

УДК 553.94: 551.735(477.83)

DOI: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.101.09>І. Бучинська, канд. геол. наук, ст. наук. співроб.
e-mail: ibuchynska@ukr.netМ. Матрофайло, канд. геол.-мінералог. наук, ст. наук. співроб.
e-mail: mmatrofaylo@gmail.comА. Побережський, канд. геол.-мінералог. наук, ст. наук. співроб.
e-mail: igggk@mail.lviv.uaІнститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,
вул. Наукова, 3-а, м. Львів, 79060, Україна

КОМПЛЕКСНЕ ОСВОЄННЯ СУПУТНИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН І КОМПОНЕНТІВ ВУГІЛЛЯ ЛЮБЕЛЬСЬКОГО РОДОВИЩА ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО БАСЕЙНУ

(Представлено членом редакційної колегії д-ром геол. наук, доц. С.Є. Шнюковим)

На прикладі Любельського родовища Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну розглянуто можливості комплексного освоєння вугільних родовищ із перспективами видобутку супутніх корисних копалин і компонентів вугілля. Любельське родовище має значні запаси високоякісного вугілля, яке може бути використане для коксування, що буде значним внеском у розвиток енергетичної бази України. На Любельському родовищі поширене вугілля марок Ж, КЖ і К. Коксівне вугілля становить майже половину запасів родовища. Загальні розвідані запаси вугілля – 522884 тис. т. Значна дегазація вугленосної товщі сукупно з високими технологічними якостями вугілля є причиною підвищеного інтересу до Любельського родовища. У південній його частині на полях шахт Любельська № 1 і 2, у межах глибин залягання основних робочих пластів, газ майже відсутній. Але вугільні пласти v_6 , p_0^6 , p_7 , p_7^1 , p_7^9 , p_8 , p_9 залягають у метановій газовій зоні на полях шахт Любельські № 1–4 та характеризуються високою природною газоносністю – від 9,60 до 30,70 м³/т с.б.м. Метанова газова зона занурюється в бік донної частини Карівської синкліналі. Під час проєктування вуглевидобутку на глибоких горизонтах Любельського родовища необхідно брати до уваги їхню газоносність і враховувати можливість дегазації вугільних пластів. Вугільний газ може розглядатися як самостійна копалина, видобування якої можливе в достатніх об'ємах та економічно доцільно. Вугілля Любельського родовища може також бути придатним як сировина для видобутку германію. Так, підраховані запаси германію за фактичним вмістом в енергетичному вугіллі ділянки Любельська № 3 за категорією С₂ становили 248,41 т. За окремими пробами концентрації галію, ванадію і кобальту досягають рівня умовно промислових, але не можуть використовуватися. Проєктуючи економічно вигідні технологічні схеми вуглевидобутку, потрібно враховувати весь комплекс показників щодо освоєння супутніх корисних копалин і компонентів вугілля.

Ключові слова: запаси вугілля, газоносність, германієносність, комплексне використання, Любельське родовище, Львівсько-Волинський басейн.

Постановка проблеми. Шляхи вдосконалення вугільної галузі західного регіону України і, зокрема, Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну (ЛВБ) ґрунтуються на економічно виправданому збереженні наявного виробничого потенціалу вугільної галузі за умов його оновлення й підвищення ефективності функціонування (Павлюк та ін., 2015). У балансі енергобезпеки України вугілля є перспективною складовою. Ця тенденція в майбутньому не можлива без переходу вугільної промисловості до ринкової економіки, що дозволить вивести роботу вугільних підприємств на новий рівень (Vivcharenko, 2014).

Комплексне використання продуктів переробки вугілля – сучасний принцип, якого дотримуються у вугільній галузі під час видобування, первинної і вторинної переробки вугілля та вуглевмісних продуктів. Із цієї задачі випливає актуальність комплексного раціонального освоєння вугільних родовищ та супутніх корисних копалин. Такий підхід застосовують у Китаї, який посідає перше місце у світі з видобутку вугілля. Супутнє вилучення германію – один зі способів поліпшення економічних показників вугільної галузі. Найважливішим джерелом германію є германієносні вугільні родовища, які розробляються близько Lincang, провінція Юньнань і Xilinhaote, провінція Внутрішня Монголія.

У світі ведуться роботи з використання метану в процесі видобутку вугілля в шахтах. Шахтні методи дегазації широко застосовують у Німеччині (ресурси 3–4 трлн м³), Великій Британії (1,9–2,8 трлн м³), Австралії (6,0 трлн м³) та інших країнах. У Польщі (ресурси 1,6–2,0 трлн м³), Чехії (1,1–1,5 трлн м³), КНР (25–30 трлн м³).

Важливо вже на стадії розвідувальних робіт на вугілля як основного виду сировини проводити вивчення його супутніх корисних копалин і компонентів. Матеріали

геолого-економічних оцінок родовищ вугілля, які подаються на експертизу ДКЗ України, повинні містити обґрунтування повного комплексного і економічно доцільного вилучення з надр запасів основних і супутніх корисних копалин, а також наявних у них цінних компонентів, на основі використання існуючих прогресивних технологій видобутку і переробки мінеральної сировини за умови дотримання вимог охорони надр і навколишнього природного середовища (довкілля) (Про затвердження..., 1997).

