохраняться только в россыпях ближнего сноса. С алмазами участка *Улахан-Еленгский* изученные кристаллы сближает однородное распределение центров розово-сиреневого свечения и высокое содержание кристаллов с пониженной концентрацией примесного азота в форме А-центра. Коренным источником алмазов, поступающих в россыпи ручьев *Улахан-Еленг* и *Чуоналыр* (Южный), могут быть неизвестные кимберлитовые тела, расположенные на водоразделе этих водотоков. Для алмазов отдельных участков *Чуоналыр-Курунг-Юряхского россыпного поля* также отмечается значительная дифференциация типоморфных особенностей алмазов, несмотря на то, что для них в целом характерно преобладание кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов. По сравнению с *Ирелях-Маччобинским* россыпным полем, оно характеризуется пониженным (не более 14,3 %) содержанием ламинарных ромбододекаэдров, при полном отсутствии типичных округлых алмазов, небольшим (8,1–14,3 %) количестве кристаллов с сине-голубой фотолюминесценцией, повышенной (21,6–28,6 %) роли индивидов с желто-зеленым свечением и сравнительно высоким (35,1–43,2 %) числе целых камней. Исходя из типоморфных особенностей, алмазы *Чуоналыр-Курунг-Юряхского россыпного поля* можно объединить в

северо-западную ассоциацию. Следует также отметить повышенное (до 10 %) содержание алмазов с эклогитовой ассоциацией твердых включений по участку *Солурский*, практически отсутствующих в трубках *Мир* и *Интернациональная* [10]. Алмазы этого участка характеризуются аномально высоким количеством кристаллов с эпигенетическими сульфидными включениями, возникающими при гидротермальной минерализации древнего вторичного коллектора, находящегося на площадях, прилегающих к зоне *Буордахского* разлома. Типоморфные особенности алмазов из верхнекаменноугольных и мезозойских отложений участка *Солурский* очень близки, что свидетельствует об их сложной экзогенной истории. На это также указывает высокий средний вес кристаллов (17,7–19,3 мг), при отсутствии мелких камней класса -1+0,5 мм, причем последние в основном представлены осколками. Вместе с тем для алмазов характерно высокое (40 %) содержание камней с механическим износом “выкрашивания”, что может свидетельствовать о нахождении их коренных источников на значительном удалении при существовании сноса с запада. Для алмазов *Бахчинского поля* характерно резкое преобладание кристаллов октаэдрического и переходного от октаэдрического к ромбододекаэдрическому габитусов при низком (не более 7,7 %) содержании ламинарных ромбододекаэдров, двойников и сростков, окрашенных камней и сравнительно небольшом (не более 23,1 %) количестве кристаллов с сине-голубой фотолюминесценцией, а также превалирование слаботрещинчатых камней. По этим признакам алмазы *Бахчинского россыпного поля* мы [10] объединяем в северо-восточную ассоциацию. В целом комплекс особенностей алмазов по морфологии, окраске, твердым включениям, внутреннему строению, фотолюминесцентным особенностям, а также и примесному составу свидетельствует о множественности первоисточников алмазов из россыпей и наличии в пределах района новых, еще не открытых кимберлитовых тел, что согласуется с мнением других исследователей [4–5]. Среди них могут быть месторождения с высоким содержанием алмазов, поскольку среди кристаллов из россыпей исключительно редко встречаются округлые алмазы уральского (бразильского), а также жильного типов, являющихся по морфологическому критерию отрицательным фактором алмазоносности. В целом следует отметить, что среднемасштабное районирование МБАР позволяет оконтурить ореол с юга по водоразделам рек *Малая Ботуобия* и *Мурбай*, с востока – рек *Малая Ботуобия* и *Вилуйчан*, с запада – по р. *Большая Ботуобия*, с северо-запада и севера – по р. *Вилуй*. Площади за пределами указанного контура района характеризуются высоким содержанием или преобладанием округлых алмазов уральского (бразильского) типа, характерных для *Южно-Тунгусской области* [10].

Моркокинский алмазоносный район охватывает левобережье среднего течения р. *Вилуй* и бассейн р. *Моркока*. В структурном плане он находится в пределах *Сюдджерской* седловины. Здесь развиты продуктивные на алмазы терригенные отложения верхнего палеозоя, мезозоя и современные четвертичные образования. Россыпей и кимберлитовых тел промышленного значения пока не установлено, за исключением слабоалмазоносной трубки *Моркока*. Для этой территории охарактеризованы типоморфные особенности алмазов пяти пространственно-разобщенных ореолов междуречья рек *Моркока* и *Вилуй* (*Дьюкунахский*, *Хатырыкский*, *Ыгыаттинский*, *Чагдалинский* и *Нижне-Моркокинский* ореолы). Каждый из ореолов характеризуется (рис. 2) комплексом ти-

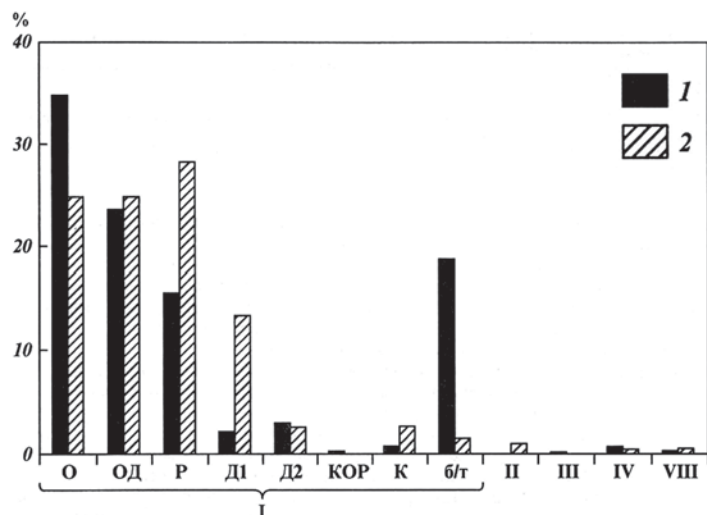


Рис. 2. Типоморфные особенности алмазов из россыпей Моркокинского и Среднемархинского алмазоносных районов

I–IV, VIII – разновидности алмазов по Ю. Л. Орлову (О – октаэдры, ОД – переходные формы, Р – ламинарные ромбододекаэдры, Д1 – додекаэдры скрытослоистые, Д2 – додекаэдры с шагренью, КОР – куборомбододекаэдры, К – кубы, б/т – осколки). 1 – участок Дьюкунах (С), 2 – среднее течение р. Марха (Q)

поморфных особенностей алмазов, характерных для богатых кимберлитовых тел фанерозойского возраста (по морфологическому критерию алмазоносности). Однако часть из них (Дьюкунахский ореол) имеет сложную историю формирования, поэтому характеризуется резким преобладанием однозернистых (0,8 мм) мелких обломков алмазов октаэдрического габитуса (средний вес 1–2 мг) ассоциации мирнинского типа без трещин и включений. В отличие от трубки, среди них практически отсутствуют октаэдры с полицентрически растущими гранями и выше доля кристаллов с желтой фотолуминесценцией, при низком (1,1 %) содержании типичных округлых алмазов. Среди них резко преобладают кристаллы со сноповидной штриховкой, реже округлоступенчатые и с блоковой скульптурой I разновидности. Алмазы IV и VIII разновидностей полностью отсутствуют. По своим кристалломорфологическим особенностям алмазы россыпей Дьюкунах и Лиственничная не имеют никаких признаков сходства с кристаллами из кимберлитовых тел территориально близко расположенного Далдыно-Алакитского алмазоносного района (ДААР). Содержание двойников и сростков является очень низким и не превышает первых процентов от общего количества кристаллов. Среди алмазов резко преобладают бесцветные камни высокой степени прозрачности при очень низком содержании окрашенных в лилово-коричневый цвет кристаллов и отсутствии окрашенных в другие цвета индивидов. Характерной особенностью алмазов является очень низкое содержание дефектных трещиноватых камней, а также кристаллов с включениями. Среди твердых включений в алмазах встречены эклогитовые ассоциации (гранат оранжевый). Из числа других типоморфных особенностей следует отметить широкое распространение кристаллов с леденцовой скульптурой, которая могла образоваться при региональном метаморфизме вследствие воздействия на алмазы во вторичном коллекторе верхнепалеозойского возраста высокотемпературного траппового магматизма. О региональном метаморфизме верхнепалеозойских отложений свидетельствует находка алмаза с бурыми пятнами пигментации радиационного происхождения при температуре не менее 500–550 °С. Алма-

зы с механическим износом “истирания” отсутствуют. По свечению в ультрафиолетовых лучах преобладают кристаллы с розово-сиреневым свечением при повышенном содержании камней с желтой фотолуминесценцией. Следует отметить низкую степень сохранности кристаллов рассматриваемой россыпи – более половины камней составляют осколки и обломки. Распределение алмазов по содержанию в них примесного азота в форме А-центра свидетельствует о преобладании среди них высокоазотных кристаллов и характеризуется двумодальной кривой с максимумами 0–3 и 12–15·10¹⁹ см⁻³, то есть второй максимум совпадает с основным максимумом, характерным для высокоалмазоносных кимберлитовых тел МБАР [10, 16]. Однако спектр алмазов россыпи Дьюкунах вряд ли можно связывать с их привносом из МБАР, даже учитывая возможную трансформацию типоморфных особенностей алмазов в россыпях, что предполагает их собственные высокопродуктивные коренные источники с преобладанием октаэдрических кристаллов на водоразделе рек Моркока и Виллой. Причем кристалломорфологические и физические особенности алмазов этих ореолов отличны от кристаллов трубки Мир и не имеют ничего общего с таковыми из трубки Моркока. Следует отметить близость типоморфных особенностей алмазов Дьюкунахского ореола каменноугольного возраста (северо-восточный борт Тунгусской синеклизы) с одновозрастным Тарыдакским (юго-западный борт Тунгусской синеклизы), являющихся переотложенными из более древних вторичных коллекторов прибрежно-морского генезиса. Коренные источники алмазов Дьюкунахского ореола могут быть древнее верхнего девона. При этом отметим, что в современном аллювии р. Аламджа увеличивается крупность и трещиноватость камней с преобладанием кристаллов октаэдрического габитуса. Для Хатырыкского ореола алмазов пролювиально-аллювиальных отложений верхнего палеозоя предполагаются коренные источники ассоциации далдыно-алакитского типа ближнего сноса с преобладанием ламинарных ромбододекаэдров с занозистой штриховкой мелкого размера, что следует связывать с литолого-фациальными условиями их формирования. Для Ыгыаттинского ореола бассейновых образований верхнего палеозоя характерно смешение алмазов ассоциаций мирнинского и далдыно-алакитского типов, что свидетельствует о множественности их коренных источников (кимберлитовых полей или тел) и образовании ыгыаттинской специфической ассоциации алмазов, среди которых также присутствуют кристаллы с кавернами ассоциации далдынского типа. Результаты сравнительного изучения алмазов междуречья рек Моркока и Виллой свидетельствуют, на наш взгляд, о высокой перспективности этой территории на поиски высокоалмазоносных кимберлитовых тел фанерозойского возраста, приуроченных к Виллойско-Мархинской зоне глубинных разломов. Однако прямой поиск коренных источников здесь затруднен из-за сложного геологического строения территории, ограничивающего применение как шлихоминералогического, так и геофизических методов поисков.

Далдыно-Алакитский алмазоносный район находится в бассейне верхнего течения рек Марха и Алакит, а в структурном плане – на юго-западном склоне Анабарской антеклизы, на который наложилось северо-восточное крыло Тунгусской верхнепалеозойской синеклизы. Здесь широко развиты карбонатные породы нижнего палеозоя, терригенные отложения верхнего палеозоя, сложно интродуцированные телами траппов (Алакит-Мархинское кимберлитовое поле), а также

установлено около 120 кимберлитовых тел. Алмазоносными являются пермо-карбоновые отложения конекской свиты. Этот район характеризуется незначительными масштабами россышной алмазоносности, несмотря на наличие высокоалмазоносных трубок. Отмечаются низкие концентрации алмазов в пермо-карбоновых отложениях конекской свиты в бассейне р. Сохолоох-Мархинский, а также по р. Ойур-Юрэгэ. В целом для большинства ореолов этой территории характерна ассоциация далдыно-алакитского типа, при низком (не более 20 %) содержании типичных округлых алмазов, являющихся неблагоприятным критерием алмазоносности кимберлитов. Разбраковка ореолов в значительной мере затруднена из-за непредставительного количества (первые десятки штук) алмазов. Обращает на себя внимание факт смешения ореолов в бассейне р. Киенг-Юрях, отличающихся по типоморфным особенностям от алмазов наиболее богатой в этом бассейне трубки Дальняя. По результатам исследования типоморфных особенностей алмазов четко оконтуривается восточная граница Далдынского поля, где по р. Эйекит-Мархинский отмечается высокое содержание желто-оранжевых кубов II разновидности с механическим износом [10]. В известных россыпных проявлениях района типичные округлые алмазы являются редкостью, что косвенным образом может свидетельствовать о наличии в районе еще не открытых кимберлитовых тел с повышенной алмазоносностью.

Средне-Мархинский алмазоносный район (СМАР) охватывает правобережье среднего течения р. Марха, бассейн рек Ханья, Накын и верховье р. Тюкян, а в структурном плане находится на южном склоне Анабарской антеклизы, на который наложился северо-западный борт Вилуйской синеклизы. Здесь широко развиты прибрежно-морские осадки юры, которые перекрывают высокоалмазоносные образования карстового типа предположительно поздне триасового-раннеюрского возраста, а также обнаружены богатые по содержанию алмазов трубки Накынского кимберлитового поля (НКП). Эта территория характеризуется более широким проявлением россыпной алмазоносности по сравнению с ДААР. Среди них присутствуют также псевдоромбододекаэдр мархинского типа, встречающиеся в трубках Ботубинская и Нюрбинская. Вместе с тем среди последних присутствуют морфогенетические разновидности алмазов, не зафиксированные в вышеуказанных кимберлитовых телах НКП. Этот факт можно объяснить с позиции истории геологического развития региона и возможности перемыва и переотложения алмазоносных карстовых отложений поздне триасового-раннеюрского возраста в нижнеюрские осадки с генеральным направлением сноса в сторону Вилуйской синеклизы. По типоморфным особенностям алмазов из россыпей в данном районе прогнозируется Южно-Накынское кимберлитовое поле. При этом обращает на себя внимание присутствие на участке Хатырык-Отуу повышенного содержания типичных округлых алмазов уральского (бразильского) типа и камней с коррозией, характерных для близлежащего Муно-Тюнгского района россыпной алмазоносности и полосы развития продуктивных верхнеюрских отложений, окаймляющих юго-восточную и восточную части Анабарской антеклизы. Сравнение типоморфных особенностей алмазов из россыпей дяхтарской и орухтажской свит к юго-западу от трубки Нюрбинская и россыпей аналогичного возраста в пределах карьера одноименного месторождения показывает, что среди изученных алмазов несколько меньше ламинарных ромбододекаэдров и больше в 2–3 раза типичных округлых алмазов,

содержание которых повышено в породах дайковой фации. Это может указывать на нахождение в пределах юго-западной части территории от трубки Нюрбинская дайковых тел, с широким распространением скульптур травления алмазов с пониженным содержанием кристаллов с сине-голубым и повышенным – с желто-зеленым свечением и с повышенным не менее чем на 10 % по сравнению с трубкой качеством алмазного сырья. Алмазы из россыпей ближнего сноса к юго-западу от трубки Нюрбинская в целом близки к ней, особенно к её юго-западному флангу и к россыпям из отложений дяхтарской и орухтажской свит в пределах карьера разрабатываемого месторождения. Алмазы из отложений этих свит практически не отличаются, что свидетельствует о происхождении последних за счёт перемыва отложений дяхтарской свиты, являющейся сегодня наиболее древним вторичным коллектором алмазов в СМАР. Проведенный анализ типоморфных особенностей алмазов этого района (рис. 2) свидетельствует о полигенности их россыпных ореолов, коренными источниками которых, несомненно, являются высокоалмазоносные (по морфологическому критерию алмазоносности) кимберлитовые тела среднепалеозойского возраста. Можно предположить, что в СМАР, по аналогии с МБАР, существует не менее двух групп трубок, резко различающихся по типоморфным особенностям алмазов. Среди них также высока вероятность повышенной частоты встречаемости высокоалмазоносных кимберлитовых тел (не менее 50 % от общего количества трубок). Причем практическое значение будут представлять даже трубки относительно небольшого размера.

Таким образом, результаты комплексного исследования типоморфных особенностей алмазов из россыпей СП позволяют выделять алмазоносные субпровинции, области, районы и поля, для которых можно прогнозировать тип первоисточников, уровень их потенциальной алмазоносности, а также качество алмазного сырья. Результаты комплексного минералогического исследования алмазов из разновозрастных россыпей ЦСАС и их сравнение с кристаллами из кимберлитовых тел этого региона свидетельствуют о том, что каждый из четырёх рассматриваемых алмазоносных районов характеризуется определенным комплексом их типоморфных особенностей и набором минералогических ассоциаций. Область развития отдельных макроассоциаций (семейств) в ее пределах обычно ограничивается алмазоносным районом, в пределах которого развиты комплексы разновозрастных прибрежно-морских и терригенных древних вторичных коллекторов верхнепалеозойского и мезозойского возрастов. В пределах МБАР в отдельных россыпях установлена близость типоморфных особенностей алмазов из отложений верхнепалеозойского и мезозойского возрастов, что свидетельствует о формировании последних за счет размыва более древнего коллектора или коренного источника среднепалеозойского возраста. Миграционная способность алмазов из россыпей, сформированных за счет размыва кимберлитовых тел среднепалеозойского возраста и древних вторичных коллекторов, обычно находится в пределах алмазоносного района. Среди алмазов из этих россыпей значительную (до 10 %) долю составляют округлые алмазы уральского (бразильского) типа, практически отсутствующие в высокопродуктивных кимберлитовых телах МБАР и СМАР в ассоциации с желто-оранжевыми кубоидами II разновидности и балласами VI разновидности (тунгусского и уральского типа), часть из которых с признаками травления, не характерными для кристаллов из трубок среднепа-

леозойского возраста, а также механического износа. Они могут являться региональным фоном, на который наложены мирнинская и накынская минералогические ассоциации алмазов. Следует отметить полигенность минералогических ассоциаций алмазов из разновозрастных россыпей в пределах отдельных алмазоносных районов (МБАР, СМАР и Муно-Тюнгского) с широким проявлением россыпной алмазоносности, достигающей промышленных концентраций. Локальный прогноз их коренных источников возможен при более крупномасштабных исследованиях с использованием электронной базы данных по кристалльному минералогическому изучению алмазов с детальной геологической привязкой и с привлечением и анализом всех имеющихся геологических материалов по этим территориям, что определяет стратегию ведения алмазопроисловых работ. Алмаз и его типоморфные особенности должны являться одним из основных критериев прогнозирования и поисков их коренных источников. Важный практический вывод имеют полученные в рамках средномасштабных прогнозно-поисковых исследований типоморфных особенностей алмазов материалы о гетерогенности Вилуйско-Мархинской зоны глубинных разломов в отношении продуктивного кимберлитового магматизма, что связано с его приуроченностью к областям жесткого консолидированного фундамента архейского возраста (Ботуобинский и Тюнгский кратоны). Результаты исследования типоморфных особенностей алмазов из наиболее хорошо изученных кимберлитовых тел свидетельствуют о неоднородностях в строении верхней мантии даже в пределах ЦСАС, особенно в отношении распределения достаточно редких окрашенных разновидностей кристаллов (II, III и IV), предположительно, эологитового генезиса, связанных с глубинными алмазоносными ксенолитами различного состава. Эти разновидности алмазов являются редкими и акцессорными в кимберлитовых телах, однако их находки в россыпях даже в единичном количестве могут служить основанием для локализации территории поиска коренных источников. Проведенный анализ типоморфных особенностей алмазов свидетельствует о высокой перспективности россыпных проявлений ЦСАС на обнаружение новых высокопродуктивных кимберлитовых трубок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аргунов К. П., Зинчук Н. Н. Онтогенез алмазов//Сб.: Исследование высокобарических минералов. – М.: ИФЗ АН СССР, 1987. – С. 166–186.
2. Афанасьев В. П., Ефимова Э. С., Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Атлас морфологии алмазов России. – Новосибирск: СО РАН. НИЦ ОИГГМ, 2000. – 291 с.
3. Афанасьев В. П., Зинчук Н. Н., Похиленко Н. П. Поисковая минералогия алмаза. – Новосибирск: Гео, 2010. – 650 с.
4. Бартошинский З. В. Сравнительная характеристика алмазов из различных алмазоносных районов Западной Якутии//Геология и геофизика. – 1961. – № 6. – С. 40–50.
5. Бартошинский З. В. Минералогическая классификация природных алмазов//Минералогич. журнал. – 1983. – Т. 5. – № 5. – С. 84–93.
6. Бартошинский З. В., Захарова В. Р., Иванов И. Н. Протравленные алмазы в мезозойских отложениях//Геология и геофизика. – 1978. – № 10. – С. 154–162.
7. Бокий Г. Б., Безруков Г. Н., Ключев Ю. А. и др. Природные и синтетические алмазы. – М.: Наука, 1986. – 221 с.
8. Гневушев М. А., Бартошинский З. В. К морфологии якутских алмазов//Тр. ЯФ СО АН СССР. Сер. геол. – 1959. – Вып. 4. – С. 74–92.
9. Зинчук Н. Н., Зуев В. М., Коптиль В. И., Черный С. Д. Стратегия ведения и результаты алмазопроисловых работ//Горный вестник. – 1997. – № 3. – С. 53–57.

10. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И. Типоморфизм алмазов Сибирской платформы. – М.: Недра, 2003. – 603 с.
11. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И., Борис Е. И. Основные аспекты разномасштабного районирования территорий по типоморфным особенностям алмазов (на примере Сибирской платформы)//Геол. рудных месторождений. – 1999. – Т. 41. – Вып. 16. – № 6. – С. 516–526.
12. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И., Борис Е. И. Среднемасштабное районирование территории Центрально-Сибирской алмазоносной субпровинции по типоморфным особенностям алмазов//Сб.: Проблемы алмазной геологии и некоторые пути их решения. – Воронеж: ВГУ, 2001. – С. 337–357.
13. Зинчук Н. Н., Коптиль В. И., Борис Е. И., Липашова А. Н. Типоморфизм алмазов из россыпей Сибирской платформы как основа поисков алмазных месторождений//Руды и металлы. – 1999. – № 3. – С. 18–30.
14. Прокопчук Б. И. Зональность размещения алмазных россыпей на древних платформах//Минеральные месторождения. – М.: Наука, 1976. – С. 186–196.
15. Орлов Ю. Л. Минералогия алмаза. 2-е изд. – М.: Наука, 1984. – 264 с.
16. Рожков И. С., Михалев Г. П., Зарецкий Л. М. Алмазоносные россыпи Мало-Ботуобинского района Западной Якутии. – М.: АН СССР, 1963. – 137 с.

REFERENCES

1. Argunov K. P., Zinchuk N. N. Some issues of natural diamonds ontogeny//Sb.: Issledovanie vysokobaricheskikh mineralov. – Moskva: IFZ AN SSSR, 1987. – P. 166–186. (In Russian).
2. Afanasev V. P., Efimova E. S., Zinchuk N. N., Koptil V. I. Atlas of diamond morphology of Russia. – Novosibirsk: SO RAN. NIC OIGGM, 2000. – 291 p. (In Russian).
3. Afanasev V. P., Zinchuk N. N., Pohilenko N. P. Prospecting mineralogy of diamond. – Novosibirsk: Geo, 2010. – 650 p. (In Russian).
4. Bartoshinskiy Z. V. Comparative characteristics of diamonds from various diamondiferous regions of Western Yakutia//Geologiya i geofizika. – 1961. – № 6. – P. 40–50. (In Russian).
5. Bartoshinskiy Z. V. Mineralogical classification of natural diamonds//Mineralogich. zhurnal. – 1983. – V. 5. – № 5. – P. 84–93. (In Russian).
6. Bartoshinskiy Z. V., Zaharova V. R., Ivanov I. N. Etched diamonds in Mesozoic sediments//Geologiya i geofizika. – 1978. – № 10. – P. 154–162. (In Russian).
7. Bokij G. B., Bezrukov G. N., Kljuev Ju. A. et al. Natural and synthetic diamonds. – Moskva: Nauka, 1986. – 221 p. (In Russian).
8. Gnevushev M. A., Bartoshinskiy Z. V. To morphology of Yakutian diamonds//Tr. JAF SO AN SSSR. Ser. geolog. – 1959. – Iss. 4. – P. 74–92. (In Russian).
9. Zinchuk N. N., Zuev V. M., Koptil V. I., Chernyj S. D. Strategy of carrying out and results of diamond prospecting works//Gornyj vestnik. – 1997. – № 3. – P. 53–57. (In Russian).
10. Zinchuk N. N., Koptil V. I. Typomorphism of diamonds of the Siberian platform. – Moskva: Nedra, 2003. – 603 p. (In Russian).
11. Zinchuk N. N., Koptil V. I., Boris E. I. Basic aspects of different in scale zoning of territories according to typomorphic features of diamonds (on the example of the Siberian platform)//Geol. rudnyh mestorozhdenij. – 1999. – V. 41. – Iss. 16. – № 6. – P. 516–526. (In Russian).
12. Zinchuk N. N., Koptil V. I., Boris E. I. Average in scale territory zoning of the Central-Siberian diamondiferous sub-province according to typomorphic features of diamonds//Sb.: Problemy almaznoj geologii i nekotorye puti ih reshenija. – Voronezh: VGU, 2001. – P. 337–357. (In Russian).
13. Zinchuk N. N., Koptil V. I., Boris E. I., Lipashova A. N. Typomorphism of diamonds from placers of the Siberian platform as the basis for prospecting of diamond deposits//Rudy i metally. – 1999. – № 3. – P. 18–30. (In Russian).
14. Prokopchuk B. I. Zoning of diamond placers allocation on ancient platforms//Mineralnye mestorozhdenija. – Moskva: Nauka, 1976. – P. 186–196. (In Russian).
15. Orlov Yu. L. Mineralogy of diamond. 2nd ed. – Moskva: Nauka, 1984. – 264 p. (In Russian).
16. Rozhkov I. S., Mihalev G. P., Zareckij L. M. Diamondiferous placers of Malo-Botuobinsky region of Western Yakutia. – Moskva: AN SSSR, 1963. – 137 p. (In Russian).

Рукопис отримано 14.08.2019.

УДК 551.71(477)

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2020.3.20-23>

В. П. БЕЗВИННИЙ, канд. геол. наук, директор (ТОВ “Тутковський”), office@tutkovsky.com,

М. М. КОСТЕНКО, д-р геол. наук, завідувач відділу (Український державний геологорозвідувальний інститут), nrsqgs@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-0781-7318>

V. BEZVYNNYI, PhD (Geol.), director “Tutkovsky Ltd”, office@tutkovsky.com,
M. KOSTENKO, Dr. Sci. (Geol.), Head of the Department (Ukrainian state geological research institute), nrsqgs@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-0781-7318>

ЩОДО УТОЧНЕННЯ ХРОНОСТРАТИГРАФІЧНОЇ СХЕМИ БУЗЬКО-РОСИНСЬКОГО МЕГАБЛОКА УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

ON THE SPECIFICATION OF THE CHRONOSTRATIGRAPHIC SCHEME OF THE BUZKO-ROSYNSKYI BLOCK OF THE UKRAINIAN SHIELD

За результатами нового етапу геологічного картування Бuzько-Росинського мегаблока Українського щита (УЩ), здійсненого під час геологічного довивчення масштабу 1:200 000 території аркушів “Біла Церква”, “Умань”, “Любашівка”, “Котовськ”, “Тайсин” і “Сквира”, з-поміж неоархейських супракрустальних утворень виділено три товщі: нижня – мизинівська, середня – володарсько-білоцерківська та верхня – лисянська, які складають розріз єдиної в стратиграфічному аспекті росинсько-тікицької серії, що потребує внесення відповідних змін до чинної “Кореляційної хроностратиграфічної схеми ранньодокембрійських утворень УЩ”.

Ключові слова: Український щит, Бuzько-Росинський мегаблок, кореляційна хроностратиграфічна схема, ранній докембрій, росинсько-тікицька серія.

