

© В.С. Савчук<sup>1</sup>, В.Ф. Приходченко<sup>1</sup>, Н.В. Хоменко<sup>1</sup>, Д.Ю. Хоменко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна

<sup>2</sup> Сілезький університет у Катовицях, Польща

## СКЛАД ТА ЯКІСТЬ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ ШАХТИ № 10 «НОВОВОЛИНСЬКА» ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО БАСЕЙНУ І ОСНОВНІ НАПРЯМИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

© V. Savchuk<sup>1</sup>, V. Prykhodchenko<sup>1</sup>, N. Khomenko<sup>1</sup>, D. Khomenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

<sup>2</sup> University of Silesia in Katowice, Poland

## COMPOSITION AND QUALITY OF COAL SEAMS OF MINE 'NOVOVOLYNSKA' NO. 10 IN THE LVIV-VOLYN BASIN AND THE PRIMARY DIRECTIONS OF THEIR UTILIZATION

**Мета.** Комплексна оцінка складу та якості промислових вугільних пластів поля шахти «Нововолинська» №10 Львівсько-Волинського басейну, встановлення марочного складу і визначення можливостей раціонального їх використання.

**Методика.** Застосовано комплекс геологічних методів. Вивчення петрографічного складу, структурних особливостей та встановлення ступеня відновленості виконано по брикет-аншліфам у відбивному та прохідному світлі з використанням тринокулярного оптичного мікроскопу «Полар 312». Визначення петрографічних типів здійснено відповідно до петрографічної класифікації ВСЕГЕІ та класифікації Ю.А. Жемчужникова. Типізація вугільних пластів виконувалась із застосуванням методики І.Б. Волкової, визначення відновленості за методикою І.В. Срьоміна. Узагальнення показників якості вугілля дало змогу виконати визначення марочного складу вугілля, як за діючими в Україні стандартами, так і міжнародними стандартами та визначити напрямки його використання. Як базове програмне забезпечення використано операційну систему Windows Microsoft Office.

**Результати.** Комплексний підхід у вивченні петрографічного складу і якості вугілля дозволив надати детальну характеристику складу та якості вугілля, виявити латеральні закономірності у їх зміні, визначити марочний склад і встановити напрямки використання.

**Наукова новизна.** Вперше вугільним пластам поля шахти «Нововолинська» №10 надана детальна петрографічна характеристика на рівні мацералів та наведено типовий петрографічний їх склад. Виявлені генетичні особливості вугілля та ступінь їх відновленості. Встановлені особливості складу та якості вугілля у порівнянні з товарною продукцією інших шахт Волинського родовища.

**Практична значимість.** Визначено марочний склад вугілля за діючими класифікаціями України, Польщі та за Міжнародною класифікацією вугілля у пластах. Встановлена енергетична і технологічна їх цінність вугілля, визначені напрямки їх використання у промисловості. Показано доцільність і перспективність залучення запасів вугілля поля шахти «Нововолинська» №10 до паливної бази України.

**Ключові слова:** вугілля, типовий петрографічний склад, якість, марка, енергетична і технологічна цінність.

**Вступ.** Аналіз перспективи світового ринку кам'яного вугілля показав що у найближчому майбутньому не очікуються значні зміни у його використанні. Так потреба тільки у металургійному вугіллі в 2020 році склала 281 млн. т, а у 2022 році вже 313 млн.т. [1]. Головною складовою мінерально-сировинної бази України є вугілля, єдина сировина запаси якої здатні потенційно забезпечити паливно-енергетичний комплекс країни [2, 3]. Науково-технічна стратегія видобутку вугілля спрямована на підвищення ефективності його застосування. Нові напрями використання вугілля, необхідність визначення вугілля з необхідними характеристиками, встановлення їх взаємозамінності в різних технологічних процесах потребує більш детального вивчення генетичних особливостей його складу та якості. Розширення сировинної бази теплової енергетики можливе за рахунок термохімічної переробки вугілля. Тому актуальними, як і раніше, залишаються дослідження які спрямовані на більш раціональне використання існуючих запасів вугілля [4, 5]. Особливо актуальне це питання для Львівсько-Волинського басейну, де розташовані значні запаси кам'яного вугілля. У теперішній час у Нововолинському геолого-промисловому районі відбувається закриття шахт. Замість них буде введено в дію шахта № 10 «Нововолинська». Тому визначення складу та якості вугілля цієї шахти набуває відповідної актуальності.