У процесі модернізації збережених діючих шахт і проєктування нових потрібно максимально використовувати потенціал вугленосної товщі, що сприятиме оптимізації структури виробництва і забезпеченню багатовекторного використання надр. Доцільність такого підходу ми проаналізували на прикладі Любельського родовища Південно-Західного вугленосного району Львівсько-Волинського басейну.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн посідає важливе місце в економіці України. Через складні економічні умови та російсько-українську війну відчувається дефіцит вугілля, яке згідно з Національною енергетичною програмою України залишається одним з головних енергоносіїв. Відновити вуглевидобуток можна різними шляхами. Один з потенційно можливих напрямків – будівництво нових шахт, яке неможливе без оцінки ресурсів вугілля, вичерпного аналізу окремих вугільних пластів родовищ вугільного басейну. Нарощування мінерально-сировинної бази ЛВБ відбуватиметься за рахунок освоєння нових площ та глибоких горизонтів. Потенціал вугільних родовищ на сьогодні визначається не лише встановленням вугленосності, але й низки критеріїв, що визначаються комплексним вилученням супутніх корисних копалин і компонентів вугілля (Бучинська, 2021).

Одним з основних резервів поповнення видобувного шахтного фонду ЛВБ є Любельське родовище Південно-Західного вугленосного району (рис. 1). Воно розташоване в південно-західній частині Львівсько-Волинського басейну в межах Карівської синкліналі. Площа родовища 170 км², за максимальної довжини з північного заходу на південний схід 34 км і ширини 5 км. Карівська синкліналь – це лінійна складка північно-західного загальнокарпатського простягання з пологим (1–2°) зануренням на південний захід. Із південного заходу структура обмежена Нестерівським, а з північного сходу – Бутин-Хлівчанським антиклінальними підняттями, ускладненими зонами насувів.

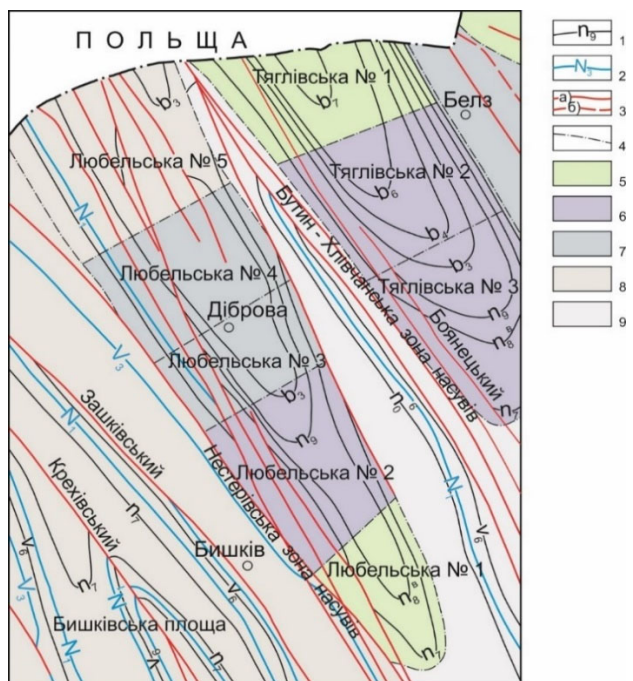


Рис. 1. Оглядова карта Південно-Західного вугленосного району Львівсько-Волинського басейну (за матеріалами ДГП "Західукргеологія", 2002).

Умовні позначення: 1 – вугільні пласти та їхні індекси;

2 – пласти вапняків та їхні індекси;

3 – розривні тектонічні порушення (а – достовірні, б – передбачувані); 4 – границі шахтних полів, площі та ділянок; 5 – резервні ділянки групи "а"; 6 – розвідувальні ділянки для шахт; 7 – перспективні для розвідки ділянки для шахт; 8 – перспективні площі з прогнозними ресурсами; 9 – площі поширення кам'яновугільних відкладів з непромисловою вугленосністю

Складка асиметрична, з кутами падіння на крилах 3–10°, з краще збереженим північно-східним крилом і ерозійно зрізаним південно-західним (за даними Львівська ГРЕ ДГП "Західукргеологія", 1993). Північно-східне крило складки має кути падіння 3–8°, південно-західне у північній частині – 8–10°, а у південній – 0–2°. Розмах крил до 10 км. Структура розділяється поздовжнім антиклінальним підняттям на дві синклінальні складки II порядку. В її межах виділяється низка поздовжніх і поперечних диз'юнктивних порушень скидо-насувного типу (скиди № 1–3, насуви № 1 і 2), які розчленовують пологую складку на окремі блоки. Названі вище зони насувів, що ускладнюють Нестерівське і Бутин-Хлівчанське антиклінальне підняття, супроводжуються каскадом з 10–14 паралельних насувів з кутами падіння змішувачів 10–80° і азимутами падіння 220–240°. Сумарна амплітуда насувів досягає 400 м. У цілому тектонічна порушеність родовища збільшується в південному напрямку, а

максимальні амплітуди диз'юнктивів характерні для північної частини структури. Карівська синкліналь ускладнена також поперечним крутопадаючим (80–85°) Куличківським скидом з амплітудою 15–25 м і північно-східним простяганням.

Любельське родовище – найбільш занурена частина ЛВБ з максимально повним стратиграфічним розрізом, що складений девонськими, кам'яновугільними, юрськими, крейдяними і четвертинними відкладами. Девонські утворення представлені кавернозними вапняками і червоно-бурими вапняками франського і фаменського ярусів. Вище зі стратиграфічною незгідністю залягають відклади нижнього і середнього карбону, які належать до турнейського, візейського, серпуховського і башкирського ярусів. Верхня частина серпуховського і нижня частина башкирського ярусів є найпродуктивнішими на кам'яне вугілля на Любельському родовищі і в басейні в цілому.