In the current correlation chronostratigraphic scheme of early Precambrian of the Ukrainian Shield, among Neoproterozoic supra crystalline formations of the Buzko-Rosynskyi block, it is identified the Rosynsko-Tikytska series, which consist of the Myzynivska and Lysianska strata and the independent Volodarsko-Bilotserkivska strata, which are located on the same stratigraphic level in the scheme.

According to the results of the mapping of metamorphic formations within this block during the geological survey of scale 1:200 000 (articles “Bila Tserkva”, “Uman”, “Lyubashivka”, “Kotovsk”, “Haisyn”, “Skvyra”) it is established these stratas are located in the section in a following order: the lower one is the Myzynivska, the middle one is the Volodarsko-Bilotserkivska and the upper one is the Lysianska and they form a single Rosynsko-Tikytska series. Also, these works did not confirm the presence in the region of the Bilotserkivska group of magnetic anomalies of two-pyroxene schale among the rocks of the Volodarsko-Bilotserkivska strata. This is a sign of their higher metamorphism degree. The hypersthene is present in the area of the Volodarsko-Bilotserkivska strata. Its presence is associated with a local temperature increase during metamorphism due to the high oxidative ability of iron. This indicates the possibility of its crystallization under conditions of amphibolite facies. A powerful argument in favor of this is the occurrence of a relatively thin carbonate-ferruginous-siliceous strata among thick amphibolite-gneiss and crystalline-schist-amphibolite strata which metamorphosed under amphibolite facies conditions. It indicates the low probability that the metamorphism of the iron ore could occur locally in other conditions.

The obtained new data on the composition of the Rosynsko-Tikytska series and the actual stratigraphic sequence of stratas in it, indicates the necessity of making appropriate changes in the current correlation chronostratigraphic scheme of early Precambrian formations of the Ukrainian Shield.

Keywords: Ukrainian Shield, Buzko-Rosynskyi block, correlation chronostratigraphic scheme, early Precambrian, Rosynsko-Tikytska series.

За результатами нового етапу геологічного картування і модернізації Держгеолкарти-200 аркушів “Біла Церква” і “Умань” ранньодокембрійській секції Національного стратиграфічного комітету (НСК) України 2005 року запропоновано уточнити стратифікацію неоархейських супракрустальних утворень північної й південної частин Бuzько-Росинського мегаблока (за сучасним районуванням Українського щита (УЩ) [3, 9–11], яке підтримує більшість дослідників цього району) або Росинсько-Тікицького мегаблока й південно-східної частини Дністровсько-Бuzького мегаблока (за чинною кореляційною хроностратиграфічною схемою). Це уточнення стосується розчленування росинсько-тікицької серії на три товщі: нижню – мизинівську (AR_{3mz}), середню – володарсько-білоцерківську (AR_{3vb}) і верхню – лисянську (AR_{3ls}). Обґрунтування вказаної пропозиції, породний склад, зведені розрізи товщ, формаційна належність і припущення щодо геодинамічних умов формування висвітлено в низці наших публікацій [1, 2, 4, 5].

Згідно з проведеними дослідженнями мизинівська товща складена амфіболітами, які у верхній частині розрізу перешаровуються з біотитовими, біотит-амфіболовими й амфібо-

ловими кристалічними сланцями і зрідка з гнейсами. Неметаморфізованими аналогами амфіболітів є толейтові базальти.

Володарсько-білоцерківська товща характеризується складною ритмічною будовою. Її розріз складений парагенезисом біотит-амфіболових кристалічних сланців, гнейсів та амфіболітів, які перешаровуються із залізистими й безрудними кварцитами, кальцифірами й скарноїдами. У нижній частині розрізу спостерігаються гранат-біотитові та кордієрит-гранат-біотитові гнейси. Амфіболіти за петрографічними й петрохімічними параметрами аналогічні таким породам мизинівської товщі [4–7].

Лисянська товща складена біотитовими й біотит-амфіболовими гнейсами з рідкісними прошарками амфіболітів. Амфіболіти за петрохімічними ознаками відповідають андезибазальтам [4–7].

Вищезазначену пропозицію частково вже враховано в рішенні архейської комісії ранньодокембрійської секції НСК від 19.01.2005 р., згідно з яким виділено росинсько-тікицьку серію, складену мизинівською й лисянською товщами, і самостійну володарсько-білоцерківську товщу. За цим рішенням співвідношення володарсько-білоцерківської товщі з мизинівською й лисянською є такими, що достовірно не визначені, тому перша розміщується в кореляційній хроностратиграфічній схемі на одному стратигра-

фічному рівні з росинсько-тікицькою серією. Таке співвідношення серії й товщі між собою дає підстави вважати, що вони нібито розміщуються в різних структурно-фаціальних зонах мегаблока.

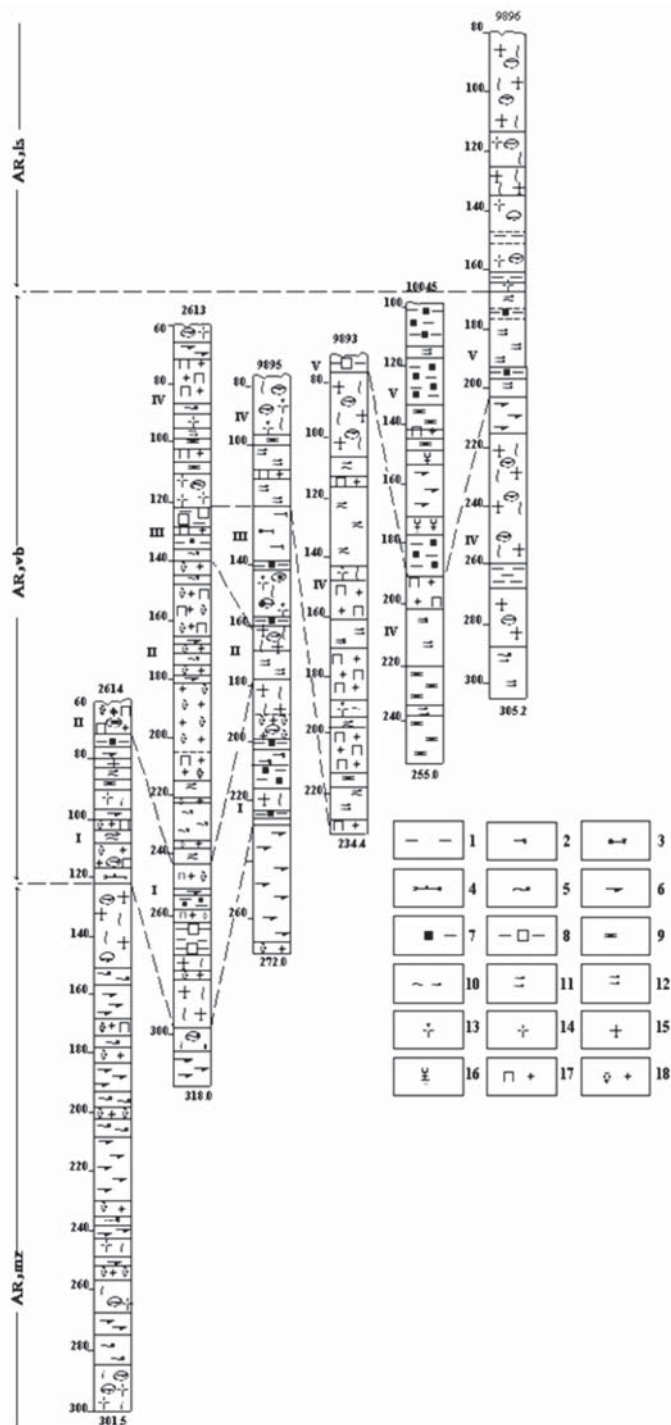


Рис. 1. Кореляція розрізів росинсько-тікицької серії ділянки Білоцерківських магнітних аномалій

Знизу догори: мизинівська товща (AR₃mz), володарсько-білоцерківська товща (AR₃vd), лисянська товща (AR₃ls). I, II, III, IV, V – пачки порід володарсько-білоцерківської товщі. 1–4 – гнейси (1 – біотитові, 2 – амфібол-біотитові, 3 – те ж з гранатом, 4 – силіманіт-кордієрит-гранат-біотитові); 5 – кристалосланці біотит-амфіболові; 6 – амфіболіти; 7 – кварцити магнетитові; 8 – те ж безрудні; 9 – кальцифіри; 10–12 – скарноїди (10 – діопсидові, 11 – амфібол-діопсидові, 12 – амфібол-гранатові); 13 – тоналіти біотит-амфіболові; 14 – граніти біотитові рівномірнозерністі дрібно-середньозерністі; 15 – те ж крупнозерністі; 16 – те ж неявинопорфіроподібні; 17 – граніти пегматоїдні; 18 – граніти аплітоїдні

Пізніше картування і стратифікацію супракрустальних утворень з виділенням трьох вищезазначених товщ було здійснено так само в процесі геологічного довивчення й на аркушах “Любашівка” [6], “Котовськ” [7] і “Гайсин” [8]. Водночас автори цих досліджень, незважаючи на отримані нові результати, які дають підстави для іншого трактування співвідношення товщ між собою, дотримувалися вказаного офіційного рішення архейської комісії НСК.

Проте за результатами цих новітніх досліджень були встановлені факти безпосереднього залягання володарсько-білоцерківської товщі на мизинівській у розрізах свердловин у низці пунктів: на Білоцерківській і Володарській (Росинсько-Тікицький блок), Капустянській і Коханівській (Тилігульський блок) ділянках, у межах Синицьсько-Савранської підзони, на Росіянівській ділянці (район Фрунзівської зони магнітних аномалій – Молдавська плита) (рис. 1, 2). Зокрема, інтерпретація зведеного розрізу опорної ділянки (Білоцерківська магнітна аномалія) дає змогу стверджувати, що володарсько-білоцерківська товща залягає на мизинівській і перекривається лисянською, тому її можна зарахувати до складу єдиної росинсько-тікицької серії (рис. 1).

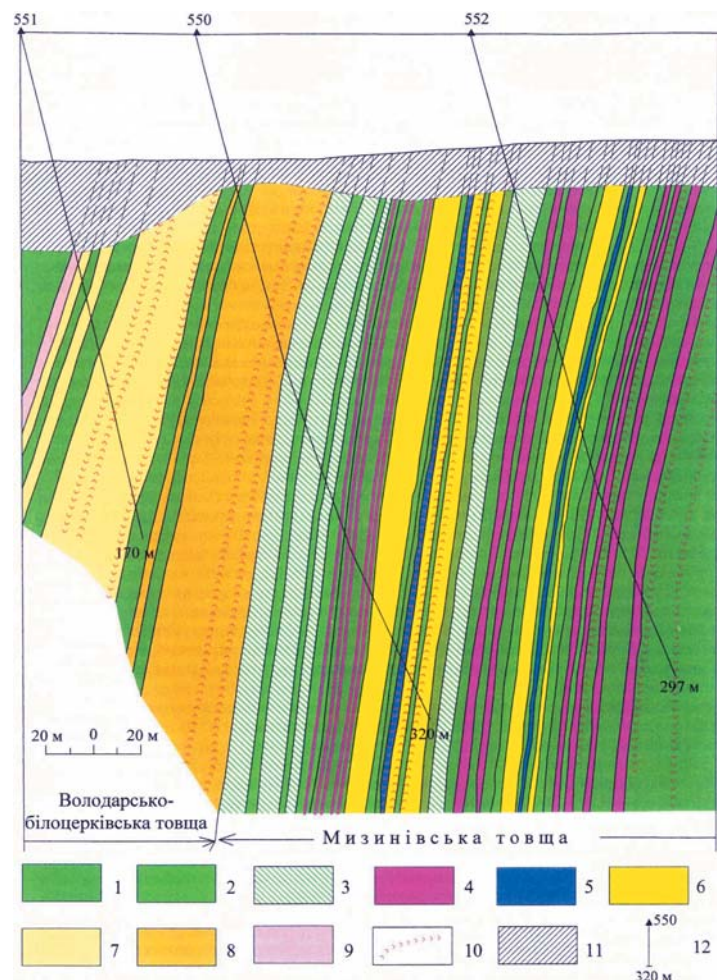


Рис. 2. Геологічний розріз за лінією свердловин 550–552 (Східно-капустянська ділянка) [6]

Росинсько-тікицька серія (мизинівська й володарсько-білоцерківська товщі): 1 – амфіболіти роговообманкові; 2 – амфіболіти актинолітові; 3 – актинолітити; 4 – кристалосланці діопсид-плагіоклазові; 5 – гнейси кордієрит-біотитові; 6 – кварцити кордієритові; 7 – кальцифіри; 8 – сланці магнетит-кумінгтоніт-гіперстенів та магнетитові кварцити; 9 – граніти побужького комплексу; 10 – зони катаклазу й мілонітизації; 11 – кора вивітрювання; 12 – свердловини, їхні номери та глибина

Г. А. Шварц, дослідивши територію аркуша “Любашівка”, дійшов висновку, що в неоархеї “відбувалося формування рифтогенної структури, яке супроводжувалося формуванням метавулканітів спільно-базальтової формації (мизинівська товща) та утворенням карбонат-залізо-крем’янистих осадів (володарсько-білоцерківська товща). В умовах приконтинентальної частини накопичувалися осади, близькі за складом до відкладів крайових басейнів (лисянська товща біотитових гнейсів)” [6].

Єдине заперечення проти зарахування володарсько-білоцерківської товщі до складу росинсько-тікицької серії ґрунтувалося (В. П. Кирилук та ін.) на висновках М. О. Ярошук [13] про нібито вищий ступінь метаморфізму порід, які її складають. Зазначимо, що дані, які отримала М. О. Ярошук 1968 року, є майже єдиним аргументом на користь такого твердження. Спробували під час геологічного довивчення масштабу 1:200 000 території аркуша “Сквира” розкрити свердловиною двопіроксенові кристалосланці, аналогічні, які описала М. О. Ярошук, для їхнього дослідження сучасними методами, але результатів не отримали.

Щодо ознак вищого ступеня метаморфізму володарсько-білоцерківської товщі, то, по-перше, це не може розглядатися як основа для стратифікації без урахування реального розміщення утворень у геологічному розрізі. По-друге, у межах Білоцерківської групи магнітних аномалій ця товща взагалі не містить мінеральних парагенезисів гранулітової фації. А в районі Володарки гіперстен, якщо і є, то тільки у високозалістистих породах, де його наявність пов’язана з локальним підвищенням температури за метаморфізму, зумовленого високою окисною здатністю заліза, тож він міг кристалізуватися в умовах амфіболітової фації. Як уже раніше зазначено [4, 5], гіперстени, які вивчала М. О. Ярошук, характеризуються підвищеною залістистістю ($f=42-60$), що, за висновками М. П. Щербака та ін. [12], свідчить про порівняно невисокі температури метаморфізму ($950-1000^\circ\text{K}$), які фактично перекриваються з інтервалом температурного режиму початкового метаморфізму більшості порід росинсько-тікицької серії ($900-950^\circ\text{K}$).

Так само потрібно враховувати і той факт, що порівняно малопотужна карбонат-залізо-кремениста товща залягає з-поміж потужних амфіболіто-гнейсової та кристалосланцево-амфіболітової товщ, метаморфізованих в умовах амфіболітової фації. Тому малоімовірно, щоб метаморфізм залізорудної товщі локально міг проходити в інших умовах. Окрім того, ніде на ділянках розвитку володарсько-білоцерківської товщі ще не виявлено продуктів її ультраметаморфічної перекристалізації в умовах гранулітової фації – тобто чарнокітоїдів.

За висновками дослідників володарсько-білоцерківської товщі Фрунзівської й Північнофрунзівської ділянок (аркуш “Котовськ” [7]), парагенезиси мінералів (біотит-кварц-гранат, біотит-амфібол-кварц, амфібол-магнетит-кварц, біотит-магнетит-кварц), склад мінералів (наявність алюмінію й титану в біотиті, компонентний склад гранату) і температури, визначені за характером розподілу магнію й заліза між співіснуючими мінералами, засвідчують, що залізо-крем’яні породи були метаморфізовані в умовах епідот-амфіболітової й амфіболітової фацій метаморфізму. Спорадичний розвиток у залізисто-силікатних сланцях фаяліту та ортопіроксену не суперечить отриманим даним щодо умов метаморфізму.

Отже, отримані нові дані щодо стратиграфії Бузько-Росинського мегаблока ще раз засвідчують, що мизинівська, во-

лодарсько-білоцерківська й лисянська товщі складають (знизу догори в зазначеній послідовності) розріз єдиної в стратиграфічному аспекті росинсько-тікицької серії, що й потребує внесення відповідних змін у чинну “Кореляційну хроностратиграфічну схему ранньодокембрійських утворень УЩ”.

Стосовно вікового співвідношення неоархейських росинсько-тікицької й бузької серій автори підтримують думку М. О. Ярошук [14], що породи цих серій сформувалися близько-одночасно тільки в різних геодинамічних умовах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Безвинний В. П., Орса В. І. Геодинамічні обстановки і структурно-вещественні комплекси позднього архея Росинсько-Тикицького району//Геологія і магматизм докембрію Українського щита: Всеукр. міжвід. нарада, червень 2000 р. – Київ: ІГМР НАН України, 2000. – С. 8–11.
2. Безвинний В. П. Про типізацію, генезис та формаційну належність амфіболітів росинсько-тікицької серії//Вісн. Київського ун-ту: сер. Геологія. – К., 2002. – № 21–22. – С. 39–41.
3. Безвинний В. П. Структурно-тектонічне районування західної частини Українського щита//Мінеральні ресурси України. – 2005. – № 3. – С. 29–30.
4. Безвинний В. П., Орса В. І. Супракрустальні утворення Росинсько-Тикицького мегаблока Українського щита//Мінералогічний журнал. – 2006. – Т. 28, № 3. – С. 106–111.
5. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000. Серія Центральноукраїнська. Аркуші М-36-ХІХ (Біла Церква), М-36-ХХV (Умань) з пояснювальною запискою/В. П. Безвинний, М. М. Ціба та ін. – К., 2006. – 165 с.
6. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000. Серія Центральноукраїнська. Аркуш L-36-I (Любашівка) з пояснювальною запискою/Г. А. Шварц, Л. С. Філатова, А. І. Іванов та ін. – К., 2007. – 225 с.
7. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000. Серія Волинсько-Подільська. Аркуш L-35-VI (Котовськ, у межах України) з пояснювальною запискою/В. М. Аврамець, О. А. Гавриленко та ін. – К., 2014. – 313 с.
8. Державна геологічна карта України масштабу 1:200 000. Серія Центральноукраїнська. Аркуш М-XXX (Гайсин) з пояснювальною запискою/С. С. Деркач, В. В. Зюльде та ін. – К., 2018. – 134 с.
9. Дранник А. С., Костенко М. М., Єсипчук К. Ю. та ін. Геолого-структурне районування Українського щита для уточнення стратиграфічної кореляції докембрійських утворень//Мінеральні ресурси України. – 2003. – № 1. – С. 26–29.
10. Костенко М. М. Тектонічна будова фундаменту Бузько-Росинського мегаблока Українського щита//Геологічний журнал. – 2010. – № 4. – С. 48–57.
11. Костенко М. М., Міхницька Т. П. Геодинамічні умови формування і металогеія Білоцерківсько-Одеської структурно-формаційної зони//Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2013. – № 2. – С. 23–24.
12. Щербак Н. П., Єсипчук К. Е., Берзенин Б. З. и др. Стратиграфические разрезы докембрия Украинского щита. – К.: Наукова думка, 1985. – 168 с.
13. Ярошук М. О. Піроксен-плагіоклазові кристалічні сланці району володарських магнітних аномалій//Геологічний журнал. – 1968. – Т. 28, № 5. – С. 24–32.
14. Ярошук М. А. Железорудные формации Белоцерковско-Одесской металлогенической зоны. – К.: Наукова думка, 1983. – 224 с.

REFERENCES

1. Bezvinnyj V. P., Orsa V. I. Geodynamic conditions and structural-material complexes of the late Archean of the Rosinsko-Tikich region//Geolohiia i mahmatyzm dokembriiu Ukrainiskoho shchitya: Vseukr. mizhvid. narada, cherven 2000 r. – Kyiv: IHMR NAN Ukrainy, 2000. – P. 8–11. (In Russian).
2. Bezvinnyj V. P. On the typification, genesis and formation of amphibolites of the Rosynsko-Tikych series//Visn. Kyivskoho un-tu: ser. Geolohiia. – Kyiv, 2002. – № 21–22. – P. 39–41. (In Ukrainian).
3. Bezvinnyj V. P. Structural-tectonic zoning of western part of the Ukrainian shield//Mineralni resursy Ukrainy. – 2005. – № 3. – P. 29–30. (In Ukrainian).

4. Bezvyynnyi V. P., Orsa V. I. Supracrustal formations of Rosynsko-Tikykh block of Ukrainian shield//Mineralohichnyi zhurnal. – 2006. – V. 28, № 3. – P. 106–111. (In Ukrainian).

5. State geological map of Ukraine. Scale 1:200 000. Series Tsentralkoukrainska. Sheets M-36-XIX (Bila Tserkva), M-36-XXV (Uman). Explanatory letter/V. P. Bezvyynnyi, M. M. Tsyba na in. – Kyiv, 2006. – 165 p. (In Ukrainian).

6. State geological map of Ukraine. Scale 1:200 000. Series Tsentralkoukrainska. Sheet L-36-I (Liubashivka). Explanatory letter/H. A. Shvarts, L. S. Filatova, A. I. Ivanov ta in. – Kyiv, 2007. – 225 p. (In Ukrainian).

7. State geological map of Ukraine. Scale 1:200 000. Series Volynopodilska. Sheet L-35-VI (Kotovsk, within the borders of Ukraine). Explanatory letter/V. M. Avramets, O. A. Havrylenko ta in. – Kyiv, 2014. – 313 p. (In Ukrainian).

8. State geological map of Ukraine. Scale 1:200 000. Series Tsentralkoukrainska. Sheet M-XXX (Haisyn). Explanatory letter/S. S. Derkach, V. V. Ziultsle ta in. – Kyiv, 2018. – 134 p. (In Ukrainian).

9. Drannyk A. S., Kostenko M. M., Yesypchuk K. Yu. ta in. Geological and structural zoning of the Ukrainian Shield for improving of the stratigraphic correlation of Precambrian formations//Mineralni resursy Ukrainy. – 2003. – № 1. – P. 26–29. (In Ukrainian).

10. Kostenko M. M. Tectonic structure of basement of Bug-Rosynsk megablock of Ukrainian Shield//Heolohichnyi zhurnal. – 2010. – № 4. – P. 48–57. (In Ukrainian).

11. Kostenko M. M., Mikhnytska T. P. Geodynamic conditions of formation and metallogenic significance of Bilotserkivsko-Odeska structural zone//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2013. – № 2. – P. 23–24. (In Ukrainian).

12. Shherbak N. P., Esipchuk K. E., Berzenin B. Z. and etc. Stratigraphic sections Precambrian Ukrainian shield. – Kyiv: Naukova dumka, 1985. – 168 p. (In Russian).

13. Yaroshchuk M. O. Pyroxene-plagioclase crystalline shales of the region of Volodarka magnetic anomalies//Heolohichnyi zhurnal. – 1968. – V. 28, № 5. – P. 24–32. (In Ukrainian).

14. Yaroshchuk M. A. Iron ore formations of the Belocerkovsko-Odesskaja metallogenic zone. – Kyiv: Naukova dumka, 1983. – 224 p. (In Russian).

Рукопис отримано 14.07.2020.



**КАТАЛОГ
ВИДАНЬ УКРАЇНИ**
ПРЕСА ПОШТОЮ

Шановні читачі!
Державне підприємство
з розповсюдження періодичних видань
«Преса» повідомляє, що триває
передплата на періодичні видання
України на 2020 рік.

Передплату можна оформити
за «Каталогом видань України»
«Преса поштою»:

- на сайті ДП «Преса»
www.presa.ua;
- на сайті АТ «Укрпошта»
www.ukrposhta.ua;
- у відділеннях
поштового зв'язку;
- в операційних залах поштамтів;
- у пунктах приймання передплати.

МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ
УКРАЇНИ

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

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, анотацію (українською 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:

- Рисунки подаються окремими файлами, їх не потрібно розміщувати у файлі документу MS Word.
- Р а с т р о в а графіка: чорно-біле зображення – *.tif чи *.psd (Adobe PhotoShop); повнокольорове зображення – *.tif, *.eps, *.psd-формат, роздільна здатність 300 dpi. Кольорова модель СМЮК, чорний колір в одному каналі.
- В е к т о р н а 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 вносити.
- 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.

НАУКОВІЙ ЖУРНАЛ
МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ
УКРАЇНИ

Колектив журналу
нагадує авторам
і читачам, що триває
передплата на журнал
МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ
на II півріччя 2020 р.

Передплатний індекс
за Каталогом
періодичних видань України –
48336

УДК 553.98:004.94(477)

 <https://doi.org/10.31996/mru.2020.3.24-32>

Д. П. ХРУЩОВ, д-р геол.-мінерал. наук, професор (Інститут геологічних наук НАН України), khrushchov@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7978-2505>,
В. Є. ГОНЧАРОВ, канд. геол. наук,
В. В. МАКОГОН, канд. геол. наук, завідувач сектору (Український державний геологорозвідувальний інститут), vlvln@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-5810-517X>,
А. А. ЛОКТЕВ, канд. геол. наук, shon327@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3640-8473>

D. KHRUSHCHOV, Dr. Sci. (Geol. & Mineral.), Professor (Institute of geological sciences of NAS of Ukraine), khrushchov@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7978-2505>,
V. GONCHAROV, PhD (Geol.),
V. MAKOGON, PhD (Geol.), Head of Sector, (Ukrainian State Geological Research Institute), vlvln@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-5810-517X>,
A. LOKTIEV, Candidate of Geologic Sciences, shon327@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3640-8473>

МЕТОДОЛОГІЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ І РОБІТ З РІЗНОМАСШТАБНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ НАФТОГАЗОВИХ РОДОВИЩ

METHODOLOGY OF INFORMATION SUPPORT OF STUDIES AND WORKS ON DIFFERENT-SCALE FORECASTING OIL AND GAS FIELDS

Подано узагальнений виклад теоретичних засад інформаційного забезпечення досліджень і робіт з прогнозування нафтогазових родовищ різних геолого-генетичних типів, що відповідає сучасним викликам об'єктивних чинників підвищення технічної складності й вартості геолого-розвідувальних та експлуатаційних робіт.

Основним робочим інструментом забезпечення є цільове різномасштабне інформаційне моделювання перспективних геологічних об'єктів, що ґрунтується на загальній теоретичній схемі прогнозно-палеорекоструктурної ретроспективно-статичної моделі з уведенням поняття формаційно-речовинної системи нафтогазонакопичення, яка містить три пізнавально-функціональні складники: першоджерела вуглеводневих компонентів, способи їхнього транспортування й об'єкти локалізації нафтидів.

Цей методологічний апарат забезпечує вирішення головних прогнозно-діагностичних завдань: розроблення критеріїв локалізації, прогнозування пасток і покладів. Запропонований апарат є багатомасштабним і передбачає прогнозування на зональному (групи родовищ), локальному (родовища) і сублокальному (поклади) рівнях.

Перспективи дальшого розвитку наряду полягають у розробленні сучасної цілісної теорії геоінформаційного моделювання та її предметного методолого-методичного розділу — системної структурно-речовинної організації геологічного середовища нафтогазової спеціалізації для інноваційного підвищення результативності робіт з освоєння родовищ вуглеводнів.

Ключові слова: родовища нафти й газу, прогнозування, пошуки й розвідка вуглеводнів, геоінформатика, інфогеологія, інфогеологічне моделювання.

The generalized statement of theoretical principles of information support of R&D on forecasting and development of oil and gas fields of various geological and genetic types corresponding to modern challenges of objective factors of growth of technical complexity and geological prospecting, exploration and operational works cost is presented.

The main working tool is a targeted multi-scale information modeling of promising geological objects, based on the general theoretical scheme of forecast-paleoreconstructive retrospective-static model with the introduction of the concept of formation-material system of oil and gas accumulation, which includes three cognitive-functional components: initial source, transportation and objects of hydrocarbons localization.

This methodological apparatus provides solutions to the main forecasting and diagnostic tasks: development of localization criteria, forecasting of traps and assessment of the potential of their hydrocarbons realization. The proposed apparatus is multi-scale, i.e. one that provides forecasting at the zonal (group of deposits), local (deposits) and sublocal (productive beds) levels.