Для забезпечення більш достовірних вихідних геологічних матеріалів для будівництва шахти № 10 «Нововолинська» у період 1986–1992 р.р. була проведена дорозвідка шахтного поля. Отримані дані дозволили визначити основні показники складу та якості вугільних пластів  $v_7$ ,  $v_4$ ,  $v_1$ ,  $p_{12}$ ,  $p_8$ ,  $p_7^B$ ,  $p_7$ , встановити марочну приналежність вугілля за діючими на той час стандартами та спрогнозувати можливі напрями використання товарної продукції шахти.

Слід відзначити, що характеристика петрографічному складу була надана за валовим складом у скороченому вигляді і без встановлення ступеня і класу метаморфізму. Складу і якості вугільним пластам була надана загальна характеристика, без визначення марочного складу вугілля за новими стандартами.

Отримані данні є підставою для подальшого проведення досліджень з визначення особливостей складу та якості вугілля і проведення порівняння з товарною продукцією шахт Волинського родовища

**Методика роботи.** Для вирішення завдання застосовується сукупності геологічних методів.

Вивчення петрографічного складу було виконано по брикет-аншліфам у відбивному світлі, а визначення структурних особливостей мацералів і встановлення ступені відновленості проведена у шліфах у прохідному світлі. Для проведення робіт був застосований оптичний мікроскоп тринокулярний «Полар 312».

Петрографічні типи вугілля визначались відповідно до петрографічної класифікації ВСЕГЕІ та петрографічної класифікації Ю.А. Жемчужникова. Типізація вугільних пластів за петрографічним складом виконана за методикою І.Б. Волкової. Визначення відновленості виконане петрографічним способом і за методикою, розробленою І.В. Єрьоміним для основних вугільних басейнів.

Стадії та класи метаморфізму визначено за значеннями показників відбиття вітриніту згідно з ГОСТ 12113-94 (ИСО 7404-5-85).

Після узагальнення показників якості вугілля було проведено визначення їх марочного складу, як за діючими в Україні стандартами, так і міжнародними.

Як базове програмне забезпечення використано операційну систему Windows, Microsoft Office, зокрема Access для розробки бази даних, Excel для розрахункових робіт та побудови графіків та діаграм. Коефіцієнти кореляції, діаграми частотного розподілу показників та описова статистика виконані в програмі STATISTICA.

**Основна частина.** За територіальною приналежністю, структурними особливостями, вугленосністю і станом промислового освоєння басейн поділяється на три геолого-промислові райони: Нововолинський, Червоноградський і Південно-Західний.

До складу Нововолинського геолого-промислового району входять Волинське і Бубнівське родовища. Перше розміщене в північній частині басейну, займаючи площу близько 370 км<sup>2</sup>. На родовищі працювало дев'ять шахт. Потужність шахт складала 300–400 тис. т вугілля на рік. Робочі пласти  $n_7^1$ ,  $n_7$ ,  $n_7^B$ ,  $n_8$ . Бубнівське родовище промислового значення не має [6].

Північним та південним кордоном поля шахти «Нововолинська № 10» є умовні лінії, західним кордоном є державний кордон з Польщею, а на сході – кордон з полем шахти № 1. Площа шахтного поля 29,1 км<sup>2</sup>.

У структурному плані поле шахти № 10 характеризується більш глибоким чим на Волинському родовищі моноклінальним заляганням відкладів кам'яновугільного віку, у межах 350–650 м.

У відкладах кам'яновугільного періоду на площі ділянки виявлено близько 40 прошарків вугілля. Промислові вугільні пласти пов'язані з серпуховським ярусом.

В башкирському ярусі до промислового віднесено пласт  $v_4$ . На більшій частині пласт розмитий, або має неробочу потужність. Тільки в західній та південно-західній частинах шахтного поля пласт характеризується кондиційною товщиною від 0,52 до 0,87 м в середньому 0,6–0,70 м. Від центра ділянки до периферії відзначається зменшення потужності пласта. Будова пласта проста. Пласти башкирського ярусу в басейні не видобувалися.

В бужанській світі серпуховського ярусу встановлено три пласти ( $n_8$ ,  $n_7^B$ ,  $n_7$ ), які мають промислове значення [6].