Техніко-економічними розрахунками, проведеними інститутом "Укрніпроєкт" доведено економічну доцільність промислового освоєння родовища п'ятьма шахтами (Любельська № 1, 2, 3, 4, 5) за загальної потужності 6,3 млн т вугілля на рік. Станом на 01.01.1994 р. у межах шахти Любельська № 1 закінчено детальну розвідку, запаси вугілля узгоджені ДКЗ України в грудні 1993 р. (протокол № 168 від 23.12.93 р.) і зазначене родовище передано Мінвуглепрому для промислового освоєння. На полі шахти Любельська № 2 завершена попередня стадія, і на тепер проводиться детальна розвідка. На інших полях шахт (Любельська № 3, 4, 5) закінчені оціночно-пошукові роботи (Костик та ін., 2020).

Львівська ГРЕ ДГП "Західукргеологія" проводила багаторічні дослідження по площі Любельського родовища, результати яких наведено в численних звітах. Геолого-економічну оцінку запасів кам'яного вугілля Любельського родовища виконувало ДП "Сі-Сі-Ай-Любеля". Планується, що майбутня шахта Любельська № 1–2 на блоці № 1 матиме два робочі пласти середньої потужності 1,51 і 1,63 м та три пласти на блоці № 2 середньої потужності від 1,0 м до 1,3 м. Вони залягають на глибині 700–850 м. Розкриття шахтного поля буде здійснено двома вертикальними стволами, розташованими в середині блоку № 1. Глибина головного ствола становитиме 945 м, допоміжного – 979 м. Підвищення ефективності вуглевидобутку передбачає розширити межі поля шахти "Любельська" № 1–2 за рахунок суміжної ділянки Любельська № 3, на якій попередньо підраховано додаткові ресурси в розмірі 129 млн т. Дослідження газонасиченості, викиднебезпечності, ударонебезпечності вугілля і порід проводить ДП "Сі-Сі-Ай-Любеля". Мінімальна глибина залягання продуктивних кам'яновугільних відкладів на родовищі 657,1 м, максимальна – 1517,8 м.

Виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми. Переважно вугільні поклади розглядаються як потенційний резерв лише вугільної сировини. На Любельському родовищі розвідано значні запаси вугілля, що дозволить у разі відповідного державного фінансування значно збільшити видобуток твердого палива, у тому числі й дефіцитного коксівного. Одночасно вугленосна товща родовища є газонасною і германієсною, а комплексне освоєння може забезпечити підвищення ефективності та рентабельності вуглевидобутку.

Для об'єктивної геолого-економічної оцінки можливої попутного вилучення германію з вугілля необхідно мати відомості щодо розподілу та концентрації цього елементу у вугіллі. Супутній газ-метан може розглядатися як нетрадиційне джерело вуглеводневих газів. А попередня дегазація вугленосної товщі сприятиме запобіганню аварійним ситуаціям.

Комплексне використання сировинної бази із застосуванням певних технологій сприяло б підвищенню рентабельності вуглевидобувного комплексу з потенційним переходом на багатопродуктове виробництво.

Мета та об'єкт роботи – встановлення підходів до комплексного використання вугільних покладів. На прикладі Любельського родовища ЛВБ ми розглянули газоносність і германієносність вугленосної товщі як показники, що необхідно враховувати під час проєктування економічно вигідних технологічних схем вуглевидобутку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Вугленосність родовища. Основні промислові запаси і прогнозні ресурси вугілля Любельського родовища сконцентровані у 12 вугільних пластах, більшість з яких має середню потужність від 0,73 до 1,5 м, а пласти π_7^a , π_7^h і π_7 – 1,50–1,60 м у південній частині родовища (поле шахти Любельська № 1). Глибина залягання продуктивних відкладів на родовищі – 657,1 м, максимальна – 1517,8 м.

На Любельському родовищі поширене вугілля марок Ж, КЖ і К. Коксівне вугілля становить майже половину запасів родовища. За величиною зольності вугілля середньозольне, зольне, і багатозольне. За показниками вмісту масової частки сірки переважають групи багатосірчастого вугілля (39,7 %) і малосірчастого (29,0 %). Переважна більшість запасів вугілля на родовищі залягає на глибині 600–900 м. Прогнозні ресурси вугілля пов'язані з вугільним пластом ν_6 , який розташований на глибині понад 900 м. Загальні розвідані запаси вугілля сягають 522884 тис. т, у тому числі: балансові запаси 467147 тис. т за категоріями В+С₁+С₂ або 89,3 %, забалансові – 55737 тис. т або 10,7 %. Балансові запаси вугілля марки К сягають 198073 тис. т, або 42,4 %. Прогнозні ресурси на родовищі порашовані тільки на полях шахт Любельські № 4 і 5 і становлять 371329 тис. т (Костик та ін., 2020).

Вугілля Любельського родовища відрізняється найвищою якістю в басейні, найменшою зольністю, вмістом сірки і найкращою здатністю до збагачення та коксування. Воно переважно коксівне і жирне марок К і Ж, а на полі шахти Любельська № 1 – коксівне.