Prospects for further development of the direction are to develop a modern holistic theory of geoinformatic modeling and its subject methodological and methodological section – frame organization of the geological environment of oil and gas specialization in order to innovatively increase the efficiency of hydrocarbon field development. The examples of updated target information modeling of promising geological objects, basing upon methodological approach of infogeology with introducing of geological environment frame organization principles are demonstrated. As an object of modeling the regional formational complex of Tournaisian-Visean oil-gas horizon of the Dniprovsko-Donetska depression is considered. The solution of tasks, connected with this problem, comprises: the revision of initial data for innovative presenting of geoinformation modeling; defining of selected geological objects frame organization (structure); development of different scale promising geological objects frames and their transformation into geoinformatic format; preparing of recommendations for promising geological objects of different scales (zonal, local, sublocal) basing upon pertinent geoinformatic models. The expected result of this methodology introducing is to obtain innovative technology of information supervision for R&D aimed at efficient development of oil and gas fields.

Keywords: oil and gas fields, forecasting, prospecting and exploration of hydrocarbons, geoinformatics, geoinformatic modeling.

Вступ. Актуальність роботи визначається двома об'єктивними чинниками: потребою зміцнення енергетичної незалежності України завдяки використанню власних нафтогазових ресурсів та імперативом зниження собівартості (з підвищенням ефективності) всіх етапів геологорозвідувальних робіт (ГРП) цієї високовитратної галузі економіки на основі

сучасних технологічних засобів і наявного інтелектуального потенціалу.

Пропозиція розробити сучасну стратегію інформаційного забезпечення досліджень і робіт нафтогазового напрямку виникла внаслідок дедалі складніших умов прогнозування, пошуку й освоєння родовищ, пов'язаних з такими чинниками: об'єктивними – істотним скороченням фонду великих легко розроблюваних родовищ вуглеводнів (ВВ), і суб'єктивними

– недосконалістю сучасної методолого-методичної бази для прогнозування малорозмірних пасток ВВ, особливо на великих глибинах. Їх важко виявити під час ГРР, що зумовлено теоретичною невизначеністю, пов'язаною із суперечливістю низки теоретичних базових парадигм нафтової геології на тлі істотного скорочення асигнувань на проведення науково-дослідних робіт (НДР). Одночасне зростання вартості самих НДР і всіх етапів ГРР призвело до істотного скорочення видобутку нафти й газу в Україні. У цьому зв'язку автори не тільки наполягають на продовженні й розширенні робіт з розвитку інформаційних технологій і засобів, а й пропонують своє бачення способів розв'язання озвучених проблем.

Мета роботи – представлення сучасних методологічних основ досліджень і робіт з прогнозування та розвідки нафтогазових родовищ (з використанням інноваційних методичних комплексів).

Робота ґрунтується на узагальненні багаторічних досліджень УкрДГРІ, ІГН НАН України і багатьох інших вітчизняних науково-дослідних, проектних і виробничих організацій, акумульованих у величезному обсязі публікацій і фондових матеріалів, зважаючи на досвід країн світової спільноти в галузі нафтогазової геології.

1. Стан проблеми

Нафтогазоносні басейни України характеризуються високим ступенем геологічної вивченості. В історичному плані еволюцію методології інформаційного забезпечення ГРР нафтогазового напрямку можна розділити на два такі періоди розвитку:

– “переднауковий” (до перших десятиліть ХХ століття) ґрунтувався на пошуках і розвідці площ з поверхневими проявами нафти за допомогою методу “дикої кішки”;

– “науковий” охоплює період від перших десятиліть ХХ століття й донині в межах формування самостійної радянської школи, вагому участь у становленні якої брали й українські дослідники. У цьому періоді можна виділити три етапи розвитку нафтогазової геології.

Перший характеризується розвитком методології й геологічних методів прогнозування, пошуків, розвідки та освоєння нафтогазових родовищ, пов'язаних з великими структурами антиклінального типу, соляними підняттями, штоками тощо, які досить легко виділити під час проведення ГРР (фундаментальні праці І. М. Губкіна, М. С. Шатського, І. О. Брода, М. А. Єрьоменка, О. О. Бакірова, В. Є. Хаїна, В. Д. Налівкіна, Ю. О. Косигіна, А. М. Дмитрієвського та ін., в Україні – М. Ф. Балуховського, В. К. Гавриша, П. Ф. Шпака, О. Ю. Лукіна, І. І. Дем'яненка, В. О. Вітенко, Ю. О. Арсірія, М. І. Євдошука, М. І. Галабуди, І. В. Височанського та ін.). Одночасно формувалася школа уявлень про глибинне походження нафти (М. О. Кудрявцев, В. Б. Порфир'єв, В. І. Созанський та ін.).

Другий етап, що припадає на останнє двадцятиріччя ХХ століття, пов'язаний з виникненням і вирішенням складніших завдань прогнозування, пошуку, розвідки й освоєння неструктурних пасток, відкритих унаслідок проведення ГРР на об'єктах антиклінального типу. Ці проблеми свого часу вирішували М. Б. Вассоевич, В. Є. Хаїн, А. А. Гусейнов, Є. Б. Мовшович, Г. І. Алексін та ін., в Україні – О. Ю. Лукін, Б. П. Кабишев, В. О. Бабадагли, В. Т. Кривошеев та ін.

Особливо варто зазначити про стадію усвідомлення браку методів ідентифікації і прогнозування нафтогазоносних об'єктів нетрадиційного типу (в різних речовинно-генетичних видах) за умов зростання накопиченого фактажу в районах високої вивченості надр і підвищення розділювальної здатності технічних засобів дослідження породного масиву.

Це усвідомлення сприяло методологічній деталізації системи контролю нафтогазоносності до локального рівня (В. Є. Хаїн та ін., 1986 р.). Надалі ця тенденція проявилася у виділенні сублокального рівня – окремих пластів-пасток (В. Є. Гончаров 2004–2014 рр.) з демонстрацією на конкретних геологічних об'єктах.

Третій етап розпочався в першому десятилітті ХХІ століття з активізації та дальшого розвитку концепцій і теоретичних розробок М. О. Кудрявцева, П. М. Кропоткіна, В. Б. Порфир'єва, І. І. Чебаненка, В. О. Краюшкіна, Г. І. Войтова й Б. М. Валяєва про нетрадиційні родовища нафтидів у “кристалічних” формаціях, а потім і пізніших – В. В. Донцова, В. І. Старостенка і, нарешті, В. М. Шестопалова зі співавторами, що узагальнили колективні напрацювання в нещодавно виданій фундаментальній монографії [10]. До цієї ж категорії нетрадиційних родовищ належать “сланцеві” газ і нафта [7], а також поклади ВВ в імпактних структурах (Є. П. Гуров, П. Ф. Гужик, І. Д. Багрій та ін.).

2. Методологія і методи

Основні поняття і визначення

Загальні визначення і терміни, що стосуються сфери геоінформаційного моделювання (геологічне середовище, поводження з геологічним середовищем, моделювання тощо), наведено в низці попередніх праць [1, 12, 13]. Деякі визначення нафтогазової геології роз'яснено далі по тексту.

Методологія і методи

За визначенням М. А. Єрьоменка, теоретичним методом нафтової геології є вивчення форм скупчення, умов формування, перетворень і закономірностей розміщення нафтових родовищ [2]. Очевидно, таке ж визначення можна застосовувати з відповідними корективами і щодо нафтогазової геології загалом.

Загальновідомо, що об'єктом досліджень і робіт з освоєння нафтогазових ресурсів є товщі, які містять вуглеводні (“продуктивні горизонти”) в розрізі нафтогазоносних регіонів.

Предмет досліджень – функціональні властивості породних масивів перспективних на вуглеводні товщ, теоретичні основи інформаційного забезпечення досліджень і робіт з прогнозування нафтогазових родовищ.

Отже, зміст теорії інформаційного забезпечення досліджень у галузі нафтогазової геології визначається комплексом завдань, орієнтованих на прогнозування, пошуки й розвідку промислових родовищ.

Зміст досліджень і робіт, методологічні підходи

Традиційно в комплексі досліджень і робіт виділяють три етапно-масштабні рівні прогнозування й вивчення родовищ вуглеводнів: регіональний, зональний і локальний. На додаток до них пропонують сублокальний рівень як методологічно обґрунтований критерій контролю нафтогазонакопичення й виявлення покладів ВВ на рівні окремого резервуара. Ці рівні, за винятком останнього, скоординовані з етапами й стадіями ГРР.

Загальною метою для всіх етапів ГРР є виділення, картування й оцінка різномасштабних перспективних об'єктів з наданням рекомендацій для постанови подальших НДР і ГРР.

Розглядаючи сучасний український стандартний порядок проведення ГРР [4], можна вказати на його відповідність рівню трактування етапів і стадій робіт, запропонованих у монографії «Регіональний і локальний прогноз нафтогазоносності» [11]. Проте загалом офіційна регламентувальна документація недостатньо представляє інноваційні методолого-методичні тенденції і рекомендації, висвітлені в низці наукових публікацій із цього напрямку [5, 8, 9 та інші].

Наявна інформація про геологічну будову й перспективи пошуків вуглеводнів у межах регіонів дає змогу стверджувати, що їхня вивченість на цьому рівні відповідає другому періоду розвитку інформаційного забезпечення робіт: залишилися недовивченими зони стратиграфічного й літологічного виклинювання, зони можливого розвитку пасткових умов неантиклінального типу в теригенних і карбонатних відкладах осадового чохла в інтервалі поширення глибоко-залеглих перспективних нафтогазоносних комплексів порід і продуктивних горизонтів, що досить добре вивчені в межах великих антиклінальних структур.

Водночас детальна вивченість регіонального розрізу глибокими свердловинами в поєднанні з даними регіонального моделювання дає змогу сьогодні на великих територіях нафтогазоносних регіонів України виділяти велику кількість пластів-резервуарів, хибних покришок і підкладок в обсязі кожного з нафтогазоносних комплексів і продуктивних горизонтів. Це, по суті, визначає принципову адекватність ідеї прогнозування чималої кількості перспективних об'єктів на сублокальному рівні, тобто інформаційного забезпечення відповідного об'єктного напрямку ГРР.

Дослідження регіонального рівня здебільшого завершені в усіх нафтогазоносних регіонах України та представлені величезним обсягом інформації у вигляді звітів і публікацій, усіляких баз і банків інформації. Можна вважати, що регіональну базу даних і знань майже створено (попри наявність низки розбіжностей, що стосуються як геологічної будови окремих ділянок нафтогазоносних регіонів, так і генетичних, структурно-тектонічних та інших уявлень).

Цей масив інформації можна розглядати як фактографічну основу інформаційного забезпечення всіх наступних етапів і стадій НДР і ГРР. Однак він може бути результативно використаний лише за умови залучення інноваційних методологій і методів.

До останнього часу основним робочим інструментом інформаційного забезпечення досліджень і робіт щодо поводження з геологічним середовищем (ІЗДРПГС) вважалося моделювання геологічних об'єктів. Моделі в геології, зокрема нафтогазовій, – це різноманітні карти та інші побудови, що показують різні характеристики геологічних об'єктів на різних паперових, а тепер електронно-інформаційних носіях, які використовують на різних етапах проведення ГРР для уточнення геологічної будови окремих родовищ, а також під час підрахунку запасів корисних копалин і вирішення інших завдань. Як бачимо, питанням моделювання та його впровадженню в практику ГРР надають неабиякої уваги, але це, на жаль, не стосується безпосередньо інформатизації геології з побудовою геологічних моделей нафтогазоносних об'єктів, подібних до тривимірних геофізичних.

Методологічні особливості цільового інформаційного моделювання нафтогазового напрямку полягають у такому. Всі етапно-масштабні рівні моделювання – регіональний, зональний, локальний, сублокальний – належать до об'єктного рангу нафтогазоносного регіону як умовно виділеної структурно-територіальної одиниці, або структурно-тектонічного підрозділу літосфери. Усі підлеглі рівні цієї системи перебувають у стані діалектичної єдності й субординаційних взаємозв'язків з прямим і зворотним векторами зв'язків. У такий спосіб за змістом весь цей комплекс моделювання відповідає загальній теоретичній схемі прогнозної палеорекоструктуривної ретроспективно-статичної моделі (ППРПСМ) (12, с. 14).

Для забезпечення цільової адекватності моделювання вже з регіонального рівня можна вводити поняття “форма-

ційно-речовинна система нафтогазонакопичення” (модифікація загального поняття “формаційно-речовинна система локалізації корисних копалин”).

Це поняття містить три пізнавально-функціональні складники:

- первинні джерела вуглеводнів;
- шляхи і способи транспортування;
- об'єкти (місця) локалізації скупчень вуглеводнів.

Змістовна стратегія цільового моделювання змінюється зі зміною стратегії ГРР у двох аспектах: глибинності й об'єктності. Як зазначено вище, зі зростанням глибинності ГРР до 4–6 км (і більше) погіршуються технологічні й вартісні показники розробки родовищ.

Аспект об'єктності полягає в такому. У зв'язку з вичерпанням фонду пасток структурного (антиклінального) типу відбувається стратегічна зміна об'єктності ГРР з орієнтуванням на прогнозування пасток неструктурного (несклепінного, неантиклінального тощо) типу – літологічних, стратиграфічних і комбінованих (ЛСК). Детальний перелік ЛСК-пасток наведено також у книзі В. Т. Кривошеєва зі співавторами [4, с. 182–194].

Зміни глибинності й об'єктності робіт (з відповідними технологічними та економічними наслідками) зумовили потребу істотно підвищити достовірність і роздільну здатність прогнозування та оцінки перспективних об'єктів. Щоб досягти цієї мети, потрібно вирішити два завдання:

- оптимізувати методологію та методи отримання первинної інформації;
- оптимізувати методологію і методи моделювання.

Предметом першого завдання є підвищення результативності технологій предметних досліджень і дисциплін – площинної геофізики (сейсмічної зйомки, електророзвідки, гравірозвідки, електрометричної геології тощо); аерокосмічних досліджень; геофізичних досліджень свердловин і міжсвердловинного простору; лабораторних аналітичних робіт тощо.

Оптимізація методології та методів моделювання загалом можлива в такий спосіб. До останнього часу інформаційні моделі представляли в одновимірних і двовимірних форматах (розрізи свердловин, профілі, карти), іноді – блок-діаграмами, які претендують на тривимірне зображення.

До бази даних моделей цього напрямку можуть входити два складники: вже об'ємні зображення 3-D сейсміки і більш-менш істотні обсяги картографічних матеріалів традиційних форматів (одно- і двовимірні), зображення яких можуть легко векторизуватися для переведення в цифровий формат ГІС. Результатом об'єднання цих двох складників, за умови висококваліфікованого експертного супроводження, має бути адекватна цілісна модель референтного об'єкта як робочий інструмент інформаційного забезпечення робіт з його оцінки та проведення заходів щодо перетворення.

Водночас можна зауважити, що методологічні принципи розроблення такої цільової моделі загалом відповідають принциповій теоретичній схемі цифрової структурно-літологічної моделі (ЦСЛМ) [12], відрізняючись зображенням певних функціональних властивостей, що належать до предмета нафтогазової геології.

Серед невизначеностей у теорії інформаційного забезпечення нафтогазового напрямку варто зазначити передусім суперечливість двох фундаментальних теорій (концепцій) походження вуглеводнів. Звідси випливає невизначеність, що стосується переважно першоджерел і первинних шляхів над-

ходження вуглеводнів (або їхніх компонентів) у літосферу, і в підсумку – у геологічне середовище. Інакше кажучи, постає дилема прив'язування родовищ або до нафтоматеринських світ, або до каналів дегазації глибинних геосфер.

Із цією дилемою пов'язані системи критеріїв прогнозування. Ті, що ґрунтуються на теорії органічного походження вуглеводнів (загальновідомі, їх наведено в численних публікаціях), ефективно працюють майже з початку промислової експлуатації нафтових і газових ресурсів, і за оцінкою сучасного світового досвіду, використовуються досі, особливо на нових, не опанованих раніше територіях (і акваторіях).

Зауважимо принагідно, що ця система критеріїв з методологічного погляду належить до категорії детермінованих, тоді як система, що ґрунтується на теоретичних засадах глибинного походження вуглеводнів, тяжіє до категорії ймовірнісних через велику роль вихідних невизначеностей.

Методологічне зближення й навіть інтеграція розглянутих генетичних підходів відбувається на зональному етапно-масштабному рівні й нижче, оскільки предметність досліджень і робіт пов'язана з прогнозуванням і вивченням пасток вуглеводнів як реальних, а не концептуальних геологічних тіл. Отже, під час інформаційного забезпечення досліджень і робіт цих рівнів на питання первинних джерел і шляхів надходження вуглеводнів у товщі осадово-породних басейнів за замовчуванням не зважають.

3. Отримані результати

Продемонстровано попередні результати оновленого цілового геоінформаційного моделювання перспективних геологічних об'єктів (ГО), що ґрунтується на методолого-методичному розробленні ППРПСМ з уведенням принципу системної структурно-речовинної організації геологічного середовища (ГС). Об'єктом слугує регіональний формаційний комплекс турнейсько-візейських нафтогазоносних горизонтів Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ). Запропоновано вирішення таких завдань, пов'язаних із зазначеною метою:

- оцінка наявних вихідних даних для оновленого уявлення геоінформаційного моделювання;
- позначення системної структурно-речовинної організації наміченого об'єкта;
- позначення типових системних структурно-речовинних ієрархічних рівнів перспективних різномасштабних ГО і перспектив їхнього розгляду через геоінформаційні моделі (ГІМ);
- підготування рекомендацій щодо перспективних ГО та надання відповідних ГІМ (зонального, локального й сублокального масштабів).

Вихідні дані для інформаційного моделювання представлені величезним масивом фактичного матеріалу геологорозвідувальних і геолого-геофізичних робіт, а також узагальнювальних фондових і опублікованих праць. Серед останніх як базові першоджерела слугували два монографічні видання [1, 4], дані яких найбільше відповідають смисловим принципам геоінформаційного моделювання, зокрема системної структурно-речовинної організації ГС.

За типологією системної структурно-речовинної організації [14], яку ми запропонували, названий об'єкт належить: за ієрархічним рангом – до регіональних комплексів ГІМ; за геолого-генетичними ознаками – до осадової оболонки й частково – до утворень кристалічного фундаменту; за діалектичною детермінованістю – до категорії конкретних (з використанням деяких абстрактних формул); за призначенням – до цільових за визначенням, але водночас із істотним пізнавальним ефектом.

Наступне завдання – встановлення принципів виділення підпорядкованих системних структурно-речовинних одиниць усередині регіонального комплексу. Розглянуто три варіанти.

1. Формаційний принцип. Найприйнятнішою видається формаційна схема О. Ю. Лукіна [6], за якою в наміченому стратиграфічному інтервалі нижнього карбону ДДЗ виділяються сім формацій.

2. Літостратиграфічний принцип. Для його здійснення підходить літостратиграфічна схема В. Т. Кривошеєва зі співавторами [4, с. 217], у якій наведено детальне світне розчленування цього ж стратиграфічного інтервалу.

3. Принцип системно-речовинної структурно-літологічної структуризації. Застосував В. Є. Гончаров на прикладі Талалаївського виступу як структури зональної масштабності за принципом фреймової організації [1].

Далі демонструються результати використання другого й третього принципів.

На підставі багаторічних науково-дослідних робіт Чернігівського відділення УкрДГРІ отримано вичерпні багатосторонні характеристики формаційних, стратиграфічних, літостратиграфічних, палеогеографічних і фаціальних, літологічних та інших особливостей осадової оболонки ДДЗ у зв'язку з прогнозуванням нафтогазоносності. На основі цих характеристик можливо з'ясувати системну структурно-речовинну організацію.

Розглянуто приклади двох рівнів цільового інформаційного моделювання: регіональний різномасштабний, ґрунтований на літостратиграфічному підході [4] і рівень ГІМ зональної масштабності [1].

1. Регіональне цільове моделювання за матеріалами комплексу детальних літолого-палеогеографічних карт турнейсько-візейських нафтогазоносних горизонтів [4].

Карти побудовано в масштабі 1:200 000 у ГІС по всьому регіоні ДДЗ. Вони зображують палеогеографічні умови, літофаціальні комплекси й загальні характеристики нафтогазоносності. На підсумкових картах показано прогнозні об'єкти (площі) підлеглих ієрархічних рангів – зонального й локального.

Фактографічна основа отриманих карт ґрунтується на даних літологічних і фаціальних досліджень на сучасному етапі геологічної вивченості регіону з огляду на нові геолого-геофізичні дані по розрізах турнейсько-візейських нафтогазоносних комплексів.

Встановлення літофаціальних комплексів (на картах – полів) по стратонах оновленої літостратиграфічної схеми дало змогу намітити палеогеографічну зональність відповідних етапів еволюції басейнів осадконакопичення турнейсько-візейського часу.

Продемонстровано найбільш представницькі приклади типових модельних розробок різномасштабних геологічних об'єктів (рис. 1–3). Виконані комплексні літолого-фаціальні дослідження дали змогу на підставі літолого-стратиграфічних, седиментологічних (літолого-фаціальних), літолого-епігенетичних критеріїв спрогнозувати різні типи неантиклінальних пасток.

На рис. 2 представлена карта прогнозних літолого-стратиграфічних і літологічних пасток у верхньовізейських відкладах центральної частини ДДЗ. Виділено кілька типів:

1. Літолого-стратиграфічні й літологічні пастки в зонах переходу моноклінальних схилів у великі депресії (відклади ХІІа мікрофауністичного горизонту (МФГ) і базальних горизонтів ХІІ МФГ).

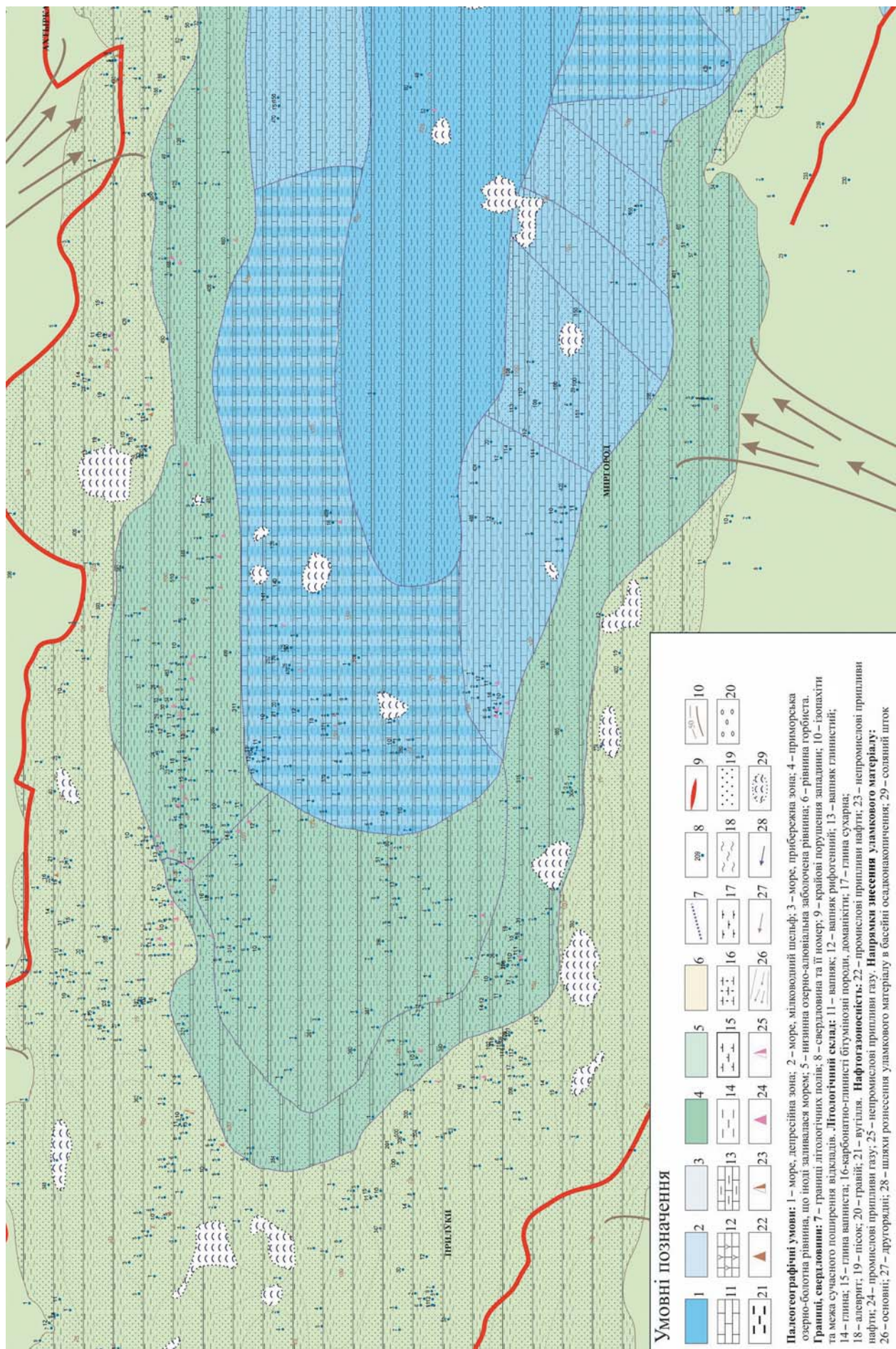


Рис. 1. Фрагмент літолого-палеогеографічної карти ДДЗ ранньовізейського часу (XIV мікрофауністичний горизонт)

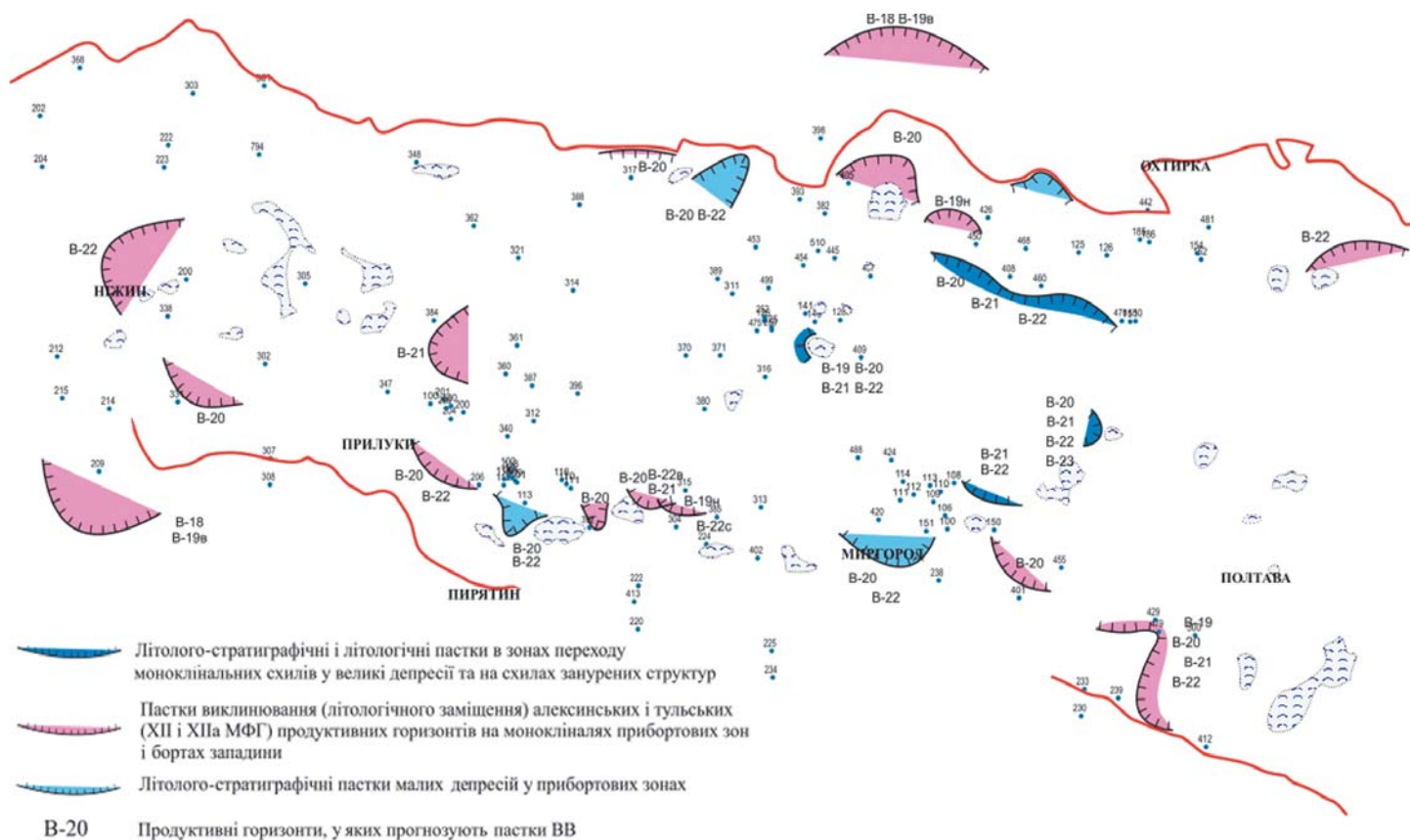


Рис. 2. Фрагмент схематичної карти прогнозових зон і ділянок у верхньовізейських відкладах ДДЗ

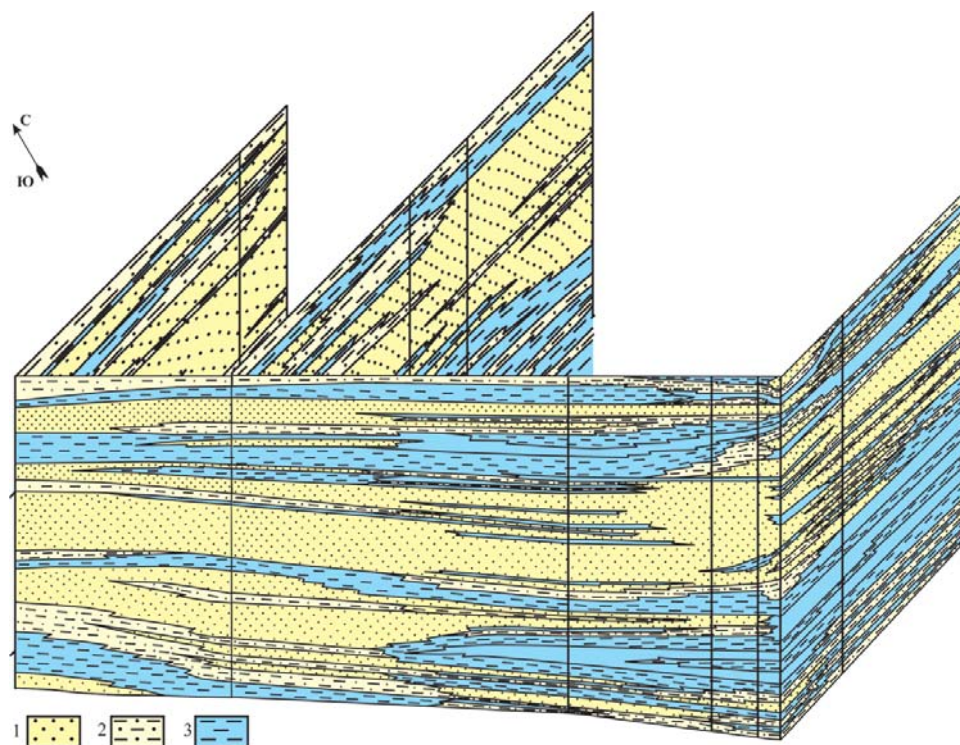


Рис. 3. Структурно-літологічний фрейм верхньовізейського продуктивного горизонту на родовищі ВВ у центральній частині ДДЗ

1 – алевритово-піщані проникні породи акумулятивних тіл шельфового та прибережно-морського мілководдя; 2 – піщано-алевритові ущільнені породи шельфового й прибережно-морського мілководдя; 3 – алевритово-глинисті відклади лагунно-затокового й морського генезису

2. Пастки виклинювання (літологічного заміщення) на монокліналях прибортових зон і схилах великих антиклінальних структур (відклади ХІІ–ХІІа МФГ).