За матеріалами ДП "Сі-Сі-Ай-Любеля" (2016), встановлено, що на ділянці Любельська № 3, зважаючи на гострий дефіцит коксівного вугілля в Україні, вугілля пласта π_7 може використовуватися для коксування, оскільки має невисоку зольність і сірчистість, вміст фосфору в межах норми та належить до марок К і Ж. Вугілля пластів π_1 , π_9 , π_8^a , π_7^a належить до марки Ж і як сировина для коксування має високу технологічну цінність, але для їх вугільних концентратів спостерігається підвищений вміст загальної сірки.

Газоносність вугільних пластів. Природна газоносність вугільних пластів вугленосної товщі родовища характеризується мінливістю як по площі, так і у вертикальному розрізі, що зумовлено геологічною історією розвитку (Анциферов та ін., 2010; Матрофайло та ін., 2017). За вмістом метану, азоту і вуглекислого газу за відомою класифікацією О.І. Кравцова (Кравцов та ін., 1980), на родовищі виділяються дві газові зони. Аналіз даних газового опробування показує, що всі вугільні пласти башкирського і серпуховського ярусів карбону залягають у метаново-азотній газовій зоні (газового вивітрювання), за винятком поля шахти Любельська № 3, де всі вугільні пласти, починаючи з π_9 залягають у метановій газовій зоні (Сокоренко та ін., 2011). Вугільні пласти π_0^6 і ν_6 на всій площі родовища залягають у метановій газовій зоні, поверхня якої знаходиться на глибинах 830–1130 м (абс. відм. – 680–800 м). Ізогаза (5 м³/т с.б.м.) проходить

на глибинах 920–1020 м (абс. відм. – 720–800 м). У північній частині родовища (поля шахт "Любельська" № 1 і 2) поверхня метанової газової зони знаходиться на глибині 830 м (абс. відм. – 680 м), починаючи з вугільного пласта π_0^6 . За даними (Бучинська та ін., 2011) границя між зоною вивітрювання та метановою зоною проходить безпосередньо над пластом π_0^6 і глибина її залягання змінюється від 800 м на півдні до 1000 м на півночі (рис. 2).

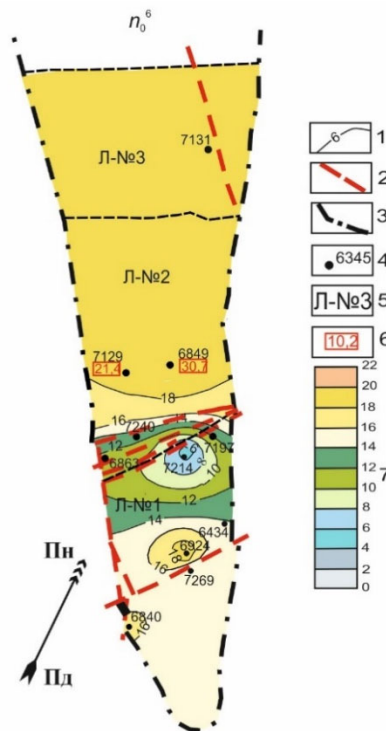


Рис. 2. Газоносність вугільного пласта π_0^6 Любельського родовища Львівсько-Волинського басейну (Бучинська та ін., 2011).

Умовні позначення: 1 – ізогази, м³/т.с.б.м.,
2 – тектонічні порушення, 3 – межі залягання пласта,
4 – свердловини, 5 – поля шахт Любельського родовища;
6 – аномальні значення газоносності,
7 – шкала газоносності (в м³/т с.б.м.)

Характеристику газових зон і компонентного складу газу у вугільних пластах по полях шахт родовища наведено в табл. 1 (Сокоренко та ін., 2011). Сучасна природна газоносність вугільних пластів π_7 , π_7^1 , π_7^{a-1} , π_7^{a-2} , π_7^a , π_8 , π_8^0 і π_9 , які залягають у метаново-азотній газовій зоні (вивітрювання), незначна і змінюється від 0,00 до 2,26 м³/т с.б.м. Вугільні пласти ν_6 , π_0^6 і π_7 , π_7^1 , π_7^a , π_8 , π_9 , які залягають у метановій газовій зоні на полях шахт Любельська № 1–4 характеризуються високою природною газоносністю – 9,60–30,70 м³/т с.б.м.

Отже, особливістю родовища є високий ступінь дегазації вугільних пластів, а в південній його частині на полях шахт Любельська № 1 і 2 у межах глибини залягання основних робочих пластів газ майже відсутній. Однак при проєктуванні вуглевидобутку на глибоких горизонтах Любельського родовища, а особливо в межах ділянок Любельська № 3 і 4, необхідно брати до уваги їхню газоносність і враховувати можливість дегазації вугільних пластів. Вугільний газ може розглядатися як самостійна копалина, видобування якої можливе в достатніх об'ємах та економічно доцільне.

Характеристика супутніх компонентів вугілля. Під час розвідувальних робіт на вугілля як основного виду

сировини на Любельському родовищі проводилися випробувальні роботи, зосереджені на отриманні даних щодо збагачення вугілля на германій, галій та інформації щодо поширення токсичних і потенційно-токсичних компонентів. Наявність підвищених концентрацій мікроелементів дозволяє розглядати вугілля як полімінеральну сировину.

Під час написання статті, узагальнення та систематизації матеріалу використовувалися спектральні аналізи середньопластових проб, яке виконувало ДП "Сі-Сі-Ай-Любеля" (2016), проводячи геолого-економічну оцінку запасів кам'яного вугілля родовища. Найцікавішими щодо потенційного використання є германій і галій, оскільки у світовій практиці розроблені методи вилучення цих елементів.

Усі вугільні пласти Любельського родовища містять германій і галій (табл. 2). Розподіл їх у стратиграфічному розрізі нерівномірний. Більш германієносні вугільні пласти b_3 , b_1 – у верхній частині розрізу, а також π_8^5 із вмістом понад 3,5 г/т сухого вугілля. Нижня частина розрізу характеризується більш низькими показниками вмісту германію (пласти π_8^B , π_8 , π_7^B , π_7). Такий характер розподілу узгоджується зі зростанням ступеня метаморфізму відповідно до

глибини залягання, у разі збільшення якої спостерігається зниження його вмісту (Бучинська та ін., 2019).

У межах Любельського родовища по площі спостерігається хвилеподібний характер розподілу концентрацій германію і галію з північного сходу на південний захід. Це загалом збігається з напрямом вуглефікації по басейну, згідно з яким південно-західна частина більше метаморфізована (Юдович та ін., 1985).

Хвилеподібний характер розподілу концентрацій спричинений процесом седиментації, який підпорядкований конседиментаційним тектонічним рухам, що мали вплив на водний режим палеоторфовищ, літологічну і фаціальну мінливість вугленосних відкладів у цілому. Встановлено, що накопичення галію у вугіллі відбувалося сингенетично нагромадженню вугілля, а джерелом його є продукти розмиву кори вивітрювання (Юдович та ін., 1985). Часті зміни та нерівномірність розподілу германію свідчить про суттєвий вплив коливальних рухів незначної амплітуди, які загалом не змінювали типу седиментації, а лише диференціювали геохімічну ситуацію (Лелик та ін., 1991; Бучинська та ін., 2015).

Таблиця 1

Характеристика газових зон вугленосних відкладів і вугільних пластів Любельського родовища кам'яного вугілля (за (Сокоренко та ін., 2011))

Поле шахти	Газова зона	Синоніміка вугільного пласта	Компонентний склад газу, %			Природна газонасиченість вугільного пласта, м³/т с. б. м.
			CO ₂	CH ₄	N ₂	
Любельська 1	метаново-азотна	π_7 , π_7^1 , π_7^{B-1} , π_7^{B-2} , π_8 , π_8^0	0,10–5,68	0,00–28,55	61,5–99,7	0,00–1,98
	метанова	π_0^6	0,71–1,40	53,9–93,8	5,64–39,16	12,30–20,57
Любельська 2	метаново-азотна	π_7 , π_7^1 , π_7^{B-1} , π_7^B , π_8 , π_8^0 , π_9	0,51–16,50	0,25–28,55	63,30–99,32	0,00–1,78
	метанова	π_0^6	0,05–2,10	51,14–92,24	6,77–49,93	4,61–30,70
Любельська 3	метанова	π_7 , π_7^1 , π_7^B , π_8 , π_9	0,08–3,64	50,55–97,34	3,82–41,22	9,78–22,48
Любельська 4	метаново-азотна	π_8^B , π_9	0,20–0,48	1,65–15,34	71,72–97,02	0,00–0,70
	метанова	π_7^B	0,09–0,15	51,5–84,55	39,70–48,50	9,60
Любельська 5	метаново-азотна	π_7^B , π_8^0 , π_8^B , π_9	0,16–0,63	11,97–33,95	52,19–98,07	0,00–2,26
	метанова	π_0^6	0,20–0,45	69,05–80,79	19,21–30,95	10,90–20,50

Таблиця 2

Вміст германію і галію у вугільних пластах поля шахти Любельська № 1 і 2 (за матеріалами ДП "Сі-Сі-Ай-Любеля", 2016)

Вугільний пласт	Германій, г/т вугілля	Галій, г/т вугілля
b_3	<u>0,9–6,2*</u> 3,63 (8)	<u>2,5–15,8</u> 9,16 (8)
b_1	<u>0,4–11,7</u> 3,9 (11)	<u>1,8–16,6</u> 6,9 (8)
π_9	<u>0,9–3,9</u> 2,2 (15)	<u>1,6–15,8</u> 6,7 (11)
π_8^5	<u>2,5–4,5</u> 3,5 (2)	<u>8,36–8,36</u> 8,36 (1)
π_8^B	<u>0,7–5,1</u> 2,9 (10)	<u>3,3–15,5</u> 7,17 (6)
π_8	<u>1,0–2,7</u> 1,6 (3)	<u>3,4–5,2</u> 4,3 (2)
π_7^B	<u>1,1–6,0</u> 2,54 (20)	<u>3,0–11,3</u> 6,3 (14)
π_7	<u>0,60–7,0</u> 2,3 (18)	<u>2,8–11,8</u> 5,7 (13)

Примітка: * у чисельнику значення від – до; у знаменнику – середнє значення, у дужках кількість визначень.

Дослідження ділянки Любельська № 3 (Бучинська та ін., 2019), за висновками Інституту вугільних енерготехнологій (ІБЕ) Національної академії наук України (м. Київ, 2015 р.), показало що вугілля пластів b_1 , π_9 , π_8^B , π_7^B , яке планується використовувати для спалювання

в енергетичних цілях, попутно може використовуватися як джерело германію. Підраховані запаси германію щодо фактичного вмісту в енергетичному вугіллі ділянки Любельська № 3 за категорією С₂ становили 248,41 т. Запаси галію не підраховувалися у зв'язку із вмістом, що

значно нижчий від концентрацій, які підлягають кількісній оцінці, з нерівномірністю розподілу елементу в межах поля шахти та відсутністю розробленої технології видобутку галію з вугілля.