3. Літолого-стратиграфічні пастки малих депресій прибортових зон ДДЗ.

4. Ділянки розвитку акумулятивних піщаних тіл і пов'язаних з ними внутрішньочохольних структур.

Виділені зони й окремі об'єкти прогнозуються в різних нижньо-кам'яновугільних нафтогазоносних комплексах на глибинах від 3–3,5 км до 6–7 км. Останні відкриття промислових покладів газу в ДДЗ на глибинах понад 6 км дають привід стверджувати про суттєві перспективи глибокозалеглих горизонтів.

Фактично цей перелік варто сприймати як нові головні напрями пошукових робіт на нафту й газ у Східному регіоні в нетрадиційних типах пасток, орієнтовані на на-рощування мінерально-сировинної бази вуглеводневої сировини. Після додаткових уточнювальних геофізичних досліджень можна оцінити їхні перспективи й підготувати пропозиції щодо черговості й різновидів дальших геологорозвідувальних робіт.

Продемонстровано експериментальний зразок структурно-літологічної моделі одного з родовищ центральної частини ДДЗ (рис. 3).

2. Структурно-літологічний (візуальний) фрейм Талалаївського виступу.

Талалаївський виступ кристалічного фундаменту разом з осадовим чохлам досить добре вивчений сейсморозвідкою і глибоким бурінням, що дає змогу вважати його територією з високим ступенем вивченості надр. З усіх сторін виступ оточений великими й малими депресіями, на схилах яких у візейських, турнейських і девонських відкладах станом на 1.01.2001 р. прогнозували отримати близько 60 одиниць умовного палива за категоріями С2+С3+Д, і ця оцінка до тепер майже не змінилася. В умовах ДДЗ геологічну будову верхньовізейських відкладів і вапнякової плити до останнього часу вивчали здебільшого тільки як межу теригенних і карбонатних порід візейського віку, до якої приурочений сейсмічний горизонт відбиття Vв3. Фактично – це головна структурна основа для пошуку вуглеводнів як у вище, так і нижчезалеглих продуктивних горизонтах. Та й сам інтервал розрізу візейської карбонатної плити привертає увагу як не-

достатньо вивчений об'єкт біогермної природи зі специфічними умовами акумуляції вуглеводнів.

За основу площинної характеристики об'єкта узято останню сейсмогеологічну модель карбонатної плити північно-західної частини ДДЗ (І. М. Єрко, В. М. Хтема, 1998), за покрівлею якої створено структурну карту (рис. 4).

Унаслідок розроблення й відповідної цільової інтерпретації інфогеофрейму Талалаївської площі як складнозбудованого геологічного об'єкта (з використанням розглянутих вище методологічних підходів і методичних прийомів) на цій, порівняно добре вивченій, території виділено низку прогнозних об'єктів, перспективних для пошуку вуглеводнів (рис. 5, 6). Уперше площу виділено як перспективний об'єкт і побудовано модель напіврозформованого Шумсько-Андріяшівсько-Кампанського атолового рифу, північно-західна частина якого потребує дальшого вивчення сейсморозвідкою й глибоким бурінням. Ще одна нова модель будови представлена як відображення недорозвиненої або частково розформованої банки в покрівлі візейської карбонатної плити на Коржівській структурі. Наявність цих перспективних об'єктів підтверджено даними сейсморозвідки та інших досліджень, а рекомендації щодо напрямів

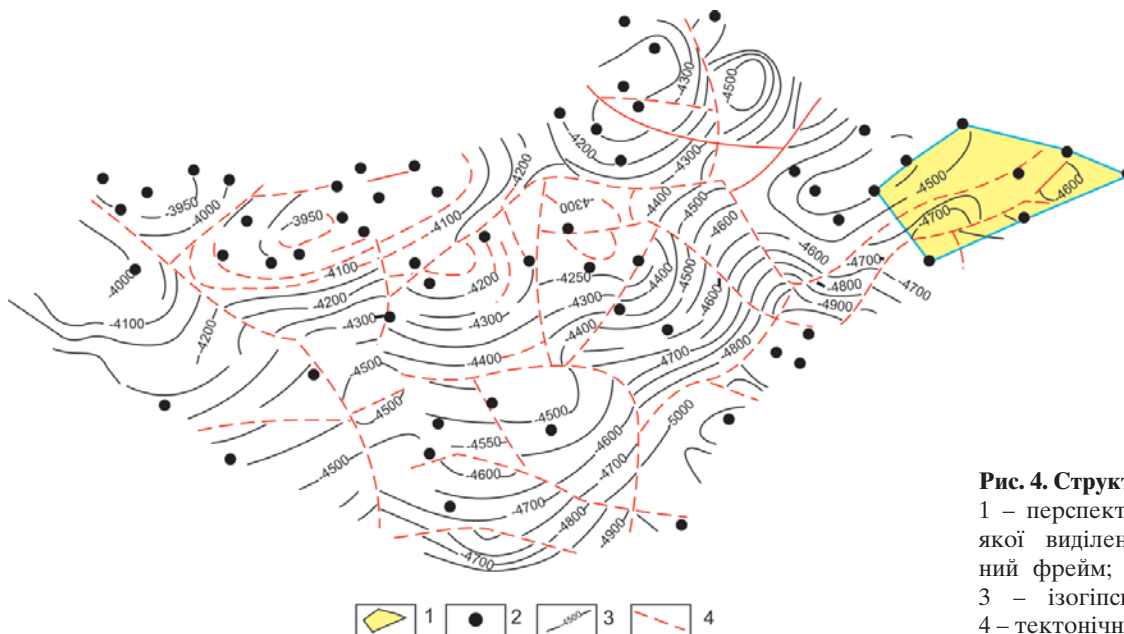


Рис. 4. Структурна карта зони досліджень
1 – перспективна ділянка ДДЗ, у межах якої виділено та побудовано візуальний фрейм; 2 – пробурені свердловини; 3 – ізогіпси геофізичного горизонту; 4 – тектонічні порушення

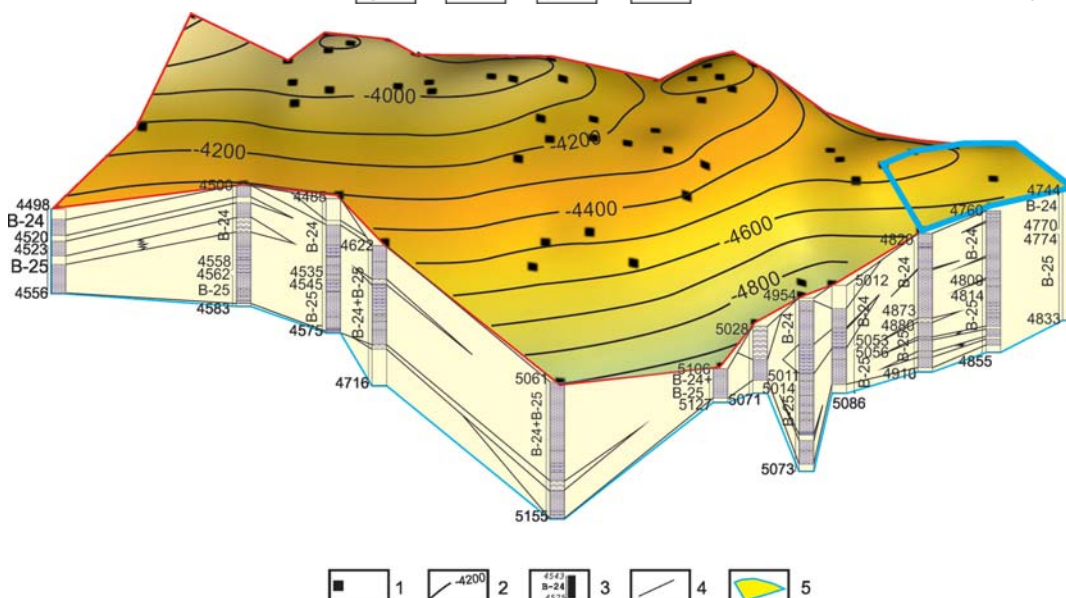


Рис. 5. Зональний візуальний фрейм геологічної будови дослідженої частини візейських карбонатних відкладів

1 – пробурені свердловини; 2 – тривимірний площинний складник карти ізогіпс покрівлі карбонатних відкладів; 3 – вертикальний складник із зображенням характеристики літологічного складу порід, стратифікації продуктивних горизонтів і вибоїв, розкритих конкретними свердловинами; 4 – лінії кореляції; 5 – ділянка створеного локального візуального фрейму прогнозного об'єкта

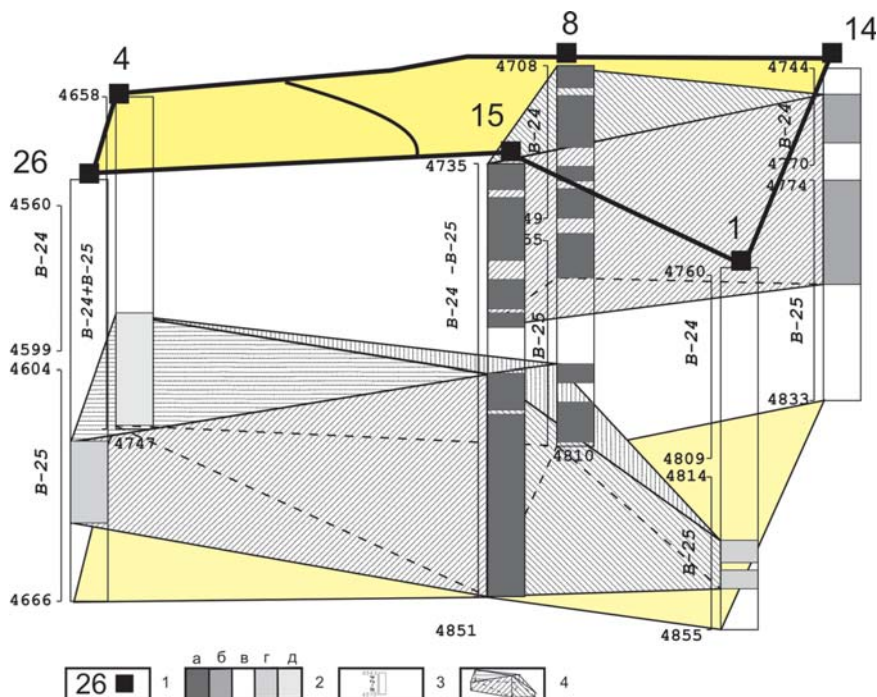


Рис. 6. Візуальний фрейм із зображенням нафтогазонасиченої (за ГІС) частини об'єктів сублокального рівня території дослідження

1 – пробурені свердловини; 2 – насиченість відкладів (за ГІС): а – газонасиченість; б – нафтонасиченість; в – відсутність нафтогазоносних порід; г – слабка газонасиченість порід; д – слабка нафтонасиченість порід; 3 – цифрове зображення стратиграфічних розмічень і вибоїв пробурених свердловин; 4 – зображення нафтогазоносних обсягів, що виділяються на візуальному фреймі в інтервалі розрізу візейських карбонатних відкладів

робіт на них обговорювано на міжнародних наукових конференціях і представлено в наукових обґрунтуваннях планів ГРР, проте робіт з глибокого буріння так і не проведено.

Перспективи переведення в геоінформаційний формат

Відповідно до вищенаведеної схеми системної структурно-речовинної організації ГС основні підходи щодо переведення розглянутих моделей у геoinформаційний формат полягають у дотриманні таких умов:

- представлення всіх картографічних матеріалів у ГІС-форматі;
- забезпечення системності, тобто можливості входження всіх структурно-речовинних елементів до регіональної емерджентної системи відповідно до принципів прогнозно-палеоре-конструктивного ретроспективно-статичного моделювання;
- забезпечення цільового характеру структурно-речовинних елементів;
- забезпечення механізму постійної дії вищенаведеного геоінформаційного апарату.

У статті наведено узагальнений виклад теоретичних засад інформаційного забезпечення досліджень і робіт з прогнозування та освоєння нафтогазових родовищ різних геолого-генетичних типів, що відповідають сучасним викликам об'єктивно зумовлених чинників зростання технічної складності і вартості ГРР. Основним робочим інструментом забезпечення є цільове різномасштабне інформаційне моделювання перспективних геологічних моделей, що ґрунтується на загальній теоретичній схемі прогнозно-палеорекоконструктивної ретроспективно-статичної моделі з уведенням поняття формаційно-речовинна система нафтогазонакопичення, що містить пізнавально-функціональні складники: першоджерела вуглеводневих компонентів, шляхи і способи їхнього транспортування та об'єкти локалізації нафтидів. Цей методологічний апарат забезпечує вирішення двох прогнозно-діагностичних завдань: прогнозування пасток і покладів. Запропонований апарат є багатомасштабним і передбачає прогнозування на зональному (групи родовищ), локальному (родовища) і сублокальному (поклади) рівнях.

Результативність вищенаведених методолого-методичних розробок продемонстровано на прикладах цільового моделювання геологічних об'єктів Дніпровсько-Донецької западини, підтверджених упровадженням.

Перспективи дальшого розвитку методик і методології досліджень і робіт нафтогазового напрямку полягають у розробленні сучасної теорії геоінформаційного моделювання та її предметного методолого-методичного розділу – системної структурно-речовинної організації геологічного середовища й розроблення відповідних цільових моделей.

Модифікація і впровадження цієї методологічної розробки є передумовою суттєвого підвищення ефективності ГРР нафтогазового напрямку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаров В. Е. Сублокальный геологический прогноз нефтегазоперспективных объектов в пределах территории с высокой освоенностью недр Днепровско-Донецкой впадины. – Чернигов: ЦНТИ, 2011. – 257 с.
2. Горная энциклопедия. Том 4. – М., 1985–86. – 474 с.
3. Етапи і стадії геологорозвідувальних робіт на нафту і газ. Порядок проведення//ДСТУ 41-00032626-00-011-99. – Київ: Держкомгеологія, 1999. – 17 с.
4. Кривошеев В. Т., Макогон В. В., Иванова Є. З. Літолого-палеогеографічні карти турнейських і візейських продуктивних горизонтів Дніпровсько-Донецької западини та прогноз нафтогазоносності. – Київ: УкрДГРІ, 2019. – 259 с.
5. Локальный прогноз нефтегазоносности на основе анализа строения ловушек в трёхслойном резервуаре (методические рекомендации)/В. Д. Ильин, С. П. Максимов, А. Н. Золотов и др. – М.: ВНИГНИ, 1982. – 52 с.
6. Лукин А. Е. Литолого-динамические факторы нефтегазонакопления в авлакогенных бассейнах. – К.: Наукова думка, 1997. – 225 с.
7. Лукин А. Е. Конседиментационные процессы глубинной дегазации Земли и их роль в формировании бассейнов породообразования//Очерки дегазации Земли/В. М. Шестопалов, А. Е. Лукин, В. А. Згонник, А. Н. Макаренко, Н. В. Ларин, А. С. Богуславский. – Киев: ИГН НАН Украины; Науч.-инж. центр радиогидрогеоэкол. полигон. исслед. НАН Украины, 2018. – С. 124–183.
8. Методическое руководство по локальному прогнозу нефтегазоносности в регионах Украины (Временная инструкция)/В. А. Бабадаглы, Б. П. Кабышев, Д. И. Чупыринин и др. – Львов: УкрНИГРИ, 1983. – 168 с.

9. Методическое руководство по зональному прогнозу нефтегазоносности. – Львов, 1986. – 22 с.

10. Очерки дегазации Земли/В. М. Шестопалов, А. Е. Лукин, В. А. Згонник, А. Н. Макаренко, Н. В. Ларин, А. С. Богуславский. – Киев: ИГН НАН Украины; Науч.-инж. центр радиогидрогеоэкол. полигон. исслед. НАН Украины, 2018. – 632 с.

11. Региональный и локальный прогноз нефтегазоносности//Сб. науч. тр. ВНИГРИ. – М.: Недра, 1987. – Вып 7. – 237 с.

12. Хрущов Д. П., Ковальчук М. С., Ремезова Е. А. и др. Структурно-литологическое моделирование осадочных формаций. – Киев: Интерсервис, 2017. – 352 с.

13. Хрущов Д. П., Ремезова Е. А., Белевцев Р. Я., Яковлев Е. А., Азимов А. Т., Иванова А. В., Лобасов А. П., Босевская Л. П., Греку Р. Х., Почтаренко В. И., Охолина Т. В. Формационные алгоритмы теории информационного обеспечения исследований и работ по обращению с геологической средой//Геоинформатика. – № 1. – 2019. – С. 70–79.

14. Khrushchov D. P., Dolin V. I., Goshovskyi S. V., Remezova O. O., Goncharov V. Ye., Azimov O. T., Shevchenko O. L., Lobasov O. P., Yaremchenko O. V. The theory of information providing for researches and works on geological environment management//XIX International Conference “Geoinformatics: theoretical and applied aspects” 11–14 May 2020, Kyiv, Ukraine. Zoom resource.

REFERENCES

1. Goncharov V. E. The sublocal geological forecast of oil and gas prospective objects within the territory with a high development of the Dnieper-Donets depression subsoil. – Chernigov: CNTI, 2011. – 257 p. (In Russian).

2. Mountain Encyclopedia. Vol. 4. – Moskva, 1985-86. – 474 p. (In Russian).

3. Stages and periods of oil and gas exploration. The order of carrying out//DSTU 41-00032626-00-011-99. – Kyiv: Derzhkomheolohiia, 1999. – 17 p. (In Ukrainian).

4. Kryvosheiev V. T., Makogon V. V., Ivanova Ye. Z. Lithological-paleogeographic maps of Tournaisian and Visean productive horizons of the Dnieper-Donets Basin and forecast of oil and gas presence. – Kyiv: UkrDHRI, 2019. – 259 p. (In Ukrainian).

5. Local forecast of oil and gas potential based on the analysis of the structure of traps in a three-layer reservoir (guidelines)/V. D. Ilin, S. P. Mak-simov, A. N. Zolotov et al. – Moskva: VNIGRI, 1982. – 52 p. (In Russian).

6. Lukin A. E. Lithogeodynamic factors of oil-gas-accumulation in aulacogenic basins. – Kiev: Naukova dumka, 1997. – 225 p. (In Russian).

7. Lukin A. E. The co-sedimentation processes of deep degassing of the Earth and their role in the formation of rock formation basins//Ocherki degazacii Zemli/V. M. Shestopalov, A. E. Lukin, V. A. Zgonnik, A. N. Makarenko, N. V. Larin, A. S. Boguslavskij. – Kiev: IGN NAN Ukrainy; Nauch.-inzh. centr radiogidrogeojekol. poligon. issled. NAN Ukrainy, 2018. – P. 124–183. (In Russian).

8. Guidelines for the local forecast of oil and gas in the regions of Ukraine (Temporary instruction)/V. A. Babadagly, B. P. Kabyshev, D. I. Chuprynin et al. – Lvov: UkrNIGRI, 1983. – 168 p. (In Russian).

9. Guidelines for the zonal forecast of oil and gas potential. – Lvov, 1986. – 22 p. (In Russian).

10. Essays on Earth degassing/V. M. Shestopalov, A. E. Lukin, V. A. Zgonnik, A. N. Makarenko, N. V. Larin, A. S. Boguslavskij. – Kiev: IGN NAN Ukrainy; Nauch.-inzh. centr radiogidrogeojekol. poligon. issled. NAN Ukrainy, 2018. – 632 p. (In Russian).

11. Regional and local oil and gas forecast//Sb. науч. тр. VNIGRI. – Moskva: Nedra, 1987. – Iss. 7. – 237 p. (In Russian).

12. Khrushchov D. P., Kovalchuk M. S., Remezova E. A. et al. Structural and lithological modeling of sedimentary formations. – Kiev: Inter-servis, 2017. – 352 p. (In Russian).

13. Khrushchov D. P., Remezova E. A., Belevcev R. Ja., Yakovlev E. A., Azimov A. T., Ivanova A. V., Lobasov A. P., Bосевская Л. П., Греку Р. Х., Почтаренко В. И., Охолина Т. В. Formation algorithm of the theory of information support of researches and development on geological environment management//Geoinformatika. – № 1. – 2019. – P. 70–79. (In Russian).

14. Khrushchov D. P., Dolin V. I., Goshovskyi S. V., Remezova O. O., Goncharov V. Ye., Azimov O. T., Shevchenko O. L., Lobasov O. P., Yaremchenko O. V. The theory of information providing for researches and works on geological environment management//XIX International Conference “Geoinformatics: theoretical and applied aspects” 11–14 May 2020, Kyiv, Ukraine. Zoom resource.

Рукопис отримано 8.09.2020.



EBSCOhost

Повідомляємо наших авторів і читачів,
що з вересня 2020 року
журнал “МІНЕРАЛЬНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ”
внесено до наукових баз на платформі
EBSCOhost TM, яка належить компанії
“EBSCO Publishing, Inc” (США).

На платформі розміщено понад **400** баз даних
на **39** мовах. Щодня здійснюється **186** млн пошукових
запитів і переглядаються понад **100** млн сторінок.

Платформа **EBSCOhost** – це визнаний провідний
постачальник та агрегатор електронних книг
і періодичних видань зі всього світу.
З-поміж партнерів – **Taylor & Francis,**
MIT Press, Cambridge University Press,
Yale University Press, John Wiley & Sons, Inc.,
Oxford University Press, Sage Publications та ін.

Автори, які друкують свої статті в нашому виданні
підвищують свій імпакт-фактор,
водночас підвищуючи значущість нашого журналу.

ШАНОВНІ НАУКОВЦІ З ГЕОЛОГІЧНОГО НАПРЯМУ!

Запрошуємо вас до співпраці!

Пропонуємо сторінки нашого видання
для висвітлення ваших наукових досліджень.

Цього року журнал укотре підтвердив
свій **високий науковий рівень**,
пройшовши перереєстрацію
наукових фахових видань України
на підставі рішення атестаційної комісії МОН.

Йому надано категорію «Б»
з геологічної (17.03.2020 р.)
і технічної (17.03.2020 р.)
галузей науки за спеціальностями:

- 103** – науки про землю,
- 184** – гірництво,
- 185** – нафтогазова інженерія
та технології.

Редколегія журналу
«Мінеральні
ресурси України»



УДК 622.276.6

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2020.3.33-36>

Ю. І. ВОЙТЕНКО, д-р техн. наук, головний науковий співробітник (Український державний геологорозвідувальний інститут), voytenkou@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3077-2207>

Yu. VOITENKO, Dr. Sci. (Engin.), Chief Researcher (Ukrainian State Geological Research Institute), voytenkou@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3077-2207>

СИНЕРГЕТИЧНА ПРИРОДА ПОВЕДІНКИ НАФТОГАЗОВОГО ПЛАСТА ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗКРИТТЯ Й ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРИПЛИВУ

SYNERGETIC NATURE OF OIL AND GAS RESERVOIR BEHAVIOR AND ITS INFLUENCE ON THE EFFICIENCY OF OPENING AND INCREASE WELL PRODUCTIVITY

У статті розглянуто поведінку відкритої термодинамічної системи “свердловина – пласт”. Порівнюється внутрішня енергія пласта з енергією зовнішньої вибухової дії зі свердловини. На конкретних прикладах показано, що поведінка такої системи підпорядкована законам синергетики й унаслідок слабкої дії на пласт зі свердловини спостерігаються великі нелінійні ефекти зростання продуктивності завдяки внутрішній енергії пласта. Ця енергія генерується внаслідок сумарної дії пластового й гірського тисків.

Ключові слова: синергетика, система “свердловина – пласт”, внутрішня енергія пласта, енергія зовнішнього впливу.

The article continues the author's series of works on the application of synergetic theory to understand and describe the processes and phenomena that accompany the search and development of mineral resources. The research results show that the synergetic theory is universal and allows to understand and describe a wide range of phenomena and processes that occur in geological exploration and mining: dynamic phenomena in mines (outbursts of rocks and coal), spontaneous combustion of coal in coal mines, emergency outbursts of oil and gas from exploration wells, destruction of high-pressure pipelines, geodynamic phenomena in quaternary deposits, sedimentary rocks, and in the geological structures of the crystalline basement. One of the signs of processes and phenomena that have a synergistic nature is the nonlinear nature of the system's response to weak perturbations. Minor disturbances slightly change the structure of geological material, in some cases change the mechanical and physical properties of formation fluids. This creates the conditions for disturbing the unstable equilibrium of the system at the bifurcation points and its transition to another equilibrium state with other thermodynamic parameters that characterize the new state of the system. Such transitions are characterized by kinetic and phase transitions. In particular, in the reservoir rock, in coal, micro- and macrocrack systems are formed and developed. The shape of dissipative structures is described using fractal theory. The duration of self-organization of dissipative structures and the transition of the system to a new equilibrium state depends on the type of dissipative structures, the properties of the environment in which they are formed, and the speed of physicochemical processes.