Середні значення вмісту рідкісних і розсіяних елементів переважно дорівнюють фоновим або мають незначні відхилення в той чи інший бік. Однак слід зауважити, що в окремих пробах по вугільних пластах рівня промислового вмісту досягають ванадій (b_1 , 10^8), кобальт (10^7), які можуть вважатися потенційно-токсичними компонентами (Бучинська та ін., 2020), але в загальній масі вони не перевищують ГДК (гранично допустимі концентрації).

Середні значення вмісту токсичних і потенційно токсичних елементів по вугільних пластах шахтного поля – на рівні фонових концентрацій, значно нижчі ГДК і не будуть становити небезпеки під час експлуатації родовища (Про затвердження..., 1997). Із збільшенням ступеня метаморфізму відмічається перерозподіл елементів, а інколи зменшення їх концентрацій.

Варто звернути увагу на нагромадження відходів потенційної діяльності підприємств вуглевидобувної промисловості (Іванців та ін., 1999). Вони можуть бути оцінені як техногенні родовища для вилучення цінних мікроелементів. У роботах (Лелик та ін., 1995; Бик та ін., 2000) встановлено, що для порід відвалів характерний підвищений вміст рідкісних і розсіяних елементів, таких як германій, галій, срібло, мідь, молибден, скандій та ін. Економічна доцільність детального вивчення цих порід з метою вилучення з них цінних компонентів буде слугувати аналітичною базою для впровадження вигідних технологій.

Висновки. Нарощування мінерально-сировинної бази Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну можливо за рахунок будівництва та експлуатації гірничо-видобувних комплексів у межах родовищ Південно-Західного вугленосного району. У статті за результатами літературних джерел та власних досліджень попередніх років проаналізовано потенційну можливість використання супутніх ресурсів вугленосної товщі, що могло б забезпечити функціонування шахтного комплексу як рентабельного багатопродуктового виробництва.

Любельське родовище ЛВБ має значні запаси високоякісного вугілля, яке може використовуватися для коксування, що буде значним внеском у розвиток енергетичної бази України. Значна дегазація вугленосної товщі сукупно з високими технологічними якість вугілля і є причиною підвищеного інтересу до Любельського родовища. Вугільний газ глибоких горизонтів родовища може розглядатися як самостійна копалина, видобування якої можливе в достатніх об'ємах та економічно доцільне. Вугілля Любельського родовища може також бути придатним як сировина для видобутку германію. За окремими пробами концентрації галію, ванадію і кобальту досягають рівня умовно промислових, але не можуть використовуватися через нерівномірність розподілу елементів і відсутність розроблених технологій видобутку.

Проектуючи економічно вигідні технологічні схеми вуглевидобутку, потрібно враховувати весь комплекс показників щодо освоєння супутніх корисних копалин і компонентів вугілля. Комплексний підхід до видобування вугілля з вивченням газонасності вугленосної товщі, дослідженням вмісту і поширення мікроелементів у вугіллі та перспективності їх промислового використання дасть можливість оцінити потенціал шахти. Застосування таких засад один із перспективних напрямків стійкого розвитку вугледобувних регіонів з поступовим переходом від моноцентованого виробництва до багатопрофільного спрямування.