The article considers the behavior of the system “well – rock formation” as an open thermodynamic system. The internal energy of the formation is compared with the energy of external explosive action from the well. Specific examples show that the behavior of such a system is subject to the laws of synergetics and as a result of weak action on the formation from the well there are significant nonlinear effects of productivity growth due to the internal energy of the formation. This energy is generated by reservoir and rock pressures.

Keywords: synergetics, system “well – formation”, internal energy of the formation, energy of external influence.

Вступ. Синергетична природа поведінки живих і неживих термодинамічних систем на сьогодні вважається універсальною і їй підпорядковані всі явища й процеси, які супроводжують розробку корисних копалин та експлуатацію технічних об'єктів і споруд. Прикладами можуть слугувати катастрофічні руйнування магістральних трубопроводів, аварійні викиди нафти й газу, гірські удари та інші газодинамічні явища під час підземної розробки корисних копалин, раптові геодинамічні явища (зсуви, просідання, землетруси) та руйнування будівельних споруд і великих технічних конструкцій. Усі ці явища мають синергетичну природу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Докладний аналіз причин цих явищ, перелік яких далеко не повний, їхній зв'язок з розмірами структурних елементів у середовищі (блоки, зерна, мікро- і макротріщини), дисперсією міцності й характером руйнування матеріалів: крихкий, в'язко-крихкий або в'язкий, викладено у фундаментальних працях [8, 15] і частково публікаціях [2, 4, 5].

З позиції сучасної фізики твердого тіла та термодинаміки нафтогазовий пласт, розкритий свердловиною, є відкритою термодинамічною системою, що перебуває в незрівнова-

женому стані. Згідно із сучасним підходом до аналізу таких систем, їхня поведінка, сценарій розвитку фізичних і хімічних процесів у них визначається принципом мінімуму виробництва ентропії. Водночас перехід з одного термодинамічного стану в інший залежить від внутрішньої енергії пласта w і значень відповідних параметрів: q – величина геостатичного тиску, θ – об'ємної деформації породи-колектора, $T_{пл}$, $p_{пл}$ – пластової температури й тиску. Внутрішню енергію пласта обчислюємо за формулою

$$w \approx \lambda_0 + Q,$$

де λ_0 – питома енергія пружного чи непружного деформування породи-колектора під впливом літостатичних і тектонічних напружень, Q – енергія ізотермічного стиснення нагрітого газу. Перехід з одного термодинамічного стану в інший зі стрибкуватою зміною ентропії з формуванням дисипативних структур у породи-колекторі відбувається в точках нестійкої рівноваги системи – точках біфуркації [2, 8], або самоорганізованої критичності [15] внаслідок колективної синергетичної дії кількох чинників. Для системи “свердловина – пласт” такими чинниками є:

– зовнішня дія та підведення енергії в пласт зі свердловини, а в деяких технологіях – із донної поверхні, або виділення безпосередньо в пласті;

– гірський тиск і різновид напружено-деформованого стану породи-колектора, які визначають частку внутрішньої енергії пласта і стан породи навколо свердловини;

– пластовий тиск і температура, які визначають іншу частку внутрішньої енергії пласта;

– хімічна взаємодія пластових та інтенсифікаційних рідин з породою-колектором (для оцінки величини в цим складником у подальшому нехтуємо).

Вказаний перехід системи “свердловина – пласт” за всіх різновидів впливу на пласт у разі горіння й вибуху, або іншої мало-енергетичної дії, у новий стан супроводжується кінетичними фазовими переходами й масштабними ефектами, зокрема:

– спонтанним утворенням мікро- й макротріщин у породи-колекторі під впливом механічних напружень;

– поступовим розвитком зон мікротріщин і макротріщин під дією гірського тиску й пластового флюїду [2];

– руйнуванням або переходом у рідкий чи газоподібний агрегатний стан відкладів у породи-колекторі;

– викидом часток пластової породи, відкладів і пластового флюїду у свердловину під час освоєння або спорудження свердловини.

Відклади в поровому просторі утворюються у вигляді твердої фази внаслідок буріння, або капітального ремонту свердловин, глинистих часток, асфальтено-смолисто-парафінових відкладів (АСПВ) тощо.

Більшість авторів технологій інтенсифікації нафти й газу пов’язують ефективність дії на пласт у свердловині зі зміною структури породи-колектора, АСПВ і властивостей пластових флюїдів [3, 10, 12, 17]. Проте таке пояснення не вказує на причини великих ефектів, які спостережено в багатьох свердловинах, за слабких дій на пласт. Наприклад, у разі оброблення малогабаритними генераторами тиску й торпедами, електророзрядними, акустичними пристроями тощо [3, 10, 12, 17]. У разі застосування цих та інших методів інтенсифікації припливу, зокрема й повторної перфوراції, на глибинах $\geq (3...3,5)$ км великі флюїдопровідні тріщини не утворюються. У крихких породах низької й середньої поруватості в разі вибуху й горіння утворюються мікротріщини на відстанях до $\sim 10\text{--}30$ радіусів свердловини (r_c) у разі вибуху або короткі макротріщини в разі швидкого горіння твердих ракетних палив і високоенергетичних матеріалів. Низькоенергетичні електроімпульсні, хвильові та вібраційні методи характеризуються ще меншим радіусом зони, у якій змінюється структура породи.

Пояснити великі нелінійні ефекти зміни продуктивності можна з позицій синергетичної теорії щодо поведінки відкритої термодинамічної системи “свердловина – пласт”. По-перше, більшість малопотужних фізичних і фізико-хімічних методів створюють навколо свердловини системи мікротріщин і формують нову структуру породи. По-друге, в процесі освоєння зі збільшенням депресії на пласт навколо свердловини створюється нерівномірний напружено-деформований стан, який сприяє розвитку мікро- і макротріщинуватості [2, 16]. По-третє, деякі різновиди насичувальних рідин, розчинів ПАР і певних газів, зокрема водню, сприяють виникненню й розвитку найменших тріщин на мезо- та макрорівні з наступним поступовим диспергуванням породи. По-четверте, спонтанне руйнування породи в привибійній зоні та створення гідродинамічного зв’язку свердловини з породою часто забезпечується додатковим впливом пластового флюїду. Цей чинник сприяє формуванню флюїдопровідних каналів, навіть після перфорації [6]. Вказаний перехід відбувається в точках біфуркації (нестійкої рівноваги) під впливом порівняно незначного збурення імпульсу й енергії.

Мета роботи – оцінка співвідношення закачаної в пласт енергії з внутрішньою енергією пласта й аналіз результатів дослідно-промислових робіт.

Методи та матеріали досліджень. Для досліджень використано теоретичні методи механіки деформованого твердого тіла й газової динаміки та аналіз результатів дослідно-промислових робіт з інтенсифікації припливу нафти й газу. Оцінимо внутрішню енергію пласта для моделі пружного деформування й порівняємо її з енергією свердловинної дії типових пристроїв: малогабаритних торпед або генераторів тиску [1]. Питому енергію пружного деформування породи-колектора можна оцінити за формулою

$$\lambda_0 = \frac{1}{2} \frac{p^2}{K}, \quad (1)$$

де p – величини літостатичного тиску на глибині залягання пласта H ; K – модуль об’ємного стиснення.

Формула (1) є точною для випадку лінійного (пружного) деформування порід і гідростатичного напружено-деформованого стану $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = -p$; $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – головні компоненти тензора напружень.

У разі $\sigma_1 \neq \sigma_2 \neq \sigma_3$ і ненапруженого деформування величина λ_0 визначається площею під кривою об’ємного деформування $p(\theta)$ і зазвичай перевищує величину $p^2/2K$.

Другий складник енергії пласта можна визначити як енергію ізотермічного стиснення газу до величини пластового тиску p_{Π} [11]

$$Q = mRT_{na} \ln \frac{p_{\Pi}}{p_{\Pi 2}},$$

де m – маса газу; R – універсальна газова стала; T_{na} – пластова температура; $p_{\Pi 1}, p_{\Pi 2}$ – початковий атмосферний і кінцевий (пластовий) тиск газу.

Оскільки $p_{\Pi 1} < p_{\Pi 2}$, то $\ln p_{\Pi 1}/p_{\Pi 2} < 0$ і значення отриманої енергії $Q < 0$, робота стиснення газу, як і робота стиснення породи-колектора, від’ємна. Тому в розрахунках цей знак опускаємо. Розрахунки проведено для таких вихідних параметрів:

$H = 3000$ м; $K = 3,5 \cdot 10^{10}$ Па; $\rho = 2500$ кг/м³; $T_{na} = 373^\circ\text{K}$; $p_{\Pi 1} = p_{\Pi 2} = 3 \cdot 10^7$ Па; $R = 519$ Дж/(кг·К); $m = 0,657$ кг (маса газу в 1 м³, поруватість у розрахунках – 0,2).

Результати досліджень та їхній аналіз. П и т о м а енергія напруженого стиснення породи пласта в умовах гідростатичного навантаження (мінімальна) $\lambda = 0,077$ МДж/м³. Питомі енергії ізотермічно стиснутого газу в поровому просторі породи-колектора з початковим об’ємом 1 м³ становить $W = 0,725$ МДж/м³.

Водночас газ зменшується в об’ємі в 300 разів згідно із законом $V = 1/p$ [13], тобто радіус вільного газу в поровому просторі зменшується в $\sqrt{300} = 17,3$ разів і становить (0,1...0,2) м.

Ці оціночні розрахунки засвідчують, що енергію пласта в цих термобаричних умовах у радіусі 1–2 м можна оцінити величинами $\sim 6...8$ МДж/м. Це приблизно дорівнює питомій (на м довжини) енергії в разі вибухового оброблення пласта (6–20 МДж/м) малогабаритними торпедами або порохами генераторами тиску (ПГД-Г-42Т) [1]. Це, власне кажучи, і підтверджує те, що внутрішня енергія пласта навіть у ближній зоні оброблення співвимірна або зазвичай перевищує енергію зовнішньої дії на пласт зі свердловини чи денної поверхні. Зазначимо, що зі збільшенням глибини залягання й величини пластового тиску внутрішня енергія пласта збільшується й перевищуватиме енергію інтенсифікаційної дії.

Отже, поведінка продуктивного пласта в процесах первинного розкриття, експлуатації та інтенсифікації припливів нафти й

газу має синергетичну природу та характеризується колективною взаємопідсилювальною дією зовнішнього впливу (спуск-підняття бурового інструмента або інтенсифікаційних операцій), гірського й пластового (порового) тиску, фізико-хімічною дією рідин на міцність і структуру породи-колектора. Унаслідок навколо свердловини утворюються дисипативні структури у вигляді скупчень (груп) мікро- і макротріщин, які забезпечують гідродинамічний зв'язок свердловини з пластом навіть у разі неповного очищення порового простору від різних відкладів.

Описана фізична природа поведінки нафтогазового пласта є загальною у разі слабких малоенергетичних методів інтенсифікації припливу, за винятком потужних високоенергетичних методів, які утворюють флюїдопровідні канали у вигляді глибоких тріщин: гідророзриву пласта та його імпульсних аналогів.

Для ілюстрації наведемо деякі результати робіт з інтенсифікації припливу нафти й газу, отримані з участю автора та авторів інших праць [17] (таблиця).

Синергетичний ефект підсилюється в разі комплексної фізико-хімічної дії на пласт, що підтверджують дані таблиці (сверд. № 24, Матвіївська та № 79 Котелевська). На користь цього свідчить також поступове в часі наростання продуктивності оброблених свердловин (рисунок). Аналогічні дані є в літературі за результатами застосування малогабаритного порохового генератора останнього покоління ПГД-Г-42Т у РФ і В'єтнамі [7].

Переважаюча більшість успішних розкриттів пластів на великих глибинах пов'язана із синергетичною природою поведінки системи “свердловина – пласт”. Як уже неодноразово зазначено раніше [6], глибина перфорації на глибинах > 4000–6000 м не перевищує кількох см у разі малогабаритних перфораторів і зменшується у 2–3 рази, порівнюючи з результатами сертифікаційних випробувань по бетону, не перевищуючи ≈400–500 мм навіть у разі новітніх зарядів глибокого проникнення типу DP3. Однак у десятках свердловин було отримано промислові дебїти газу й конденсату, зокрема й у надглибокій свердловині № 17 Семиріньківського родовища (H=6750 м) [14, 18]. Основна причина – утворення нових і розкриття природних тріщин газом або нафтою в процесі закінчення буріння й освоєння свердловини. Починаючи з глибин ~3...3,5 км, в умовах глибокої, особливо повної депресії на пласт можливе мимовільне руйнування пісковики середньої й високої міцності навколо відкритого стовбура навіть без перфорації. Таке ж явище можливе навколо кінчика перфораційного отвору. Синергетична природа поведінки підземного пласта, розкритого

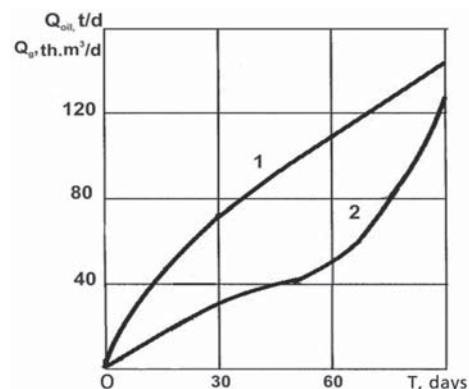


Рисунок. Динаміка продуктивності свердловини № 104 Анастасівська після оброблення; 1 – продуктивність по нафті; 2 – продуктивність по газу

свердловинами й підготовленого до вибуховування вибухами свердловинних зарядів, або гідророзривом, забезпечує інтенсифікацію масообмінних процесів у системах геотехнологічного видобутку корисних копалин.

Синергетична концепція в галузі геології нафти й газу є продуктивною також стосовно формування покладів природних вуглеводнів і періодичного підживлення старих покладів. Водночас фізичні й фізико-хімічні процеси в геологічному матеріалі можуть бути подібними до описаних вище, але проявляються вони в більших просторових масштабах і протікають в іншій часовій шкалі – у шкалі геологічного часу [9, 13].

На завершення потрібно підкреслити визначальну роль геологічних служб НГДУ “Охтирканафтогаз” (М. О. Щелінський), “Чернігівнафтогаз” (В. В. Гушул, П. І. Шпак) та інших НГДУ ВАТ “Укрнафта”, ГПУ “Полтавагазвидобування” (А. Й. Куль) у виборі свердловин наприкінці 1990-х – початку 2000-х, завдяки якому вдалося спостерігати великі нелінійні ефекти збільшення їхньої продуктивності від дії зарядів малої потужності та інших малоенергетичних методів інтенсифікації припливу. Окрім того, успішне впровадження нових технологій забезпечено завдяки високому професіоналізму технічних керівників підрозділів ДГП “Укргеофізика” (М. М. Литвиненко, О. М. Пироженко, В. І. Тихоненко).

Висновок. Поведінка системи “свердловина – пласт” має синергетичну природу на стадії первинного розкриття й початковій стадії розробки родовища із середніми (15–25 МПа) та високими (30–50 МПа) пластовими тисками. Це засвідчує порівняння енергії зовнішньої дії та внутрішньої енергії пласта. У разі

Таблиця. Результати випробувань технологій підвищення дебїту свердловин з використанням малогабаритних торпед

Надрокористувач	№ свердловини	Родовище	Інтервал, м	Тип свердловини	Маса вибухівки в торпеді, кг	Дебїт до торпедування м³/добу//т/добу	Дебїт після торпедування, м³/добу//т/добу
ВАТ “Укрнафта”	42	Талалаївське 06.1997	3579–3596	газова	5,3	100/0	26000/7
“–”	104	Анастасівське 12.1999	4484–4491	нафтогазова	7,5–9,3	0,0/0,3	120000/75...130
ПАТ “Укргазвидобування”	109	Абазівське [8]	4611–4616	газова	6,0–6,4	1000	30000
“–”	24	Матвіївське* [8]	3445–3450	“–”	“–”	0,0/0,1	15000/15
“–”	79	Котелевське* [8]	4614–4618 4602–4606	“–”	“–”	0,1	17000/6,8
“–”	58	Яблунівське [8]	4942–4951	“–”	“–”	4500	50000
“–”	60	Скоробагатське [8]	3660–3667	“–”	“–”	0,0	20000

* Торпедування в хімічно активній рідині.

зовнішнього слабкого, порівнюючи з внутрішньою енергією пласта, фізичного або фізико-хімічного впливу на крихкі й квазікрихкі породи-колектори в околі свердловини відбуваються фазові переходи у відкладах, що заповнюють поровий простір. Утворюються дисипативні структури у вигляді дрібних тріщин на мікро- і мезорівні, які в подальшому під дією гірського тиску й тиску відповідних насичувальних рідини або газу формують флюїдопровідні канали для припливу пластових флюїдів до свердловини. У такий спосіб вони збільшують проникність порід і підвищують продуктивність свердловини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Войтенко Ю. І. Ефективність потужних методів інтенсифікації нафтогазовидобутку і перспективи їх використання для нетрадиційних ресурсів//Нафтогазова галузь України. – 2013. – № 5. – С. 42–45.
2. Войтенко Ю. І. Синергетика геологічних середовищ та її вплив на ефективність розробки та пошуку родовищ корисних копалин//Мінеральні ресурси України. – 2019. – № 3. – С. 15–21.
3. Войтенко Ю. І. Фізико-технічні основи свердловинних геотехнологій з керуванням тріщиноутворенням: дис. доктора техн. наук: 05.15.11: захищена 24.02.01: затв. 14.11.01/Войтенко Юрій Іванович. – К.: 2001. – 377 с.
4. Войтенко Ю. І., Ковтун А. В. О предвыбросовом состоянии пород и возможном механизме горных ударов и внезапных выбросов//Мінеральні ресурси України. – 2018. – № 2. – С. 32–35.
5. Войтенко Ю. І., Ковтун О. В. Про в'язке та крихке руйнування гірських порід при ударі та вибуху//Вісник НТУУ "КПІ". Серія гірництво. – 2017. – № 34. – С. 9–17.
6. Войтенко Ю. І., Прожогіна О. І., Лобанова І. В. Ефективність сучасних перфораційних систем і зарядів при закінченні свердловин//Мінеральні ресурси України. – 2013. – № 2. – С. 38–41.
7. Дудаев С. А., Павлов В. И. Газодинамический метод влияния на прискважинную зону пластов с целью повышения их нефтеотдачи//Каротажник. – 2010. – № 1. – С. 15–45.
8. Иванова В. С., Баланкин А. С., Бунин И. Ж., Оксогоев А. А. Синергетика и фракталы в материаловедении. – М.: Наука, 1994. – 383 с.
9. Коваль А. М., Чепіль П. М., Ковалько О. М. та ін. Стосовно поповнення вуглеводневих покладів//Матеріали конференції VI Міжнародний геологічний форум "Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології: наука і виробництво" (Геофорум-2019). – Київ: УкрДГРІ, 2019. – С. 105–109.
10. Кравченко О. В., Велигоцкий Д. А., Авраменко А. Н., Хабибуллин Р. А. Совершенствование технологии комплексного воздействия на продуктивные пласты нефтяных и газовых скважин//Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 6/5 (72). – С. 4–9.
11. Кухлинг Х. Справочник по физике. – М.: Мир, 1985. – 519 с.
12. Кучернюк А. В., Печерський І. С., Бубнов І. В., Полатайко С. Б. Технології ударно-хвильової та депресійно-репресійної хіміко-гідродинамічної дії на ПЗП//Нафтогазова галузь України. – 2015. – № 4. – С. 31–35.
13. Лукин А. Е. О происхождении нефти и газа (геосинергетическая концепция природных углеводородно-генерирующих систем)//Геологический журнал. – 1999. – № 1. – С. 30–42.
14. Лукин А. Е., Шукин Н. В., Лукина О. И., Пригарина Т. М. Нефтегазоносные коллекторы глубокозалегающих нижнекаменноугольных комплексов центральной части Днепровско-Донецкой впадины//Геофизический журнал. – 2011. – Т. 33. – № 1. – С. 3–27.
15. Микуляк С. В. Закономірності динаміки структурованих середовищ: теорія, модель, експеримент: автореферат дис. доктора фіз.-мат. наук: 04.00.22: захищена 09.07.19/Микуляк Сергій Васильович. – К., 2019. – 37 с.
16. Михалюк А. В., Войтенко Ю. И. Дилатансионный механизм генезиса трещиноватости породных массивов//Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2011. – № 4. – С. 50–66.
17. Нагорний В. П., Денисюк І. І. Технології інтенсифікації видобутку вуглеводнів/за редакцією В. П. Нагорного; НАН України, Інститут геофізики ім. С. І. Субботіна. – Київ, 2013. – С. 268.
18. Шуров І. В., Гафич І. П., Дорошенко О. С. Ефективне використання ресурсного потенціалу діючих об'єктів – один із напрямів нарощування видобутку газу та зміцнення енергонеалежності України//Нафтогазова галузь України. – 2018. – № 2. – С. 5–11.

REFERENCES

1. Voitenko Yu. I. The effectiveness of strong methods of stimulation of oil and gas production and the prospects of their use for unconventional reservoirs//Naftohazova haluz Ukrainy. – 2013. – № 5. – P. 42–45. (In Ukrainian).
2. Voitenko Yu. I. Synergetics of geological mediums and its impact on the effectiveness of the exploitation and exploration for mineral deposits//Mineralni resursy Ukrainy. – 2019. – № 3. – P. 15–21. (In Ukrainian).
3. Voitenko Yu. I. Physical and technical bases of borehole geotechnologies with controlled fracturing: Dissertation for the degree Doctors of Engineering: 05.15.11, Kyiv, Ukraine, 2001. – 377 p. (In Ukrainian).
4. Voitenko Yu. I., Kovtun O. V. About the pre-outburst of the coal and sandstone and the possible mechanism of coal and gas outburst process//Mineralni resursy Ukrainy. – 2018. – № 2. – P. 32–35. (In Russian).
5. Voitenko Yu. I., Kovtun O. V. On fracturing of brittle and ductile rocks by impact and explosion//Visnyk NTUU KPI, Ser. hirnystvo. – 2017. – № 34. – P. 9–17. (In Ukrainian).
6. Voitenko Yu. I., Prozhohina O. I., Lobanova I. V. The effectiveness of perforating systems and perforations charges during the completion of wells//Mineralni resursy Ukrainy. – 2013. – № 2. – P. 38–41. (In Ukrainian).
7. Dudaev S. A., Pavlov V. I. Gas-dynamic method of influencing the near-wellbore zone of formations in order to increase their oil recovery//Karotazhnik. – 2010. – № 1. – P. 15–45. (In Russian).
8. Ivanova V. S., Balankin A. S., Bunin I. Zh., Oksogoev A. A. Synergetics and fractals in material science. – Moskva: Nauka, 1994. – 383 p. (In Russian).
9. Koval A. M., Chepil P. M., Kovalko O. M. et al. Regarding the recovery of hydrocarbon deposits//Materialy konferentsii VI Mizhnarodnyi heolohichnyi forum "Aktualni problemy ta perspektivy rozvytku heolohii: nauka i vyrobnytstvo" (Heoforum-2019). – Kyiv: UkrDHRI, 2019. – P. 105–109. (In Ukrainian).
10. Kravchenko O. V., Veligockij D. A., Avramenko A. N., Habibullin R. A. Improving the technology of complex impact on productive formations of oil and gas wells//Vostochno-evropejskij zhurnal peredovykh tehnologij. – 2014. – № 6/5(72). – P. 4–9. (In Russian).
11. Kuhlning H. Physics handbook. – Moskva: Mir, 1985. – 519 p. (In Russian).
12. Kucherniuk V., Pecherskyi I., Bubnov I., Polataiko S. Technologies of shock-wave and depression-repression chemicalhydrodynamic impact on bottom-hole formation zone//Naftohazova haluz Ukrainy. – 2015. – № 4. – P. 31–35. (In Ukrainian).
13. Lukin A. E. On the origin of oil and gas (geosinergetic conception of nature hydrocarbon-generating systems)//Geologicheskij zhurnal. – 1999. – № 1. – P. 30–42. (In Russian).
14. Lukin A. E., Shhukin N. V., Lukina O. I., Prigarina T. M. Oil-and-gas collectors of deep-seated Low Carboniferous complexes of the central part of the Dnieper-Donets Depression//Geofizicheskij zhurnal. – 2011. – Vol. 33. – № 1. – P. 3–27. (In Russian).
15. Mykuliak S. V. Patterns of dynamics of structured environments: theory, model, experiment: abstract dis. doctor of physical and mathematical sciences Science. – Kyiv, 2019. – 37 p. (In Ukrainian).
16. Mihaljuk A. V., Voitenko Yu. I. Dilatational mechanism of the genesis of fissures in rocks//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2011. – № 4. – P. 50–66. (In Russian).
17. Nahornyi V. P., Denysiuk I. I. Technologies for the intensification of hydrocarbon production/edited by V. P. Nahornyi; NAS of Ukraine, S. I. Subbotin Institute of Geophysics. – Kyiv, 2013. – P. 268. (In Ukrainian).
18. Shchurov I. B., Hafych I. P., Doroshenko O. S. Efficient use of resource potential of existing facilities as one of directions to increase natural gas production and strengthen//Naftohazova haluz Ukrainy. – 2018. – № 2. – P. 5–11. (In Ukrainian).

Р у к о п и с о т р и м а н о 15.07.2020.

УДК 911.2:551

 <https://doi.org/10.31996/mru.2020.3.37-44>

Г. І. РУДЬКО, д-р геол.-мінерал. наук, д-р геогр. наук, д-р техн. наук, професор (Державна комісія України по запасах корисних копалин), office@dkz.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7752-4310>,

Є. О. ЯКОВЛЕВ, д-р техн. наук, гол. наук. співробітник (Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України), yakovlev@niss.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0001-6934-618x>

H. RUDKO, Dr. Sci. (Geol. & Mineral.), Dr. Sci. (Geogr.), Dr. Sci. (Engin.) (State Commission of Ukraine on Mineral Resources), office@dkz.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0001-7752-4310>,

Ye. YAKOVLEV, Dr. Sci. (Engin.), Chief Researcher (Institute of telecommunication and global information space NASU), yakovlev@niss.gov.ua, <https://orcid.org/0000-0001-6934-618x>

ПОСТМАЙНІНГ ГІРНИЧОДОБУВНИХ РАЙОНІВ УКРАЇНИ ЯК НОВИЙ НАПРЯМ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ МІНЕРАЛЬНО-СИРОВИННИХ РЕСУРСІВ

POST-MINING OF THE UKRAINE'S MINING REGIONS AS A NEW DIRECTION FOR THE ENVIRONMENTALLY SAFE USE OF MINERAL RESOURCES

Зростання ринкових вимог до соціально-економічних та екологічних параметрів видобутку мінерально-сировинних ресурсів у розвинених (старих) гірничодобувних районах (ГДР) України зумовило переважне закриття шахт і кар'єрів, зокрема й методом мокрої консервації (автореабілітаційного некерованого затоплення). Найактивніше цей процес розвивається в межах ГДР Донбасу, зокрема в зонах впливу збройного конфлікту.

У більшості розвинених країн ЄС зняття з експлуатації вугільних шахт, що мають великі глибини (до 1,0–1,5 км) і площі шахтних полів (тис. км²), відбувається за науково-виробничим комплексом постмайнінгу (ПМ), який ґрунтується на науково-технічних заходах щодо запобігання небезпечним змінам геологічного середовища (ГС), як-от осідання земної поверхні, підтоплення земель, виділення вибухо-небезпечних і токсичних газів, обмеження витоків забруднених вод. Крім того, ПМ передбачає перетворення частини гірничих виробок на гідралічно-фільтраційну систему утримання шахтних вод на глибині 250–350 м, щоб запобігти перетіканню забруднень у горизонти прісних вод і річкову мережу, зберегти регіональні водотриви, дегазувати гірничий простір. Загалом комплекс заходів ПМ спрямований на збереження рівноваги й захисного потенціалу ГС як мінерального й ландшафтного підґрунтя біосфери.

У цьому зв'язку в статті наведено порівняння захисного потенціалу ГС зони впливу аварії на ЧАЕС і Донбасу, а також виконано експертну оцінку еколого-захисного потенціалу ПМ у провідних ГДР України.

З'ясовано, що потрібні нові моделі надрокористування, структура геологорозвідувальних робіт, наукове обґрунтування гранично допустимих змін ГС у разі закриття старих і формування нових ГДР, удосконалення моніторингу довкілля на основі технологій ГС та дистанційного зондування Землі.

Ключові слова: гірничодобувний район, геологічне середовище, постмайнінг, підтоплення, водотриви, гранично допустимі зміни, гірничі виробки, осідання поверхні.

The growth of market requirements for socio-economic and environmental parameters of mineral resources in most developed ("old") mining areas (MA) of Ukraine has led to the closure of mines and quarries, including by the method of "wet conservation" (autorehabilitation uncontrolled flooding). This process is most actively developing in the MA of the Donbas, including in areas affected by armed conflict.

In most developed EU countries, the decommissioning of coal mines (Ruhr, Lorraine, Wales), which have large depths (up to 1,0–1,5 km) and area (thousand sq. km) of minefields, is a research and production complex of post-mining (PM), which is based on scientific and technical measures to prevent dangerous changes in the geological environment (GE) - subsidence of the earth's surface, flooding of lands, release of explosive and toxic gases, limiting the leakage of polluted water. In addition, the PM provides for the transformation of part of the mine workings into a hydraulic filtration system of mine water retention at a depth of 250–350 m in order to prevent the flow of pollutants into freshwater horizons and river network, preservation of regional aquicludes, degassing of mining space. In general, the set of PM measures is aimed at maintaining the balance and protective potential of the GE as a mineral and landscape base of the biosphere.

In this regard, the article compares the protective potential of the GE of the Chernobyl accident zone and the Donbas region, as well as performs an expert assessment of the environmental protection potential of the PM in the leading MA of Ukraine.

It is shown that a new model of mineral resources use, structure of geological exploration works, scientific substantiation of maximum allowable changes of GE at closing of "old" and formation of new MA, improvement of environmental monitoring based on GIS technologies and remote sensing of the Earth are needed.

Keywords: mining area, geological environment, post-mining, flooding, regional aquicludes, maximum allowable changes, mining, surface subsidence.

Ринкова перебудова гірничопромислового комплексу (ГПК) України призвела до істотного зростання вимог як до техніко-економічних, так і еколого-соціальних параметрів надрокористування. Критичне пришвидшення (з 1990-х) закриття та ліквідації гірничодобувних об'єктів переважно способом мокрої консервації (автореабілітаційне затоплення) шахт і кар'єрів (Донбас, Карпатський регіон, Кривбас тощо)

зумовило недосконале врахування об'єктово-територіальних і регіональних змін екологічних параметрів природно-техногенних геосистем (ПТГС) "гірничодобувний район – геологічне середовище". Пов'язане із цим порушення балансу між приростом запасів і видобутком мінеральної сировини (перероблення якої формує понад 30 % ВВП і 50 % експортних надходжень) за умови ринкової економіки в багатьох районах проявило себе як чинник територіальних екологічних небезпек і національної економічної загрози [1, 7, 8].

На нашу думку, впродовж періоду реструктуризації провідних гірничодобувних районів (ГДР – Донбас, Кривбас, Карпатський тощо) не було достатньою мірою враховано досвід держав ЄС (Англія, Німеччина, Франція та ін.) щодо формування нормативно-правової бази й обґрунтування параметрів екологічної безпеки нового стану ПТГС. Головним чином, це було пов'язано з некерованим затопленням більшості шахт і кар'єрів (вугільні шахти Донбасу, соледобувні шахти й Домбровський кар'єр у Карпатському регіоні тощо) без достатнього врахування нового екологічного стану геологічного середовища (ГС) унаслідок перебудови його накопичених довгострокових змін у межах різноманітних ПТГС [1, 8, 13, 16].

Зазначимо, що останнім часом з боку органів влади й наукових кіл зростає увага до питання підвищення соціально-економічної та еколого-техногенної безпеки ефективності надрокористування й реструктуризації ГДР в Україні, або запровадження принципів постмаїнінгу за досвідом розвинених країн ЄС. Критерії відкритої ринкової економіки, а також збройного конфлікту на Сході України зумовлюють перегляд передусім багатьох традиційних еколого-техногенних параметрів реструктуризації розвинених (старих) ГДР України на принципах постмаїнінгу. Обґрунтування й упровадження принципів і технологій постмаїнінгу в умовах більшості ГДР України пов'язане зі значними складнощами внаслідок недосконалої екологічного законодавства – радянського й незалежних часів, а також великого комплексу накопичених незворотних і небезпечних змін екологічного стану надр.

У цих умовах істотна питома вага мінерально-сировинного комплексу в народному господарстві, геолого-економічна недосконалість оцінок створеного ресурсного потенціалу фонду надр і водночас стратегія на подолання сировинної орієнтації економіки неабияк підсилюють відповідальність за зважену й адекватну політику у сфері параметрів постмаїнінгу провідних ГДР. Кінцевою метою заходів щодо постмаїнінгу розвинених ГДР має бути оптимізація їхнього соціально-економічного розвитку в контексті переважно сталого скорочення обсягів видобування корисних копалин і запобігання небезпечним змінам екологічних параметрів ГС, об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ) та погіршенню безпеки життєдіяльності (БЖД) місцевого населення [3, 8, 9, 11].

Беручи вищенаведене до уваги, можна дійти висновку, що подальший розвиток ГПК України є можливим на базі пришвидшеного впровадження засад і зростання вимог постмаїнінгу до надрокористування. Водночас держава, її геологічна служба лише в окремих, зумовлених стратегічними інтересами випадках, може фінансувати зняття шахт і кар'єрів з експлуатації або повне підготування родовищ до експлуатації зі всіма пов'язаними із цим ризиками.

За оцінками фахівців (проф. В. С. Міщенко, проф. Г. І. Рудько, проф. М. А. Фесик, проф. М. М. Коржнев та ін.) в Україні ще дається взнаки недосконалість ринкових підходів до освоєння мінерально-сировинного потенціалу з огляду на виснаженість багатьох родовищ, ускладнення еколого-геологічних умов розвинених ГДР, зростання вимог постмаїнінгу (відновлення й соціально-екологічна стабілізація), зокрема бракує націленості на підготування інвестиційно привабливих об'єктів [7, 10, 12, 14].

Загалом еколого-техногенні та геолого-економічні механізми постмаїнінгу розвинених ГДР України в структурі геологорозвідувальної галузі та надрокористування є недостатньо розвиненими, зокрема й унаслідок хронічного фінансового дефіциту. Вкрай потрібно чіткіше визначити функції Державної служби геології та надр України в проблемі постмаїнінгу старих гірничодобувних районів (Донбас, Кривбас, Карпатський, Центрально-Придніпровський регіони та ін.), забезпечити перехід на програмні науково-методичні засади проведення геологічного довживлення надр, удосконалення й збільшення комплексності моніторингу екологічного стану геологічного середовища, наукового обґрунтування гранично допустимих змін надр у складі техногенно-геологічних систем (ТГС) “гірничодобувний комплекс – геологічне середовище” [3, 11, 12, 14, 15].

Врахування впливу еколого-техногенних наслідків видобутку мінеральної сировини на структуру заходів постмаїнінгу в гірничодобувних районах України

За екологічним станом всі гірничодобувні райони України можна поділити на три групи: 1 – часткового, 2 – істотного, 3 – критичного погіршення довкілля (табл. 1).

До гірничодобувних районів з частково погіршенням станом екологічних параметрів довкілля належать ті, де еколо-

Таблиця 1. Класифікація гірничодобувних районів за регіональним екологічним станом довкілля в зонах впливу

Гірничодобувні райони (ГДР)	Регіональний екологічний стан довкілля в зоні впливу ГДР		
	Частково погіршений	Істотно погіршений	Критичний
Донецький			X
Львівсько-Волинський		X	
Східний нафтогазопромисловий	X		
Чорноморсько-Азовський	X		
Криворізький			X
Передкарпатський		X	
Центральноукраїнський урановорудний		X	
Кременчуцький залізорудний	X		
Білозерський залізорудний		X	
Закарпатський	X		
Олександрійський буровугільний	X		
Микитівський ртутнорудний		X	
Нікопольський марганцеворудний		X	
Житомирський нерудної сировини й титану		X	
Черкаський нерудної сировини	X		
Розосереджені на Поліссі об'єкти з видобутку бурштину, піщано-гравійних сумішей, торфу		X	

гічні загрози для населення й довкілля виникають переважно на обмежених ділянках, мають короткочасний характер. Такими є більшість районів видобутку будівельних матеріалів, окремі – хімічної сировини (у зв'язку з незначними глибинами й площами гірничих робіт), бурого вугілля, а також більшість районів видобутку нафти й газу.

Гірничодобувні регіони і райони з *істотно погіршенням станом довкілля* – це території, де погіршення екопараметрів навколишнього природного середовища має сталий розвиток і на окремих ділянках або об'єктах перевищує нормативи для його складників (геологічного середовища, ґрунтів, поверхневих і підземних вод, повітря, біорізноманіття) у межах зон впливу окремих гірничих підприємств та їхніх комплексів. До цієї групи можуть увійти райони видобутку манганових руд, урану, ртуті й частково залізних руд (Кременчуцька група родовищ, Південно-Білозерська).

Гірничодобувні регіони з *критичним станом довкілля* – це найстаріші та просторово розвинені комплекси переважно підземного способу розробки родовищ, де екологічні проблеми накопичувалися впродовж десятиріч унаслідок використання недосконалих гірничодобувних технологій з незворотними порушеннями екологічно безпечного стану надр на великих площах (тис. км²) і глибинах (до 1,5 км) з одночасним накопиченням на земній поверхні ділянок її просідань і великих обсягів твердих та рідких відходів. У цих умовах будь-який дальший розвиток гірничих робіт або їхнє припинення внаслідок закриття гірничодобувних підприємств з наступним некерованим затопленням може бути поштовхом до надзвичайних ситуацій та екологічних катастроф різних рівнів, зокрема транскордонних. До таких районів в Україні належить Донецький, частково Львівсько-Волинський вугільний та Криворізький залізорудний басейни.

До цієї групи, з огляду на фактичний стан геологічного середовища та його підвищену сейсмічність, наближаються Солотвинський, Калуський, Стебницький соледобувні райони, а також старі нафтогазодобувні райони Передкарпаття з підвищеною загазованістю території [3, 5, 7, 9, 11].

Головними чинниками, які визначають екологічний стан гірничодобувних районів України, є:

1 – порушення геомеханічної та гідрогеофільтраційної рівноваги породного масиву внаслідок ведення гірничих робіт з вилученням великих обсягів мінеральної сировини й підземних вод, формування водопроникних зон техногенної тріщинуватості;

2 – накопичення відходів гірничодобувного й переробного комплексів;

3 – порушення гідрогеологічного режиму території. Всі інші чинники (розвиток небезпечних геологічних процесів, забруднення приземної атмосфери, ґрунтів, підземних і поверхневих вод, скорочення біорізноманіття тощо) здебільшого є похідними від цих трьох [2–5, 10].

Найбільші еколого-техногенні, соціальні та економічні загрози для населення виникають у разі екологічно незбалансованого закриття гірничодобувних підприємств через пришвидшене затоплення гірничих виробок і підняття рівнів підземних вод за межами гірничих відводів з додатковими деформаціями земної поверхні, підсиленням висхідної міграції забруднених мінералізованих вод і вибухонебезпечних та токсичних газів (метан, радон, сірководень та ін.), що пов'язано з порушенням регіональних водотривких (слабопроникних) шарів [2, 4–6, 8, 10, 12, 14]. Водночас у зону активного водообміну можуть потрапляти поверхневі осередки забруднення ґрунтів і ґрунтових вод, які здатні активно

рухатися до річок, джерел і водозаборів та поширювати зону екологічного ризику.

Практичним наслідком цього може бути виведення з ладу поверхневих і підземних систем питного водопостачання, підтоплення та руйнування житлових і промислових об'єктів і комунікацій (зокрема й екологічно небезпечних – нафтогазотрубопроводів, хімічних підприємств тощо), ускладнення умов сільськогосподарської діяльності. Некерований розвиток цих процесів, які здебільшого мають незворотний характер (Донбас, Кривбас, Карпатський регіон та ін.), зокрема й за умови додаткового впливу ускладнювальних чинників збройного конфлікту, глобальних змін клімату тощо, може призвести до екологічної катастрофи, наслідки якої матимуть довгочасний і регіональний (транскордонний) характер.

Базові напрями поліпшення стану довкілля в процесі надкористування було сформульовано в Постанові Кабінету Міністрів від 31 серпня 1999 р. № 1606 “Про концепцію поліпшення екологічного становища гірничодобувних регіонів України”. Але тепер унаслідок зростання ринкових вимог до економічних показників мінеральної сировини й погіршення гірничо-геологічних параметрів більшості розвинених ГДР за умови збільшення впливу затоплених шахт і кар'єрів та виснаження родовищ підвищується ймовірність виникнення великих аварій і катастроф з непередбачуваними для довкілля наслідками [1, 3, 5, 9].

У цих умовах відновлення й екологічна стабілізація навколишнього природного середовища розвинених ГДР на етапі скорочення видобутку мінеральної сировини, зменшення водовідливу й затоплення гірничих виробок потребують науково обґрунтованої “Державної програми реструктуризації ГДР України” на засадах постмайнінгу як основи їхнього дальшого соціального, економічного та екологічно безпечного розвитку.

Загальна характеристика гірничодобувних регіонів України

Більшість корисних копалин в Україні видобувають у межах гірничодобувних районів, які сформувалися за довготривалий період розвитку надкористування і мають свою специфіку формування ТГС, що пов'язана з видобутком і переробленням переважно одного різновиду мінеральної сировини (рис. 1).

Вугілля видобувається в трьох великих басейнах – Донбасі, Львівсько-Волинському басейні (кам'яне вугілля) і Дніпробасі (буре вугілля – Олександрійський район, нині видобуток зупинено). Найкритичніший стан довкілля склався на Донбасі внаслідок пришвидшеного зняття шахт з експлуатації та впливу чинників збройного конфлікту (порушення енергопостачання, скорочення пунктів екологічного моніторингу тощо). Менш складна екологічна ситуація спостерігається у Львівсько-Волинському басейні. Порівняно меншої шкоди зазнало довкілля в процесі розробки бурого вугілля на Дніпробасі внаслідок розосередження родовищ, їхніх незначних розмірів і глибин залягання.

Залізні руди в Україні видобувають у Криворізькому басейні та на Кременчуцькому й Білозерському родовищах, манганові – на Нікопольському родовищі. Найскладніший екологічний стан довкілля має Кривбас, інші регіони видобутку характеризуються менш значними масштабами техногенного впливу на довкілля й геологічне середовище, що спрощує заходи з їхньої реабілітації на етапі постмайнінгу.

Вуглеводневу сировину видобувають переважно в межах трьох великих нафтогазових регіонів: Передкарпатського,

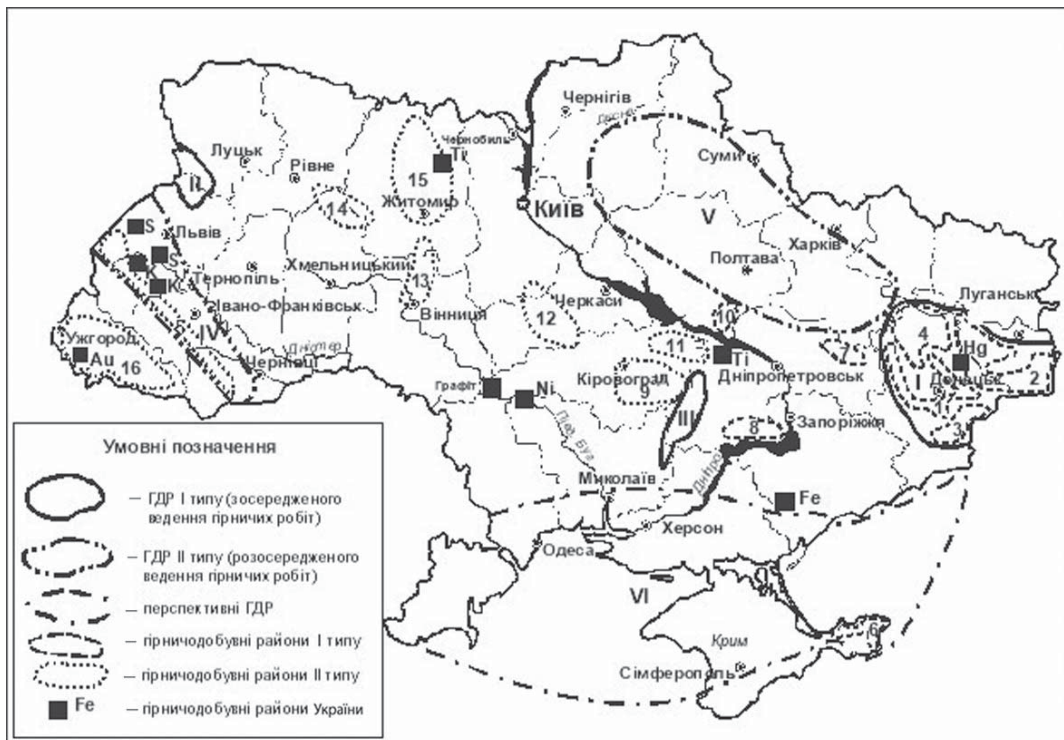


Рис. 1. Схема розміщення основних гірничодобувних регіонів (ГДР), районів і об'єктів у межах України

Східного нафтогазопромислового (Дніпровсько-Донецька западина) і Чорноморсько-Азовського, де експлуатується близько 200 нафтових, газових і газоконденсатних родовищ і 13 газосховищ, які мають обмежені порушення ГС. Чорноморсько-Азовський регіон є перспективним, його освоєння тільки починається.

Розроблення родовищ самородної сірки, калійної і кам'яної солей, розміщених у межах Карпатського регіону, зупинили впродовж 1990-х – на початку 2000-х років з використанням обмеженого комплексу еколого-стабілізаційних заходів. Унаслідок цього площі гірничого відводу й прилеглі території міст і селищ уражені небезпечними екзогенними геологічними процесами (НЕГП): карстово-провальними, зсувними, ерозійними, критичними осіданнями денної поверхні тощо.

Таблиця 2. Класифікація гірничодобувних районів України за критеріями еколого-техногенних змін основних складників довкілля на початок постмайнінгу*

Гірничодобувні райони	Основні складники довкілля					
	Надра	Ґрунти	Підземні води	Поверхневі води	Біорізноманіття	Приземна атмосфера
Донецький	5	5-4	4-3	4-3	3-2	3-2
Львівсько-Волинський	4	3-2	2	2	2-1	1
Східний нафтогазопромисловий	3-2	2-1	2-1	2-1	1	1
Чорноморсько-Азовський	2-1	(донні відклади) 2-1	1	2-1	2	1
Криворізький	5	5-4	4-3	4-3	3	4-3
Передкарпатський		2-3				
Центральноукраїнський уранорудний	3-2	2	2	2-1	2-1	2-1
Кременчуцький залізорудний	2	2	2	1	1	1
Білозерський залізорудний	3-2	2-1	2	1	1	1
Карпатський	4-3	2-1	3-2	2-1	2-1	1
Олександрійський буровугільний	2	2	2	2	2	1
Микитівський ртутнорудний	4	3	3	2	2	2
Нікопольський марганцеворудний	3	3	2	2	2	2

* Шкала критеріальних оцінок еколого-техногенних змін (у %) основних складників довкілля на початок постмайнінгу (у балах): 1 – початкові (до 10 %); 2 – істотні (11–20 %); 3 – значні (21–40 %); 4 – критичні (41–80 %); 5 – катастрофічні (понад 80 %).

гірничодобувний регіон Донбасу (Донецький кам'яновугільний басейн) разом із Західно-Донецьким кам'яновугільним районом, який охоплює площу до 15 000 км² у межах трьох областей – Луганської, Донецької, Дніпропетровської і формує одну з найбільших техногенно-геологічних систем. Висока концентрація гірничих, переробних та інших підприємств зумовлює значні порушення геологічного середовища та їхній визначальний вплив на погіршення екологічних умов регіону. За час історичного розвитку Донбасу було збудовано приблизно 970 шахт, з яких нині експлуатують близько 217 з максимальною глибиною до 1450 м [4–6, 8, 16].

Основними чинниками техногенних змін довкілля є:

- хімічне забруднення ландшафтів;
- істотне зниження рівнів підземних вод, підроблення поверхневих водоймищ (до 600 випадків з різним рівнем перехоплення поверхневого стоку);
- скидання у річкову систему високомінералізованих агресивних шахтних вод;
- пришвидшення екзогенних геологічних процесів (зсуви, карст, підтоплення), розвиток просідань денної поверхні з ускладненням інженерно-геологічного стану житлових і промислових об'єктів;
- зниження інженерно-сейсмологічної стійкості породних масивів під впливом зростання рухомості порід у зонах їхнього підроблення гірничими виробками, прояв гідромеханічних поштовхів тощо;
- створення великої кількості териконів, які є також джерелом забруднення водних ресурсів, ґрунтів і приземного повітря;
- вихід з ладу водозаборів підземних вод унаслідок погіршення умов їхнього формування та якості [3–6, 11].

Найдинамічніші зміни геологічного середовища Донбасу пов'язані зі значними припливами підземних вод у гірничі виробки, загальний об'єм яких у разі максимального розвитку гірничодобувних робіт становив близько 25,0 м³/с (1990 р.) з природними ресурсами близько 12,0 м³/с, що свідчило про активне дренування поверхневих водних джерел і гідравлічний взаємозв'язок шахт між собою [5, 6, 10, 12]. Із середньою солоністю вод близько 3,6 г/дм³ це зумовлювало солевинесення на рівні 2,7 млн т/рік, що істотно забруднювало поверхневі водні ресурси басейнів річок Сіверський Донець, Кальміус та ін. Станом на 2019 р. вищезазначені показники зменшилися в 3–4 рази, але водно-екологічна ситуація не поліпшилася внаслідок погіршення очищення стічних вод, розвитку ділянок підтоплення промислових майданчиків, територій ПМА, полігонів відходів тощо.

На активізацію техногенних змін довкілля Донбасу впливають підробки гірничими виробками 129 річок і балок та 26 водосховищ (> 683 випадки), а також суцільні просідання денної поверхні на площі до 8000 км², у зоні впливу яких розміщується до 1000 різних промислових об'єктів [2, 12, 13].

Істотне ускладнення процесу закриття шахт спричиняє наявність до 250 раніше затоплених і напівзатоплених шахт, гідравлічно пов'язаних з робочими. За наявною оцінкою, загальний об'єм гірничих виробок цих шахт перевищує 2,3 км³ і вміщує до 1,6 км³ води, що може великою мірою пришвидшити регіональну активізацію підтоплення територій міст і селищ, міграції забруднень у поверхневі й підземні водозабори та річкову мережу, а також підвищити небезпеку аварійних проривів води в робочі шахти [1, 9, 11, 13, 15, 16].

Аналіз свідчить, що відновлення історичної поверхні підземних вод у разі закриття й автореабілітаційного затоплення шахт, так званим способом мокрої консервації, є головним чинником довгострокового (на десятки років) перетворення

еколого-техногенного стану геологічного середовища й довкілля загалом [9, 12, 13].

Додатково вищенаведені оцінки дають змогу дійти висновку, що перетворення екологічних параметрів ПТГС “гірничодобувний комплекс – навколишнє природне середовище” за умови сучасного автореабілітаційного затоплення шахт і кар'єрів ГДР України (Донбас, Карпатський соледобувний комплекс тощо) має велику складність і невизначеність у разі впровадження заходів постмаїнінгу [3, 7–10]. Переважно це зумовлене тим, що площі підняття рівнів підземних вод у 5–10 разів і більше перевищують площі гірничих робіт, що підсилює динаміку переформування рівнів і хімічного складу підземних вод, напруженого стану порід і деформацій земної поверхні.

Найтипівішими небезпечними екологічними наслідками цих процесів є такі:

- 1) підтоплення й затоплення великих територій, зокрема й промислово-міських агломерацій;
- 2) зниження міцності порід, додаткові зрушення підроблених породних масивів, прояв гідромеханічних поштовхів;
- 3) ускладнення гірничо-геологічних умов на робочих шахтах унаслідок збільшення водоприпливів, надходження вибухонебезпечних і токсичних газів, деформаційних явищ у породному масиві;
- 4) пришвидшення водної й повітряної міграції забруднення в зонах підтоплення й затоплення з подальшим збільшенням ризику погіршення умов експлуатації поверхневих і підземних водозаборів та забруднення водозбірних ландшафтів;
- 5) зниження інженерно-сейсмологічної стійкості породних масивів і окремих геологічних структур, можливість техногенної активізації локальної сейсмічної активності [2, 9, 11, 13].

У сучасних умовах соціально-економічної та еколого-техногенної реструктуризації надрокористування в розвинених ГДР найбільші загрози безпеці життєдіяльності значної частини населення України (до 25 % її території) виникають у разі закриття гірничодобувних підприємств без достатнього комплексу захисних та еколого-стабілізуючих заходів. Зважаючи на складну просторово-часову структуру чинників змін геологічного середовища розвинених (старих) ГДР України, ми обґрунтували шкалу екологічного впливу початкової фази їхнього постмаїнінгу на стан життєзабезпечувальних складників довкілля (літосфери, гідросфери і ін.) (див. табл. 2).

У найбільшому за площею й глибинами гірничодобувних робіт регіоні Донбасу екологічно критичним наслідком автореабілітаційного затоплення шахт можна запобігти завдяки створенню насосно-гідравлічної системи з утримання рівнів підземних вод на глибинах, нижчих від регіонально проникної кори вивітрювання вугленосних порід (за досвідом держав ЄС – 250–350 м). Такий підхід унеможливило активне латеральне розтікання забруднених і мінералізованих шахтних вод та їхнє перетікання у вищі прісноводні горизонти й поверхневі водотоки.

Водночас у більшості ГДР також відбувається підняття рівнів підземних вод за межами гірничих відводів, додаткове просідання поверхні, підсилення міграції забруднених мінералізованих вод до підземних і поверхневих джерел водопостачання та вибухонебезпечних і токсичних газів до житлової й промислової забудови, що переважно пов'язано з тектонічними та техногенними порушеннями водотривких шарів (рис. 2) [1, 2, 8, 9, 13, 15, 16].

Практичним наслідком цього може бути виведення з ладу поверхневих і підземних систем питного водопостачання, підтоплення та руйнування житлових і промислових об'єктів і комунікацій (зокрема й екологічно небезпечних – нафто-

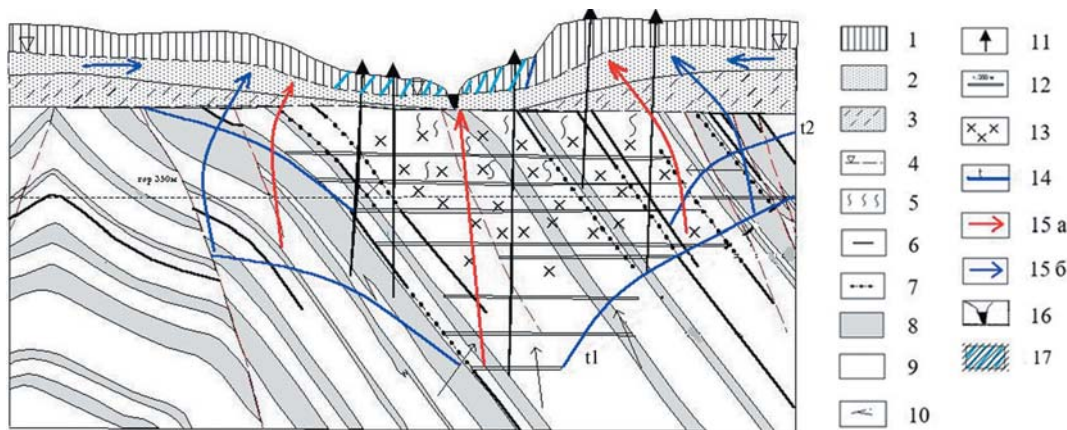


Рис. 2. Принципова гідрогеофільтраційна схема затоплення вугільної шахти Донбасу

Умовні позначення

1 – зона низхідної ненасиченої фільтрації (зона аерації); 2 – зона поширення ґрунтових вод; 3 – слабопроникні породи підосви ґрунтового водоносного горизонту; 4 – рівень ґрунтового водоносного горизонту; 5 – зона розвитку регіональної водопроникної тріщинуватості в покривній частині вугленосних порід (область латеральної фільтрації); 6 – вугільні пласти; 7 – відроблені вугільні пласти;

8 – пісковики; 9 – алевроліти; 10 – тектонічні порушення; 11 – наземні шахтні споруди; 12 – підземні гірничі виробки; 13 – зони техногенної тріщинуватості; 14 – рівень підземних вод глибоких горизонтів під час затоплення шахти на різні періоди часу (t); 15a – напрямки руху підземних вод під час затоплення шахт (радіальні та латеральні потоки); 16 – річкове русло (регіональна дрена підземних вод); 17 – ділянки підтоплення й активного осідання поверхні

газопроводів, хімічних підприємств тощо), ускладнення умов сільськогосподарської діяльності. Некерований розвиток цих процесів, які здебільшого мають незворотний характер, наприклад на Донбасі та в Карпатському регіоні, вже створив зони критичних екологічних трансграничних ситуацій (басейни рр. Тиса, Сіверський Донець, Дністер та ін.), наслідки яких матимуть довгочасний характер [3, 5, 8, 12].