Список використаних джерел

- Анциферов, А.В., Голубев, А.А., Канін, В.А. та др. (2010). Газонасність і ресурси метана угольних басейнів України. Том 2. Донецьк: Изд-во Вебер (Донецкое отделение).
- Бик, С.І., Узіюк, В.І., Лазар, В.О., Аненков, В.А. (2000). Еколого-біохімічні особливості відходів вугілля Львівсько-Волинського басейну. *Вугілля України*, 7, 22–23.
- Бучинська, І.В., Явний, П.М., Книш, І.Б., Шевчук, О.М. (2011). Вугленосність і розподіл вугільних газів у розрізі нижнього карбону Любельського родовища Львівсько-Волинського басейну. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 3–4 (156–157), 57–67.
- Бучинська, І.В., Лазар, Г.І., Савчинський, Л.О., Шевчук, О.М., Круглова, Р.М. (2015). Геохімія германію у вугіллі Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 1–2 (166–167), 32–39.
- Бучинська, І.В., Лазар, Г.І. (2019). Германієність вугілля Любельського родовища Львівсько-Волинського басейну. *Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні: збірник тез наукової конференції, присвяченої 50-річчю Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка*, Київ, 14–16 травня 2019 р. Т. 2, 31–32.
- Бучинська, І.В., Шевчук, О.М. (2020). Комплексне освоєння Любельського родовища Південно-Західного вугленосного району Львівсько-Волинського басейну. *Сучасні проблеми гірничої геології та геокології: збірник матеріалів міжнародної наукової конференції*, Київ, 10–11 грудня 2020 р., 58–61.
- Бучинська, І.В., Матрофайло, М.М. (2021). Перспективи нарощування мінерально-сировинної бази Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Гірничі геологія та геокологія*, 1, 5–23. <http://journal.geokomine.com.ua/article/view/234260>
- Іванців, О.Є., Лизун, О.О., Кухар, З.Я. (1999). Геолого-екологічні та соціальні проблеми Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 2, 20–28.
- Костик, І.О., Бучинська, І.В., Побережський, А.В. (2020). Класифікація запасів вугілля Тягівського і Любельського родовищ Південно-Західного вугленосного району Львівсько-Волинського басейну за основними природними показниками. *Геологічний журнал*, 1 (374), 53–69. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.1.214013>
- Кравцов, А.І., Лидин, Г.Д. (1980). Миграция газов и газовая зональность. В *Газонасность угольных бассейнов и месторождений СССР*. Москва: Недра, 56–73.
- Кушнірук, В.А. (1978). Газонасность угленосной толщи Львовско-Волынского угольного бассейна. Киев: Наук. думка.
- Лелик, Б.І., Степаненко, Я.Г., Дмитренко, М.В. (1995). Актуальність геоекологічних досліджень відходів діяльності підприємств Львівсько-Волинського басейну. *Вугілля України*, 12, 16–17.
- Лелик, Б.І., Шульга, В.Ф. (1991). Особливості розподілу рідких і розсіяних елементів у вугленосній формації Львівсько-Волинського басейну. *Доп. АН УРСР*, 1, 70–73.
- Матрофайло, М.М., Бучинська, І.В., Побережський, А.В. (2017). Походження і розподіл вуглеводневих газів у вугленосних відкладах Львівсько-Волинського басейну. *Геологія і геохімія горючих копалин*, 3–4 (172–173), 87–105.
- Павлюк, М.І., Побережський, А.В., Бучинська, І.В. (2015). Перспективи розвитку вуглевидобувного комплексу Львівсько-Волинського басейну (Любельське родовище). *Геологія горючих копалин: досягнення і перспективи: Матеріали міжнародної наукової конференції*, Київ, 2015 р., 2–4 вересня, 61–65.
- Про затвердження Інструкції про зміст, оформлення і порядок подання в ДКЗ України матеріалів з геолого-економічної оцінки запасів вугілля і горючих сланців. (1997). Наказ ДК України по запасах корисних копалин при Держкомгеології України від 3 жовтня 1997 року № 83. http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/REG2303.html
- Сокоренко, С., Костик, І., Матрофайло, М. (2011). Особливості сучасної природної газонасності вугільних пластів та вуглевмісних порід Любельського родовища кам'яного вугілля Львівсько-Волинського басейну. *Геолог України*, 2 (34), 81–89.
- Юдович, Я.Э., Кетрис, М.П., Мерц, А.В. (1985). Элементы-примеси в ископаемых углях. Ленинград: Наука
- Vivcharenko, O.V. (2014). Restructuring of coal industry in Ukraine. *Min. miner. depos.*, 8 (1), 7–12. <https://doi.org/10.15407/mining08.01.007>

References

- Antsyferov, A.V., Golubev, A.A., Kanin, V.A. et al. (2010). Gas content and methane resources of coal basins of Ukraine. Vol. 2. Donetsk: Weber Publishing House (Donetsk branch), 478. [in Russian]
- Buchynska, I.V., Shevchuk, O.M. (2020). Integrated development of Lyubelya field of the South-Western coal-bearing region of the Lviv-Volyn Basin. *Modern problems of mining geology and geocology: a collection of abstracts of the International scientific conference, Kyiv, December 10–11, 2020*, 58–61. [in Ukrainian]
- Buchynska, I.V., Lazar, G.I. (2019). Germanicity of coal of the Lyubelya deposit of the Lviv-Volyn basin. *Achievements and prospects for the development of geological science in Ukraine: a collection of abstracts of a scientific conference dedicated to the 50th anniversary of the M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation, Kyiv, May 14–16, 2019*, Vol. 2, 31–32. [in Ukrainian]
- Buchynska, I.V., Lazar, G.I., Savchynsky, L.O., Shevchuk, O.M., Kruglova, R.M. (2015). Geochemistry of germanium in the coal of the Lviv-Volyn coal basin.

Geology & Geochemistry of Combustible Minerals, 1–2 (166–167), 32–39. [in Ukrainian]

Buchynska, I.V., Matrofailo, M.M. (2021). Prospects for increasing the mineral resource base of the Lviv-Volyn coal basin. *Mining geology and geoecology*, 1, 5–23. <http://journal.geoekomine.com.ua/article/view/234260> [in Ukrainian]

Buchynska, I.V., Yavny, P. M., Knysh, I.B., Shevchuk, O.M. (2011). Coal content and distribution of coal gases in the Lower Carboniferous section of the Lyubelya deposit of the Lviv-Volyn basin. *Geology & Geochemistry of Combustible Minerals*, 3–4 (156–157), 57–67. [in Ukrainian]

Byk, S.I., Uziuk, V.I., Lazar, V.O., Anenkov, V.A. (2000). Ecological and biochemical features of coal waste of the Lviv-Volyn basin. *Coal of Ukraine*, 7, 22–23. [in Ukrainian]

Ivantsiv, O.E., Lyzun, O.O., Kuhar, Z.Y. (1999). Geological, ecological and social problems of the Lviv-Volyn coal basin. *Geology & Geochemistry of Combustible Minerals*, 2, 20–28. [in Ukrainian]

Kostyk, I.O., Buchynska, I.V., Poberezhskyy, A.V. (2021). Classification of coal reserves of Tyaglivsky and Lyubelya deposits of the South-Western coal-bearing district of the Lviv-Volyn basin according to the main natural indicators. *Geological Journal*, 1 (374), 53–69. DOI: <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.1.214013> [in Ukrainian]

Kravtsov, A.I., Lidin, G.D. (1980). Gas migration and gas zoning. In: Gas content of coal basins and deposits in the USSR. Moscow: Nedra, 56–73. [in Russian]