Зважаючи на вищенаведені порівняльні характеристики регіонального впливу на геологічне середовище розробки різних видів мінеральної сировини в провідних гірничодобувних районах, ми розробили “Принципову гідрогеофільтраційну схему затоплення вугільної шахти Донбасу” (рис. 2) та “Схему переходу техногенно-геологічної системи

„гірничодобувний комплекс–геологічне середовище“ у фазу постмайнінгу” (рис. 3).

Вищенаведені оцінки свідчать, що порушення рівноважного геомеханічного стану надр, рівневого й гідрогеохімічного режиму підземних вод і деформації земної поверхні є головними чинниками розвитку потенційних еколого-техногенних загроз постмайнінгу за схемою автореабілітаційного затоплення (мокрої консервації).

Можливість підвищення безпеки життєдіяльності на етапі постмайнінгу

Загалом результати аналізу еколого-техногенного стану розвинених (старих) гірничодобувних районів України, з

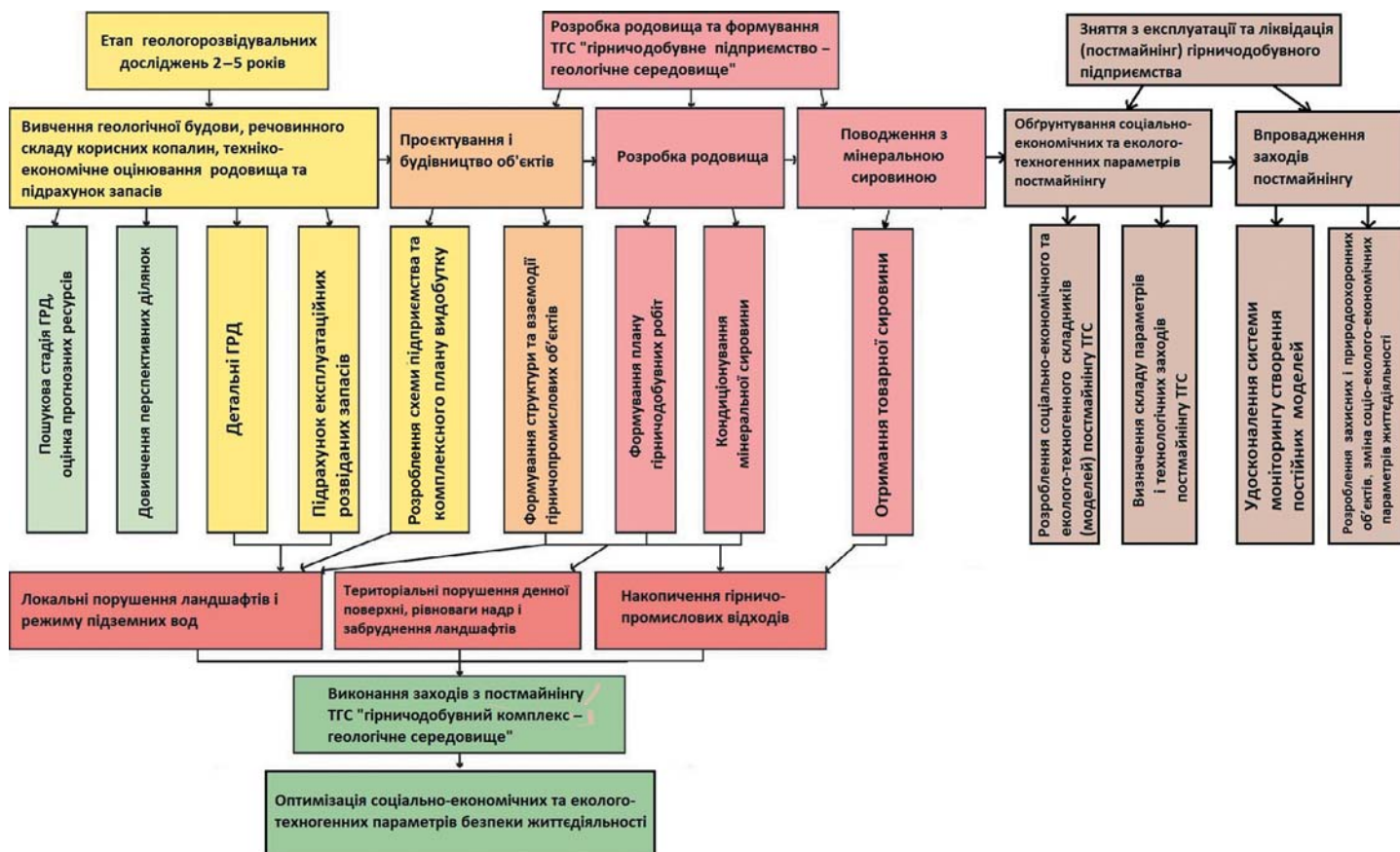


Рис. 3. Структурна схема формування методичних засад постмайнінгу під час екологічно сталого освоєння родовищ мінеральної сировини

огляду на досягнуті ними до переходу у фазу постмаїнінгу критичні техніко-економічні параметри природноресурсного потенціалу, дають змогу дійти висновку про можливість часткового втілення відповідних заходів щодо підвищення безпеки життєдіяльності.

Це пов'язано переважно з незворотним порушенням рівноваги геологічного середовища (надр) унаслідок вилучення великих обсягів рудопородних мас з обрушенням вмщувальних і покривних порід. У цьому плані, на нашу думку, показовим є порівняння рівнів відновлення еколого-захисних функцій геологічного середовища Зони відчуження ЧАЕС і зони впливу затоплення шахт Центрального району Донбасу (табл. 3, рис. 2). Як видно з табл. 3, екологічний стан геологічного середовища в складі будь-якої ПТГС є визначальним

параметром відновлення природноресурсного потенціалу й формування безпеки життєдіяльності.

Зважаючи на вищенаведене, а також можливість переважання схеми мокрої консервації під час реструктуризації більшості ГДР України, ми провели експертну оцінку можливого рівня їхньої еколого-техногенної реабілітації (табл. 4).

Висновки. Із вищенаведених оцінок випливає, що комплекс як еколого-техногенних, так і соціально-економічних заходів постмаїнінгу в більшості ГДР України може мати частковий характер, з огляду на незворотність багатьох змін екологічних параметрів геологічного середовища, що відбулися або перебувають у стадії активного розвитку [4–6, 7, 9]. Водночас унаслідок комплексних порушень рівноваги надр під час вилучення великих обсягів руднопородної сировини й створення “дефіци-

Таблиця 3. Зіставлення небезпечних техногенних змін екологічного стану геологічного середовища зони впливу Чорнобильської АЕС та території масового закриття шахт на Донбасі

Різновиди змін екологічного стану геологічного середовища	Чинники техногенного впливу на геологічне середовище		Заходи щодо запобігання або зменшення небезпечних змін геологічного середовища
	Зона аварійного впливу Чорнобильської АЕС	Зона впливу масового закриття шахт на Донбасі	
1. Ландшафтно-геохімічне забруднення	Автораєабілітаційне очищення (до 90 % – до 2035)	Незворотне регіональне забруднення ґрунтів і донних відкладів	Моніторинг геохімічного стану ґрунтів (донних відкладів): ділянок артобстрілів
2. Літосферні: порушення геомеханічної рівноваги	Немає змін верхньої зони ГС	Руйнівні осідання денної поверхні	Моніторинг зон деформації поверхні
3. Гідрологічні: регіональне забруднення поверхневого стоку	Короткочасне радіонуклідне забруднення поверхневого стоку	Регіональне стійке забруднення поверхневого стоку	Розширення моніторингу поверхневого стоку вод
4. Гідрогеологічні: небезпечне забруднення та виснаження підземних вод	Слідові надходження радіонуклідів в ґрунтові горизонти	Регіональне забруднення та виснаження підземних вод	Обстеження групових підземних водозаборів і поодиноких свердловин
5. Газогеохімічні: забруднення приземного шару атмосфери	Короткочасне забруднення радіонуклідами й аерозолями	Дедалі більше забруднення приземної атмосфери	Газогеохімічне обстеження територій і великих тектонічних зон
6. Інженерно-геологічні: порушення рівноваги та міцності порід підґрунтя	Майже немає змін інженерно-геологічних умов	Регіональне порушення цілісності породного масиву	Відновлення моніторингу НЕГП промислової і житлової забудов
7. Сейсмо-інженерно-геологічні	Сейсмо-інженерно-геологічні умови стабільні	Зниження інженерно-геологічної стійкості (техногенні землетруси під час затоплення шахт)	Створення мережі сейсмогеофізичних спостережень у місцях затоплення шахт

Таблиця 4. Оцінка еколого-техногенного потенціалу постмаїнінгу ГДР України за схемою мокрої консервації

№ з/п	Назва гірничодобувних районів	Сучасна динаміка мокрої консервації	Керування підняттям рівня підземних вод	Можливість зменшення небезпечних екологічних змін геологічного середовища						Створення техніко-культурної спадщини
				Деформації земної поверхні	Виділення вибухонебезпечного метану	Забруднення вод		Розвиток техногенних землетрусів	Створення ГАЕС, ВЕС, СЕС	
Підземних	Поверхневих									
1	Донбас	Регіональна	Обмежене	Немає	Немає	Обмежена	Обмежена	Немає	Обмежена	Обмежена
2	Західний Донбас	Локальна	Виробниче	Обмежена	Немає	Обмежена	Обмежена	Немає	Обмежена	Обмежена
3	Львівсько-Волинський басейн	Локальна	Виробниче	Обмежена	Немає	Обмежена	Обмежена	Немає	Обмежена	Обмежена
4	Буровугільний басейн	Регіональна	Немає (затоплення)	Немає	Немає	Немає	Немає	Обмежена	Немає	Немає
5	Кривбас	Локальна	Виробниче	Обмежена	Вибухо-небезпечний метан не виділяється	Немає	Немає	Немає	Обмежена	Обмежена
6	Кременчуцький ЗРР	Локальна	Виробниче	Обмежена		Немає	Немає	Немає	Обмежена	Немає
7	Південно-Білозерський ЗРР	Локальна	Виробниче	Майже повна		Скидання шахтних вод за межі зони впливу		Обмежена	Значна	Обмежена
8	Уранорудний район	Локальна	Виробниче	Майже повна		Обмежена	Обмежена	Обмежена	Обмежена	Обмежена
9	Карпатський соледобувний комплекс	Регіональна	Немає (затоплення)	Немає	Немає	Немає	Немає	Немає	Немає	Обмежена
10	Донецький соледобувний комплекс	Локальна	Виробниче	Обмежена	Немає	Немає	Немає	Немає	Немає	Обмежена

ту маси” у верхній зоні літосфери майже в усіх розвинених ГДР на стадії постмайнінгу втрачається більша частина екологічних функцій геологічного середовища (ландшафтно-геохімічних, водно-екологічних, інженерно-геологічних тощо).

Отже, головними завданнями впровадження окремих заходів постмайнінгу, спрямованих на підвищення безпеки життєдіяльності місцевого населення в гірничодобувних районах України, можуть бути такі:

- 1) удосконалення прогнозування змін основних життєзабезпечувальних складників довкілля (грунтів, гідросфери, надр та ін.);
- 2) випереджальне розроблення компенсаційної моделі сталого соціально-економічного та еколого-техногенного розвитку гірничодобувних районів України з огляду на до-свід реструктуризації гірничих комплексів у державах ЄС (Німеччина, Англія тощо);
- 3) удосконалення структури моніторингу на основі розширення комплексу оцінювальних параметрів, впровадження математичних моделей ТГС гірничодобувних районів, використання технологій ГС і ДЗЗ (інтерферометрія, спектрометрія тощо);
- 4) наукове обґрунтування гранично допустимих змін екологічних параметрів складників довкілля й довгострокової безпеки життєдіяльності;
- 5) забезпечення стійкої експлуатації об'єктів критичної інфраструктури (комплексів енерго-водо-теплопостачання, транспортних мереж тощо);
- 6) збільшення використання ресурсів прісних підземних вод як захищеного від техногенного забруднення джерела питно-господарського водопостачання;
- 7) визначення ділянок сільгоспугідь, геохімічно безпечних для отримання сільськогосподарської продукції.

Загалом етап формування засад і розвитку політики постмайнінгу для економіки і переважної частини населення України є стратегічним науково-технологічним і соціально-економічним завданням реструктуризації розвинених ГДР України, зважаючи на провідну роль мінерально-сировинного складника у формуванні ВВП і забезпеченні ресурсоенергетичної безпеки держави.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гавриленко Ю. Н., Ермаков В. Н., Улицкий О. А. и др. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины. – Донецк: Норд-Пресс, 2014. – 631 с.
2. Гребенкин С. С., Ермаков В. Н., Улицкий О. А. и др. Геомеханические и технологические проблемы закрытия шахт Донбасса. – Донецк: ДонНТУ, 2002. – 264 с.
3. Довгий С. О., Коржнев М. М., Трофимчук О. М. та ін. Екологічні ризики, збитки та раціональні межі використання надр в Україні. – Київ: Ніка, 2012. – 316 с.
4. Люта Н. Г. Екологічний стан довкілля та європейські перспективи України//Мінеральні ресурси України. – 2011. – № 1. – С. 6–11.
5. Лютий Г. Г., Різник Т. О. Оцінки впливу вугільних підприємств на річковий стік по території Донбасу//Зб. наукових праць УкрДГРІ. – 2006. – № 1. – С. 96–101.
6. Різник Т. О., Беседа М. І., Поліновський В. В. та ін. Звіт з НДР “Створення комп'ютерної бази фактографічних і картографічних даних для оцінки впливу гірничодобувних робіт на геологічне середовище Донбасу”. – Київ: Держкомгеології України, УкрДГРІ, 2005. – 251 с.
7. Рудько Г. І. Ресурси геологічного середовища та екологічна безпека техноприродних геосистем. Монографія. – Київ: ЗАТ “Нічлава”, 2006. – 464 с.
8. Рудько Г. І., Бондар О. І., Яковлев Є. О. та ін. Екологічна безпека вугільних родовищ України. – Київ: БукРек, 2016. – 608 с.
9. Рудько Г. І., Яковлев Є. О. Регіональні техногенні зміни еколого-геодинамічних умов розробки залізрудних родовищ Кривбасу//Мінеральні ресурси України. – 2018. – № 2. – С. 43–50.
10. Удалов И. В. Трансформация геологической среды под влиянием техногенных процессов (в условиях северо-восточного Донбасса). – Харьков: ХНУ им. Каразина, 2016. – 176 с.

11. Яковлев Є. О. Асиміляційний потенціал геологічного середовища гірничодобувних регіонів України як провідний показник екологічних проблем надкористування//Мінеральні ресурси України. – 2015. – № 4. – С. 37–43.

12. Яковлев Є. О. Критичні зміни екологічного стану надр Донбасу//Мінеральні ресурси України. – 2017. – № 3. – С. 34–39.

13. Яковлев Є. О. Теоретичні основи оцінки часу затоплення шахт і кар'єрів//Мінеральні ресурси України. – 2010. – № 2. – С. 35–39.

14. Yakovlev Ye., Chumachenko S. Ecological Threats in Donbas, Ukraine. Assessment of ecological hazards in Donbas impacted by the armed conflict in eastern Ukraine. 2017, Centre for Humanitarian Dialogue (Switzerland). – 60 p.

15. Risk Assessment Report of Advisory Mission to Ukraine “Solotvyno salt mine area”. Union Civil Protection Mechanism of EU. October 2016. – 134 p.

16. Kretschmann Ju., Melchers Ch. Done for good. Challenges of Post-Mining. TH Georg Agricola, Bohum, 2015. – 173 p.

REFERENCES

1. Gavrilenko Ju. N., Ermakov V. N., Ulickij O. A. et al. Man-caused consequences of the coal mines closure in Ukraine. – Doneck: Nord-Press, 2014. – 631 p. (In Russian).
2. Grebenkin S. S., Ermakov V. N., Ulickij O. A. et al. Geomechanical and technological problems of mines closing of f Donbass. – Doneck: DonNTU, 2002. – 264 p. (In Russian).
3. Dovhyi S. O., Korzhnev M. M., Trofymchuk O. M. et al. Environmental risks, losses and rational limits of mineral resources use in Ukraine. – Kyiv: Nika, 2012. – 316 p. (In Ukrainian).
4. Liuta N. H. Ecological state of the environment and European prospects of Ukraine//Mineralni resursy Ukrainy. – 2011. – № 1. – P. 6–11. (In Ukrainian).
5. Liutyi H. H., Riznyk T. O. Estimates of the coal enterprises impact on river runoff in the Donbass//Zb. naukovykh prats UkrDHRI. – 2006. – № 1. – P. 96–101. (In Ukrainian).
6. Riznyk T. O., Beseda M. I., Polinovskiy V. V. et al. Scientific report “Creation of a computer database of factual and cartographic data to assess the impact of mining operations on the geological environment of Donbass”. – Kyiv: Derzhkomheolohii Ukrainy, UkrDHRI, 2005. – 251 p. (In Ukrainian).
7. Rudko H. I. Geological resources and ecological safety of technonatural geosystems. – Kyiv: ZAT “Nichlava”, 2006. – 464 p. (In Ukrainian).
8. Rudko H. I., Bondar O. I., Yakovlev Ye. O. et al. Ecological safety of coal deposits of Ukraine. – Kyiv: BukRek, 2016. – 608 p. (In Ukrainian).
9. Rudko H. I., Yakovlev Ye. O. Regional technogenic changes of ecological and geodynamic conditions of iron ore deposits development of Kryvbas//Mineralni resursy Ukrainy. – 2018. – № 2. – P. 43–50. (In Ukrainian).
10. Udalov I. V. Transformation of the geological environment under the influence of man-made processes (in the conditions of the north-eastern Donbass). – Kharkiv: KhNU im. Karazina, 2016. – 176 p. (In Russian).
11. Yakovlev Ye. O. Assimilation potential of the geological environment of mining regions of Ukraine as a leading indicator of mineral resources use environmental problems//Mineralni resursy Ukrainy. – 2015. – № 4. – P. 37–43. (In Ukrainian).
12. Yakovlev Ye. O. Critical changes in the ecological state of the geological environment of Donbass//Mineralni resursy Ukrainy. – 2017. – № 3. – P. 34–39. (In Ukrainian).
13. Yakovlev Ye. O. Theoretical bases for estimating the time of mines and quarries flooding//Mineralni resursy Ukrainy. – 2010. – № 2. – P. 35–39. (In Ukrainian).
14. Yakovlev Ye., Chumachenko S. Ecological Threats in Donbas, Ukraine. Assessment of ecological hazards in Donbas impacted by the armed conflict in eastern Ukraine. 2017, Centre for Humanitarian Dialogue (Switzerland). – 60 p.
15. Risk Assessment Report of Advisory Mission to Ukraine “Solotvyno salt mine area”. Union Civil Protection Mechanism of EU. October 2016. – 134 p.
16. Kretschmann Ju., Melchers Ch. Done for good. Challenges of Post-Mining. TH Georg Agricola, Bohum, 2015. – 173 p.

Рукопис отримано 3.08.2020.

УДК 622.817.47:622.411.332

 <https://doi.org/10.31996/mru.2020.3.45-49>

М. І. АНТОЩЕНКО, д-р техн. наук, професор кафедри гірництва (Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля), antoschenko@snu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0001-8901-8263>,

В. Ю. ТАРАСОВ, канд. техн. наук, доцент кафедри хімії та охорони праці (Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля), vatarasov81@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3614-0913>,

О. І. ЗАХАРОВА, канд. хім. наук, доцент кафедри хімії та охорони праці (Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля), rubej10@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3400-411X>,

Є. І. ЗУБЦОВ, канд. техн. наук, доцент кафедри хімічної інженерії та екології (Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля), minninn707@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4697-1975>

М. ANTOSHCHENKO, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Mining (Volodymyr Dahl East Ukrainian National University), antoschenko@snu.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0001-8901-8263>,

V. TARASOV, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Industrial Safety Measures (Volodymyr Dahl East Ukrainian National University), vatarasov81@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3614-0913>,

O. ZAKHAROVA, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of chemistry and industrial safety measures (Volodymyr Dahl East Ukrainian National University), rubej10@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3400-411X>,

Ye. ZUBTSOV, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of chemical engineering and ecology (Volodymyr Dahl East Ukrainian National University), minninn707@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4697-1975>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІТРИНІТОВОГО І ФЮЗИНІТОВОГО ВУГІЛЛЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ГЕОЛОГІЧНИХ ЯВИЩ У ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТАХ

ИССЛЕДОВАНИЯ ВИТРИНИТОВЫХ И ФЮЗИНИТОВЫХ УГЛЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ

RESEARCH OF VITRINITE AND FUSINITE COALS FOR PREDICTING GEOLOGICAL HAZARDS IN COAL SEAMS

(Матеріал друкується мовою оригіналу)

Безпека ведення гірничих робіт у вугільних шахтах України регламентується низкою нормативних документів, які ґрунтуються на генетичних класифікаційних показниках вугілля. Одним з вирішальних чинників поділу вугілля за технологічними властивостями є їх зарахування до вітринітових або фюзинітових, що не враховує нормативна база під час визначення небезпечних властивостей шахтопластів. Мета роботи: обґрунтувати доцільність поділу природних копалин вугілля на вітринітове і фюзинітове для виявлення небезпечних властивостей шахтопластів під час проведення гірничих робіт. Методика включає розгляд змін умовних індексів в загальному ряді їхнього ранжування згідно з ДСТУ 25543-2013 окремо для класифікаційних показників вітринітового і фюзинітового вугілля, а також для груп вугілля, не зарахованих до досліджуваних різновидів. Аналіз зміни індексів у рядах ранжування класифікаційних показників дасть змогу виявити відмінні або об'єднувальні особливості побудови цих рядів і дати пропозиції щодо вдосконалення нормативних документів ведення гірничих робіт. Проведено оцінку відмінних властивостей вугілля, які набуває вугілля внаслідок метаморфічних перетворень. Визначено, що кореляційні показники (R^2) зв'язку між умовними індексами рядів з ранжування R_0 , V_{daf} і y з умовними індексами загального ряду ранжування за марочною належністю вугілля майже не відрізняються між собою. За показником R_0 значення R_2 для вітринітового і фюзинітового вугілля становили 0,9114 і 0,9221 відповідно. Аналогічні результати отримано для показника V_{daf} , з якого неможливо визначити відмінності за ступенем метаморфічних перетворень між вітринітовим і фюзинітовим вугіллям. Характерні значення показника y також не дають змоги визначити спрямованість зміни властивостей вугілля через великий розкид значень, що рекомендуються до використання під час складання рядів ранжування. Виявлено характер зміни класифікаційних показників промислової класифікації вугілля для визначення небезпечних властивостей шахтопластів під час проведення гірничих робіт. Показана можливість удосконалення нормативної бази безпечного відпрацювання шахтопластів шляхом встановлення відмінностей у властивостях вітринітового і фюзинітового вугілля.

Ключові слова: вугілля, стадії метаморфізму, ендегенна пожежа, самозаймання, геолого-генетичні чинники.

To establish the necessity of dividing fossil coals into vitrinitic and fusinitic varieties in order to identify the hazardous properties of coal seams during mining.

Methodology. The study of changes in conditional indices in the general ranking series was carried out according to DSTU 25543-2013 separately for the classification indicators of vitrinite and fusinite coals, as well as coal groups not assigned to the considered varieties. Changes in indices in the ranks of classification indicators allow us to identify the distinctive or unifying features of the construction of these series and provide suggestions for improving the regulatory documents of mining operations.

Outcome. The safety of mining in Ukrainian coal mines is regulated by a number of regulatory documents that are based on genetic classification indicators of coal. One of the decisive factors of dividing coals by technological properties is their classification as vitrinitic or fusinitic, which is not taken into account by the regulatory framework when establishing the hazardous properties of coal seams.

The analysis of distinctive properties acquired in the process of metamorphic transformations between vitrinite and fusinite coals has been carried out. It is established that the correlation indices (R^2) of the relationship between conditional indexes of R_0 , V_{daf} and y ranking series with the conditional indices of the general ranking series by brand of coal are practically the same. In terms of R_0 , the values of R_2 for vitrinitic and fusinite coals were 0,9114

and 0,9221, respectively. Similar results were obtained for the V_{daf} indicator, according to which it is impossible to establish differences in the degree of metamorphic transformations between vitrinite and fusinite coals. The characterizing values of the y indicator do not make it possible to establish the direction of change in the properties of coal. The used values of this indicator have a large scatter in the compilation of coal ranking.

Scientific novelty. The nature of change in the classification indicators of industrial classification of coal for identifying the hazardous properties of coal seams in mining operations has been identified.

Practical relevance. The possibility of improving the regulatory framework for safe mining of coal seams by establishing differences in the properties of vitrinite and fusinite coals.

Keywords: coal, metamorphism, endogenous fire, spontaneous combustion, geological and genetic factors.

Постановка проблеми. Метаморфические преобразования ископаемых углей во многом определяют проявление опасных свойств шахтопластов при ведении горных работ. К ним относятся повышенное газовыделение, внезапные выбросы угля и газа, склонность к самовозгоранию и пылеобразующей способности, взрывчатость угольной пыли и другие свойства, обуславливающие аварии в подземных условиях с трагическими последствиями, в том числе и гибелью людей [1]. На протяжении многих лет такие аварии, к большому сожалению, периодически повторяются в угольных шахтах.

Безопасность ведения горных работ в угольных шахтах Украины регламентируется рядом нормативных документов [2–6]. В них для характеристики опасных свойств шахтопластов используются некоторые генетические классификационные показатели углей. Наиболее совершенной по генетическим и технологическим параметрам является промышленная классификация углей [7]. В ней, в отличие от нормативных документов [2–6], использовано значительное количество классификационных показателей. Одним из решающих факторов деления по технологическим свойствам углей является отнесение их к витринитовым или фюзинитовым. В уже существующей нормативной базе [2–6] при установлении опасных свойств шахтопластов такая градация углей не предусмотрена. Изучение этого вопроса является актуальным для угольной промышленности, так как он связан с усовершенствованием нормативной базы безопасной отработки угольных пластов.

Цель: обосновать необходимость деления ископаемых углей на витринитовые и фюзинитовые разновидности для выявления опасных свойств шахтопластов при ведении горных работ.

Задачи: установить взаимосвязь и направленность классификационных показателей витринитовых или фюзинитовых углей при определении опасных свойств шахтопластов.

Изложение основного материала. Рассмотрение изменения условных индексов классификационных показателей витринитовых и фюзинитовых углей в общем ряду их ранжирования согласно документу [7], а также групп углей, не отнесенных к рассматриваемым разновидностям, позволило выявить как отличительные, так и объединяющие особенности построения этих рядов и рекомендовать предложения по усовершенствованию нормативных документов [2–6].