Kushniruk, V.A. (1978). Gas content of the coal-bearing strata of the Lvov-Volyn coal basin. Kiev: Naukova dumka, 120. [in Russian]

Lelyk, B.I., Shulga, V.F. (1991). Peculiarities of distribution of liquid and scattered elements in the coal-bearing formation of the Lviv-Volyn basin. *Extra USSR Academy of Sciences*, 1, 70–73. [in Ukrainian]

Lelyk, B.I., Stepanenko, Ya.G., Dmytrenko, M.V. (1995). Relevance of geoecological research of waste enterprises of the Lviv-Volyn basin. *Coal of Ukraine*, 12, 16–17. [in Ukrainian]

Matrofailo, M.M., Buchynska, I.V., Poberezhskyy, A.V. (2017). Origin and distribution of hydrocarbon gases in coal-bearing deposits of the Lviv-Volyn coal basin. *Geology & Geochemistry of Combustible Minerals*, 3–4 (172–173), 87–105. [in Ukrainian]

On approval of the Instruction on the content, design and procedure for submission to the SCC of Ukraine of materials on geological and economic assessment of coal and oil shale reserves. (1997). Order of the SC of Ukraine on mineral reserves at the State Committee of Geology of Ukraine of October 3, 1997, No. 83. Kyiv. http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/REG2303.html [in Ukrainian]

Pavlyuk, M.I., Poberezhskyy, A.V., Buchynska, I.V. (2015). Prospects for the development of the coal-mining complex of the Lviv-Volyn basin (Lyubelya deposit). *Geology of combustible minerals: achievements and prospects: materials of the international scientific conference*, Kyiv, September 2–4, 2015, 61–65. [in Ukrainian]

Sokorenko, S., Kostyk, I., Matrofailo, M. (2011). Features of modern natural gas potential of coal seams and coal-bearing rocks of the Lyubelya coal deposit of the Lviv-Volyn basin. *Geologist of Ukraine*, 2 (34), 81–89. [in Ukrainian]

Vivcharenko, O.V. (2014). Restructuring of coal industry in Ukraine. *Min. miner. depos.*, 8 (1), 7–12. <https://doi.org/10.15407/mining08.01.007>

Yudovich, Ya.E., Ketris, M.P., Merts, A.V. (1985). Elements-impurities in fossil fields. Leningrad: Nauka, 239. [in Russian]

Надійшла до редколегії 18.11.22

I. Buchynska, PhD (Geol.), Senior Research
e-mail: ibuchynska@ukr.net

M. Matrofailo, PhD (Geol.-Min.), Senior Research
e-mail: mmatrofailo@gmail.com

A. Poberezhskyy, PhD (Geol.-Min.), Senior Research
e-mail: igggk@mail.lviv.ua

Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine,
3a Naukova Str., Lviv, 79060, Ukraine

COMPREHENSIVE DEVELOPMENT OF ASSOCIATED MINERALS AND COAL COMPONENTS OF THE LYUBELYA DEPOSIT OF THE LVIV-VOLYN BASIN

The potential of coal deposits is determined not only by the establishment of coal bearing capacity, but also by a number of criteria determined by the complex extraction of associated minerals and coal components. One of the main reserves of replenishment of the mining mine fund of the Lviv-Volyn coal basin (LVB) is the South-Western coal-bearing area. The Lyubelya coal deposit is located in the south-western part of the Lviv-Volyn basin within the Kariv syncline.

The Lyubelya deposit is the most submerged part of the LVB with the most complete stratigraphic section. The coal-bearing stratum is gas-bearing and germanium-bearing. Integrated use of the raw material base of LVB with the use of certain technologies of preliminary gas extraction will help to increase the profitability of the coal mining complex and prevent accidents. The deposit has significant reserves of high-quality coal that can be used for coking, which will be a significant contribution to the development of the Ukraine's energy base. Coal of grades Zh, KZh and K is widespread at the Lyubelya deposit. Coking coal makes up almost half of the field's reserves. The total explored coal reserves are 522884 thousand tons. Significant degassing of the coal seam in combination with high technological qualities of coal is the reason for the increased interest in the Lyubelya deposit. In its southern part, gas is almost absent in the fields of the Lyubelya mines No. 1 and 2, within the depths of the main working layers. But coal seams v_6 , n_0^6 , n_7 , n_7^1 , n_7^2 , n_8 , n_9 lie in the methane gas zone in the fields of Lyubelya mines No. 1–4 and are characterized by high natural gas content – from 9.60 to 30.70 m³/t s.b. Methane gas zone is immersed in the direction of the bottom of the Kariv syncline. When designing coal mining in the deep horizons of the Lyubelya field, it is necessary to take into account their gas potential and the possibility of degassing of coal seams. Coal gas can be considered as a stand-alone mineral that can be extracted in sufficient quantities and economically feasible. Coal from the Lyubelya deposit may also be suitable as a raw material for the extraction of germanium. Thus, the estimated reserves of germanium in terms of actual content in the coal of the Lyubelya No. 3 section in category C₂ amounted to 248.41 tons.

The Lyubelya deposit of LVB has significant reserves of high-quality coal that can be used for coking, which will be a significant contribution to the development of the Ukraine's energy base. When designing cost-effective technological schemes of coal mining, it is necessary to take into account the whole set of indicators for the development of related minerals and coal components.

Keywords: coal reserves, gas-bearing capacity, Germanium-bearing capacity, complex use, Lyubelya deposit, Lviv-Volyn basin.