Согласно промышленной классификации [7] в качестве основного показателя применяется среднее отражение витринита (R_o). Его количественные значения довольно точно определены в общем ряду ранжирования всех углей по их марочному признаку. Предполагается [7], что с увеличением значений R_o , возрастают метаморфические преобразования углей. В качестве вспомогательных показателей, в дополнение к основному, применяются еще девять. Они способствуют более точному определению технологических свойств углей для их промышленного применения. Следует отме-

тить, что вспомогательные показатели в большинстве случаев [7] применяются только для характеристики метаморфических преобразований отдельных видов углей. К таким показателям относятся массовый выход летучих веществ при термическом разложении углей (V_{daf}) и толщина пластического слоя (y). Параллельно с применением в промышленной классификации [7], показатели V_{daf} и y используются в качестве основных для оценки и прогнозирования опасных свойств шахтопластов. Их недостатком, по сравнению с R_o , являются трудности определения указанных параметров для бурых и антрацитовых углей. По этой причине их применение ограничивается в промышленной классификации [7] только характеристикой каменных углей. Из всех 10 применяемых классификационных показателей [7], только для R_o , V_{daf} и y указаны практически все значения нижних и верхних пределов диапазонов их предполагаемых изменений. В целом установлена 81 разновидность по марочному признаку углей для их промышленного использования. Такая детальная градация и наличие данных о возможных изменениях показателей R_o , V_{daf} и y представляют возможность ранжировать отдельно витринитовые и фюзинитовые угли по нижним и верхним пределам изменения их параметров.

Присвоение условных индексов (I_k) выполнили в общем порядке разновидностей всех (витринитовых, фюзинитовых и не отнесенных к ним) углей по их марочным признакам согласно нормативному документу [7]. Первый условный индекс соответствует бурым углям (марка Б, группа 1Б), второй – бурым (марка Б, группа 2Б, подгруппа 2БВ) и так далее по мере усиления степени метаморфизма углей. Последний условный 81-й индекс в этом ряду соответствует антрацитам (марка А, группа 3А, подгруппа 3АФ).

Еще шесть обособленных рядов ранжирования, согласно нижнему и верхнему пределам изменения показателей R_o , V_{daf} и y [7], составили индивидуально для витринитовых, фюзинитовых и углей, не отнесенных к ним по мере увеличения параметров R_o , V_{daf} и y .

Результаты. Установление отличительных свойств, приобретенных в процессе метаморфических преобразований между углями, авторы проводили по результатам статистической обработки (таблица, рис. 1–3) зависимости условных индексов ($I_{R_o}^n$, ($I_{R_o}^a$), $I_{V_{daf}}^n$ ($I_{V_{daf}}^a$) и I_y^n (I_y^a) от условных индексов (I_k) ранжирования по марочной принадлежности углей согласно их промышленной классификации [7].

По результатам предварительной статистической обработки установлено, что корреляционные показатели (R^2) связи между условными индексами рядов витринитовых и фюзинитовых углей по ранжированию R_o , V_{daf} и y с условными индексами общего ряда ранжирования по марочной принадлежности углей (I_k) практически не отличаются между собой (рис. 1 и 2).

По показателю R_o эти зависимости (рис. 1а и 2а) описываются практически не отличающимися между собой уравнениями 1. Корреляционные показатели R^2 также мало отличаются и соответственно равны 0,9114 и 0,9221.

Таблица. Условные индексы рядов ранжирования углей (I_k) по отражению витринита (R_o), массовому выходу летучих веществ (V_{daf}), толщине пластического слоя (y) по марочной принадлежности [7]

Витринитовые угли									Фюзинитовые угли									Прочие угли												
Марка	Группа	Подгруппа	I_k	Классификационные показатели						Марка	Группа	Подгруппа	I_k	Классификационные показатели						Марка	Группа	Подгруппа	I_k	Классификационные показатели						
				R_o		V_{daf}^H		y						R_o		V_{daf}^H		y						R_o		V_{daf}^H		y		
				$I_{R_o}^H$	$I_{R_o}^G$	$I_{V_{daf}}^H$	$I_{V_{daf}}^G$	I_y^H	I_y^G					$I_{R_o}^H$	$I_{R_o}^G$	$I_{V_{daf}}^H$	$I_{V_{daf}}^G$	I_y^H	I_y^G					$I_{R_o}^H$	$I_{R_o}^G$	$I_{V_{daf}}^H$	$I_{V_{daf}}^G$	I_y^H	I_y^G	
Б	2Б	2БВ	2	2	2	—	—	—	—	Б	2Б	2БФ	3	3	3	—	—	—	—	Б	1Б	—	1	1	1	—	—	—	—	
	3Б	3БВ	4	4	5	—	—	—	—		3Б	3БФ	5	5	6	—	—	—	—		Г	2Г	—	20	17	17	9	9	59	64
Д	—	ДВ	6	6	4	6	6	6	6	Д	—	ДФ	10	8	8	18	25	10	10	ГЖ	1ГЖ	—	25	13	20	27	31	70	66	
	—	—	7	7	7	10	13	7	7		—	—	11	15	11	31	39	11	11		2ГЖ	—	26	27	28	12	15	71	74	
	—	—	8	14	10	14	20	8	8		—	—	12	21	13	19	26	12	12		Ж	2Ж	—	27	28	24	32	16	68	67
	—	—	9	20	12	17	24	9	9		ДГ	—	ДГФ	14	10	15	20	27	14		29	—	—	28	38	36	28	17	69	68
ДГ	—	ДГВ	13	9	14	16	23	13	28	Г	1Г	1ГФ	17	12	9	22	29	42	41	—	2Ж	—	29	29	29	13	18	75	75	
Г	1Г	1ГВ	15	11	22	7	7	41	40	—	—	—	18	16	16	8	8	43	42	—	—	—	30	30	30	29	19	72	71	
—	—	—	16	23	25	21	28	15	30	—	—	—	19	24	26	23	30	16	31	—	—	—	31	40	37	30	32	73	72	
ГЖО	1ГЖО	1ГЖОВ	21	18	18	24	10	44	62	ГЖО	1ГЖО	1ГЖОФ	22	19	19	25	11	45	63	КЖ	—	—	32	39	42	43	33	74	73	
—	2ГЖО	2ГЖОВ	23	25	27	26	12	46	56	—	2ГЖО	2ГЖОФ	24	26	23	11	14	67	65		СС	1СС	—	65	22	21	63	38	29	16
К	1К	1КВ	33	41	43	44	34	60	69	К	1К	1КФ	35	43	45	46	35	62	70	—	—	66	35	32	15	21	30	17		
—	—	—	34	42	44	45	53	61	57	—	—	—	36	42	46	47	54	63	58	—	3СС	2СС	—	67	36	53	42	22	31	18
—	2К	2КВ	37	53	60	33	40	64	59	—	—	—	39	54	61	35	42	66	61	—	3СС	—	68	37	33	64	51	32	19	
—	—	—	38	60	55	34	41	65	60	КО	1КО	1КОФ	41	32	31	52	37	48	44	—	—	—	69	46	54	70	52	33	20	
КО	1КО	1КОВ	40	31	38	51	36	47	43	—	—	—	42	45	39	55	61	49	45	—	—	—	70	64	58	71	59	34	21	
—	2КО	2КОВ	43	47	40	66	58	50	46	—	—	2КОФ	46	48	41	67	62	53	49	—	—	—	71	68	69	65	60	35	22	
—	—	—	44	51	47	36	43	51	47	—	—	—	47	52	48	37	45	54	50	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	45	55	49	53	44	52	48	—	—	—	48	56	50	54	46	55	51	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
КСН	—	КСНВ	49	33	34	38	47	17	32	КСН	—	КСНФ	50	34	35	39	48	18	33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
КС	1КС	1КСВ	51	49	51	40	49	19	34	КС	1КС	1КСФ	52	50	52	41	50	20	35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	2КС	2КСВ	53	61	56	48	55	21	36	—	2КС	2КСФ	55	66	63	50	57	23	37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	54	65	62	49	56	22	27	ОС	1ОС	1ОСФ	59	58	68	59	66	58	55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ОС	1ОС	1ОСВ	56	57	57	56	63	56	52	—	2ОС	2ОСФ	61	75	66	61	68	25	39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	57	67	64	57	64	40	53	ТС	—	ТСФ	63	63	59	68	70	27	14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	58	73	67	58	65	57	54	—	—	—	64	72	71	69	72	28	15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	2ОСВ	60	74	65	60	67	24	38	Т	1Т	1ТФ	73	59	73	73	73	37	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
ТС	—	ТСВ	62	62	70	62	69	26	13	—	2Т	2ТФ	75	71	75	75	75	39	26	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Т	1Т	1ТВ	72	69	72	72	71	36	23	А	1А	1АФ	77	77	77	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	2ТВ	74	70	74	74	74	38	25		—	2А	2АФ	79	79	79	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
А	1А	1АВ	76	76	76	—	—	—	—	—	3А	3АФ	81	81	81	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	2А	2АВ	78	78	78	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	3А	3АВ	80	80	80	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Примечание. $I_{R_o}^H$, $I_{V_{daf}}^H$, I_y^H и $I_{R_o}^G$, $I_{V_{daf}}^G$, I_y^G — индексы ранжирования углей соответственно по нижним и верхним пределам изменения показателей R_o , V_{daf} и y .

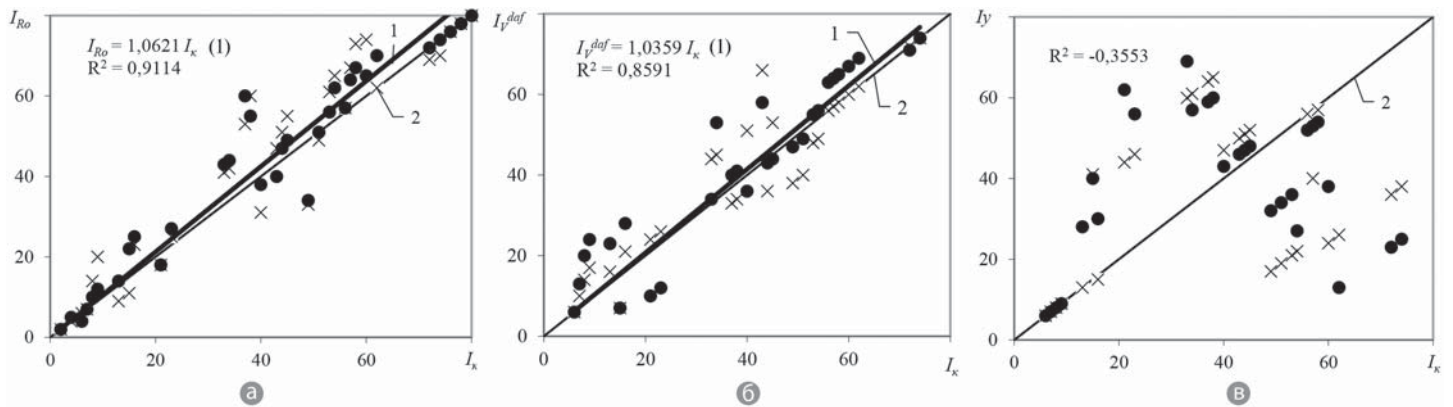


Рис. 1. Зависимость индексов рядов ранжирования витринитовых углей по отражению витринита I_{Ro} (а), массовому выходу летучих веществ I_V^{daf} (б) и толщине пластического слоя I_y (в) от индексов ранжирования углей I_K согласно промышленной классификации по марочной принадлежности [7]

1 – усредняющие прямые; 2 – биссектрисы координатных сеток

•, × – значения индексов рядов ранжирования соответственно по нижним и верхним величинам классификационных показателей; R^2 – коэффициент детерминации

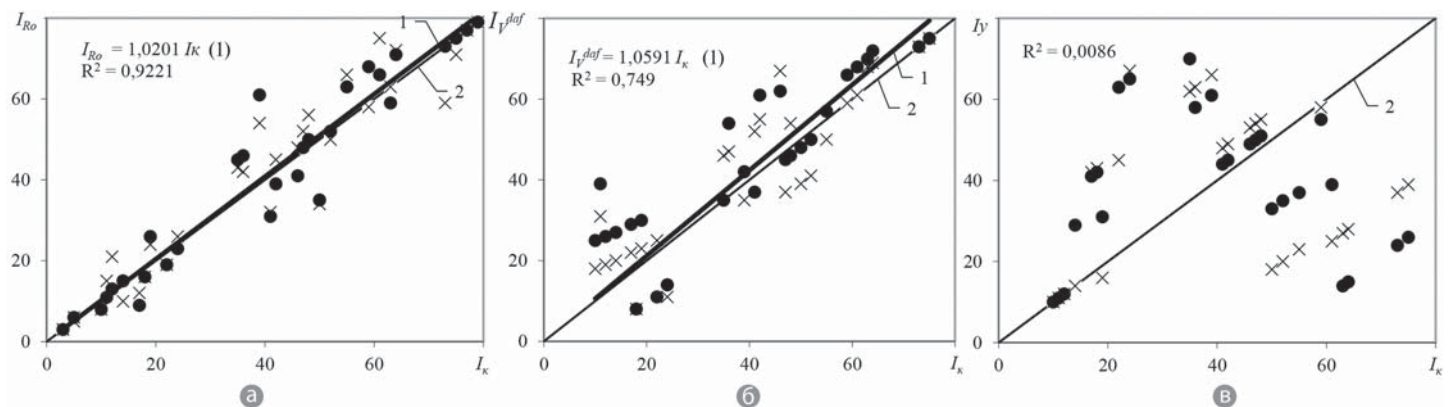


Рис. 2. Зависимость индексов рядов ранжирования фюзинитовых углей по отражению витринита I_{Ro} (а), массовому выходу летучих веществ I_V^{daf} (б) и толщине пластического слоя I_y (в) от индексов ранжирования углей I_K согласно промышленной классификации по марочной принадлежности [7]

1 – усредняющие прямые; 2 – биссектриса координатных сеток

•, × – значения индексов рядов ранжирования соответственно по нижним и верхним величинам классификационных показателей; R^2 – коэффициент детерминации

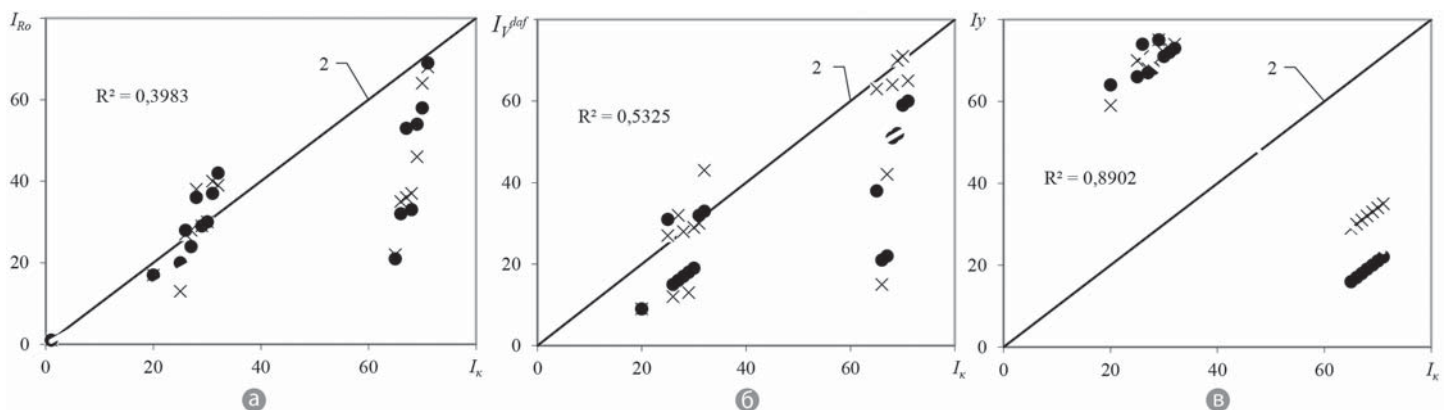


Рис. 3. Зависимость индексов рядов ранжирования углей, не отнесенных к витринитовым или фюзинитовым, по отражению витринита I_{Ro} (а), массовому выходу летучих веществ I_V^{daf} (б) и толщине пластического слоя I_y (в) от индексов ранжирования углей I_K согласно промышленной классификации по марочной принадлежности [7]

2 – биссектриса координатных сеток

•, × – значения индексов рядов ранжирования соответственно по нижним и верхним величинам классификационных показателей; R^2 – коэффициент детерминации

Аналогичные результаты получены для показателя V^{daf} (рис. 1б и 2б), по которым невозможно установить различия в степени метаморфических преобразований между витринитовыми и фюзинитовыми углями.

По изменению индексов, характеризующих ранжирование значений показателя y , нельзя установить направленность изменения свойств углей по этому показателю ввиду большого разброса (рис. 1в и 2в), рекомендуемых [7] значений этого показателя, которые использовали при составлении рядов ранжирования.

Для обеих выборок данных для витринитовых и фюзинитовых углей отсутствуют значимые корреляционные показатели (рис. 1в и 2в).

Результаты статистической обработки условных индексов, составленных на основании рекомендуемых значений R_o , V^{daf} и y [7] согласно их ранжированию в рядах витринитовых и фюзинитовых углей, не дают основания для адекватных определений степени их метаморфических преобразований. Такой вывод подтверждается, при разных значениях корреляционных показателей R^2 для I_{R_o} , $I_{V^{daf}}$ и I_y (рис. 1 и 2), равномерным расположением точек ниже и выше биссектрисы координатных точек.

Такие зависимости условных индексов $I_{R_o}^u (I_{R_o}^a)$ и $I_{V^{daf}}^u (I_{V^{daf}}^a)$ не наблюдались для углей, не классифицированных [7] как витринитовые или фюзинитовые (рис. 3а и 3б). В этих случаях подавляющее количество точек находится ниже биссектрис координатных сеток, что указывает на возможные отличия в степени метаморфических преобразований рассматриваемых углей от витринитовых или фюзинитовых. Условные индексы $I_y^u (I_y^a)$ более или менее равномерно располагаются относительно биссектрисы (2) координатной сетки (рис. 3в). Таким образом, полученные результаты (рис. 3) свидетельствуют, что классификационные показатели R_o , V^{daf} и y отражают разные физико-химические характеристики метаморфических преобразований углей, которые не относятся к витринитовым или фюзинитовым согласно промышленной классификации [7].

Преимущественное расположение точек индексов $I_{R_o}^u (I_{R_o}^a)$ и $I_{V^{daf}}^u (I_{V^{daf}}^a)$ (рис. 3а и б) по одну сторону от биссектрис координатных сеток может свидетельствовать об искусственном подборе комплекса классификационных показателей для установления марок углей с похожими теплотехническими свойствами для использования их в определенных отраслях промышленности.

Заключение

Проведенные исследования позволяют авторам предложить обоснованные рекомендации для усовершенствования нормативной базы безопасной обработки угольных шахтопластов:

- согласно рядам ранжирования углей с применением их марочной принадлежности и классификационных показателей среднего отражения витринита, массового выхода летучих веществ, толщины пластического слоя не установлены факторы разделения углей на витринитовые или фюзинитовые при определении опасных свойств шахтопластов;

- значительные отклонения условных индексов ранжирования углей по толщине пластического слоя от биссектрис координатных сеток и одностороннее их расположение для индексов ранжирования по среднему отражению витринита и массовому выходу летучих веществ углей, не отнесенных к витринитовым или фюзинитовым, свидетельствуют об искусственном, неадекватном подборе комплекса показателей для

установления марок по технологическим признакам использования углей в промышленности. Это свидетельствует, что существующие марки углей не во всех случаях могут соответствовать степени их метаморфических преобразований;

- классификационные показатели отражения витринита, массового выхода летучих веществ и толщина пластического слоя отражают разные аспекты степени метаморфических преобразований углей. Направленность изменения показателя толщины пластического слоя при геологических процессах требует дополнительных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Минеев С. П. Вопросы предупреждения аварий, связанных со взрывами метана в угольных шахтах//Геотехнічна механіка. – 2018. – № 138. – С. 115–136.
2. СОУ 10.1.00174088.011 – 2005. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям. Издание официальное. Минуглепром Украины. – К., 2005. – 221с.
3. КД 12.01.402-2000. Керівництво із запобігання і гасіння ендогенних пожеж на вугільних шахтах України. Затв. Мінпаленерго України 18.12.2000 нак. № 38. – 215 с.
4. КД 12.01.401-96. Эндогенные пожары на угольных шахтах Донбасса. Предупреждение и тушение. Инструкция. Издание официальное/П. С. Пашковский, В. К. Костенко, В. П. Заславский, А. Т. Хорольский, А. Г. Заболотный и др. – Донецк: НИИГД, 1997. – 68 с.
5. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. – К.: Основа, 1994. – 311 с.
6. Руководство по борьбе с пылью в угольных шахтах. – М.: Недра, 1979. – 319 с.
7. ГОСТ 25543-2013. Межгосударственный стандарт. Угли бурые, каменные и антрациты. Классификация по генетическим и технологическим параметрам. Издание официальное. – М.: Стандарт-информ, 2014. – 19 с.

REFERENCES

1. Mineev S. P. On the issue of prevention of accidents caused by methane explosions in coal mines//Heotekhnichna mekhanika. – 2018. – № 138. – P. 115–136. (In Russian).
2. Standart SOU 10.1.00174088.011-2005. Rules for conducting mining cracks in layers prone to gas-dynamic phenomena: Regulatory Document Coal Industry of Ukraine. Standard. – Kyiv, 2005. – 221 p. (In Russian).
3. KD 12.01.402-2000. Guidelines for the prevention and suppression of endogenous fires in coal mines of Ukraine. Shut. Ministry of energy of Ukraine – 215 p. (In Ukrainian).
4. KD 12.01.401-96. Endogenous fires in the coal mines of Donbass. Prevention and suppression. Instructions. Official publication/P. S. Pashkovskij, V. K. Kostenko, V. P. Zaslavskij, A. T. Horolskij, A. G. Zabolotnyj et al. – Donetsk: NIIGD, 1997. – 68 p. (In Russian).
5. Ventilation Design Guidelines for Coal Mines. – Kiev: Osнова, 1994. – 311 p. (In Russian).
6. Dust combating manual for coal mines. – Moskva: Nedra, 1979. – 319 p. (In Russian).
7. State standard 25543–2013. Lignites, coals and antracites. Classification by genetic and technological parameters. – Moskva: Standart-inform, 2014. – 19 p. (In Russian).

Р у к о п і с о т р и м а н о 5.08.2020.

СВІТЛОЇ ПАМ'ЯТІ СЕРГІЯ МИКОЛАЙОВИЧА КУЛИКА

IN THE BLESSED MEMORY OF SERGIY KULYK

9 листопада 2020 року сумна звістка сколихнула геологів України. На 62-му році згасла свічка життя відомого українського геолога, начальника Правобережної геологічної експедиції ДП “Українська геологічна компанія” Сергія Миколайовича КУЛИКА.

Сергій Миколайович Кулик народився 23 листопада 1958 р. у селі Салми Олонецького району, Карелія. 1966 року батьки переїхали до смт Катеринопіль Черкаської області, де Сергій з 1966 до 1977 рр. навчався в місцевій школі. З 1977 до 1979 рр. він проходив строкову службу в лавах Радянської армії, а впродовж 1979–1985 рр. навчався в Харківському державному університеті.

Після закінчення навчання за фахом “інженер-геолог” С. М. Кулик отримав направлення до ВГО “Північукргеологія” у Правобережну геологічну експедицію на посаду старшого техника-геолога.

У перші роки роботи він працював на роботах з глибинного геологічного картування Первомайського аркуша на Кіровоградщині і зарекомендував себе як талановитий і перспектив-



ний геолог. Через декілька років він очолив геологознімальну партію № 37, яка під його керівництвом виконала роботи з геологічного довивчення в районі м. Сквир, а також пошуку титан-цирконієвих розсипів у районі Тарасівського родовища. 1991 року С. М. Кулик заочно закінчив навчання на екологічному факультеті Ленінградського державного університету.

Організаторський талант Сергія Миколайовича високо оцінили керівники підприємства і у 2000 році під час реорганізації Північгеології його було призначено начальником Правобережної експедиції. То були важкі кризові часи для всієї української геології. Завдяки енергії й таланту Сергія Миколайовича експедиція повільно, але впевнено вийшла з кризового стану, почала демонструвати успіхи в економіці і геологічних результатах. Тоді ж в адміністративному будинку експедиції було встановлено автономне газове опалення, проведений ремонт кабінетів і оновлено меблі. Територію прикрасили зеленими насадженнями, і вона засяяла чистотою. В експедицію прийшли молоді спеціалісти-геологи, були закуплені два бурових агрегати, легкові й вантажні автомашини, активізувалися геологорозвідувальні роботи з фінансуванням з державного бюджету, а також договірні – на воду й будівельні матеріали.

Під керівництвом С. М. Кулика відновилося культурне й спортивне життя експедиції. Спортивна команда експедиції часто займала перше місце в командному заліку серед підрозділів “Північгеології”. Волейбольна жіноча команда успішно виступала на республіканських змаганнях з пляжного волейболу, команда з міні-футболу “Геолог” зайняла друге місце серед команд другої ліги. Хор “Серпанок”, створений на базі колективу працівників експедиції, здобув звання “народний”, а 2004 року став переможцем Першого Всеукраїнського конкурсу Козацької пісні.

2005 року С. М. Кулик захистив кандидатську дисертацію на тему “Геохімія хрому природних і техногенних об’єктів лісостепової зони Українського щита”. Мав понад 15 наукових публікацій. Під його керівництвом проведені еколого-гідрогеологічні дослідження руслових відкладів р. Кам’янка і очистка її русла в районі с. Фурси Білоцерківського району Київської області. Пріоритетом С. М. Кулика було забезпечення чистою питною водою мешканців міст і сіл і боротьба із забрудненням підземних вод.

2004 року за діяльної участі С. М. Кулика при Правобережній експедиції був організований Фурсівський козацький курінь, який



увійшов до складу Білоцерківської Січі. Козаки куреня активно допомагали в розбудові меморіалу козацької слави в Мазепинцях, ліквідовували наслідки повені в Чернівецькій області, брали активну участь у всіх заходах Білоцерківської Січі. 2009 року козаки придбали і відремонтували старенький бронетранспортер і освятили його в місцевій церкві. Ця машина справно служила козакам аж до 2015 року, поки її не передали в зону АТО під Маріуполь. 2015 року під авторством С. М. Кулика було видано книгу “Фурсівський козацький курінь Білоцерківської Січі”. З 2018 року козацький полковник С. М. Кулик проводив навчання з молодими козаками-джурами – учнями Фурсівської школи. 2020 року С. М. Кулика вибрали отаманом Білоцерківської Січі ім. Семена Палія. Наказом гетьмана Українського козацтва від 9 листопада 2020 року полковнику С. М. Кулику посмертно присвоєно козацьке військове звання “генерал-хорунжий Українського козацтва”.

2009 року Правобережна експедиція урочисто відсвяткувала 50-річний ювілей. Цій даті присвятили книгу “Правобережній геологічній експедиції 50 років”, яка вийшла під авторством С. М. Кулика. До 60-річного ювілею експедиції він організував випуск книги-додатка, в якій задокументовані здобутки експедиції за останні 10 років.

З 2004 року під керівництвом С. М. Кулика проводяться щорічні геологічні екскурсії студентів геологічного факультету Краківської гірничої академії по родовищах корисних копалин, розміщених на території діяльності Правобережної експедиції. Встановились теплі й дружні відносини з керівництвом академії, особливо професором Адамом Пестржинським. У 2016 році



С. М. Кулик у нагороду за багаторічну допомогу студентам отримав у Кракові Почесну шпагу.

Упродовж останніх 20 років успішної геологічної діяльності С. М. Кулик отримав майже всі галузеві нагороди Державної геологічної служби, Спілки геологів України, а також грамоти Кабінету Міністрів України. Він був у дружніх стосунках з більшістю провідних геологів і науковців України, а також представниками гірничого бізнесу. Він користувався беззаперечним авторитетом у колективі і його щирою любов'ю.

С. М. Кулик у якості багаторічного депутата Білоцерківської районної і Фурсівської сільської рад багато зробив для економічного й культурного зростання району і місцевої громади. Він активно допомагав прихожанам храмів Іоанна Богослова і Варвари Великомучениці у Фурсах. Коштовні бурштинові ікони, які подарував Сергій Миколайович, прикрашають стіни цих храмів.

5 вересня 2020 року С. М. Кулик з групою геологів виїхав на дослідження скельних відслонень відкладів венду в район міста Могилева-Подільського на Вінниччині. Під час досліджень одного з них він упав на спину і отримав пошкодження, яке попри інтенсивне лікування призвело до трагічного наслідку.

С. М. Кулик зробив надзвичайно багато для геології України, колективу Правобережної експедиції і місцевої громади. Але справжнє його значення належить оцінити історії. Завдання наступників – зберегти ці здобутки і, за можливості, примножити їх невтомною працею.

**Головний геолог Правобережної геологічної експедиції
В. М. Павлюк**