**Пласт  $n_8$**  у межах Нововолинського геолого-промислового району відноситься до основних і видобувався всіма шахтами. Пласт залягає на глибині від 300 до 615 м. Його товщина в районі змінюється від 0,70–0,80 м до 1,30–1,45 м. Найбільшу потужність пласт набуває на заході Волинського родовища. Так на північному крилі шахти № 1 вона сягає до 3,2 м. Зниження потужності зафіксовано на ділянці Порицькій та у гірничих виробках шахти № 7. У південній частині родовища пласт має просту будову, у крайній південно-західній частині він розщеплюється на дві пачки, що розділені прошарком аргіліту. У покрівлі пласта залягають аргіліти, в підшві – алевроліти.

Через наявність формаційного розмиву та епігенетичних юрських розмивів пласт поля шахти № 10 розповсюджено у вигляді трьох ізольованих лінз: південно-західній, східній та північній.

На площі південно-західної лінзи пласт характеризується простою будовою і витриманою потужністю – 0,7–1,10 м.

Потужність пласта північно-східної лінзи змінюється у межах 0,65–2,34 м, при середніх значеннях 0,90–1,10 м.

В периферійних частинах ділянки пласт має просту будову, а в центральній частині двопачкову. Вугільні пачки рівнозначні, потужність їх змінюється в межах 0,30–1,06 м, в середньому 0,6–1,0 м. Потужність прошарку, який розділяє пачки вугілля 0,05–0,58 м, в середньому 0,2–0,3 м.

Потужність пласта на площі південної лінзи змінюється у межах 0,65–1,15 м, середня 0,7–1,0 м. Будова пласта проста. Практичний інтерес вугільний пласт має на половині шахтного поля.

В петрографічному складі переважає гумусове вугілля. Макроструктура вугілля комплексносмугаста. Відзначається нашарування смуг напівблискучого вугілля потужністю до 15 мм та більш вузьких (2–4 мм) смуг блискучого вугілля. Інколи зустрічаються включення фізюену переважно завтовшки 2–3 мм. Значно менше поширені напівматові та матові різності вугілля. За шириною смуг вугілля відноситься до різносмугастого. У свою чергу, серед напівблискучих смуг відзначається більш тонка неясно виявлена смугастість за рахунок переміжності блискучих, напівблискучих інколи напівматових смуг. Переважне розповсюдження мають напівблискучі та блискучі різності, які у сумі складають близько 80 %. Злам вугілля нерівний, ступінчатий. В прохідному світлі відзначаються чергування смуг кларену, дюрено-кларену та вітрени, кларено-дюрену та фізюену. Переважає кларен з включеннями мікро, макроспор та кутикули. По нашаруванню відзначаються поступові переходи кларенів у дюрено-кларени та кларено-дюрени. Кордони між вітреном та ультраклареном не завжди чіткі. Головним петрографічним компонентом вугільного пласта є геліфікована речовина, вміст якої по дільницям шахтних полів змінюється від 69,0 % до 77,2 %. Для вугілля пласта поля шахти №10 кількість групи вітриніту змінюється в межах 59–83 %, в середньому 68,2%. Вітрени переважно червоного кольору, представлені стебловими та рідкими велико деревинними тканинами з реліктами клітинної будови. Стінки клітин помаранчевого кольору. В значній кількості присутні паренхіми тканини. Основна маса переважно прозора, інколи напівпрозора та непрозора [7].

Вміст компонентів групи інертиніту в середньому 18,3 % при коливанні по окремим свердловинам від 10,0 до 26,0 %. Представлені вони фрагментами рослинних тканин різного ступеню фізюенізації та збереженості структури клітин. Частіш за все це залишки лінзовидної, іноді напівкруглої та округлої форми, розміром від 0,01 до 2,5 мм. Фрагменти орієнтовані у більшості випадків паралельно до напластування. Подекуди, переважно у верхній частині пласта, відмічається їх розташування під кутом. У складних за вмістом прошарках переважає фізюефікована основна маса. Великі фрагменти фізюену зустрічаються нечасто.

Група ліптиніту присутня у кількості від 7,0 % до 27,0 %. Вона представлена макро- і мікроспорами та кутикулою. Зустрічаються спорангії та спороносні колоски. В окремих вугільних шарах, що залягають ближче до покрівлі, відмічаються водорості. Спори розташовані вкрай нерівномірно. Їх колір переважно жовтий, рідше помаранчево-жовтий. Кутикула як товстостінна, так і тонкостінна. Товсті смуги та фрагменти кутикули відносяться до спороносних пагонів [7].

За петрографічними даними вугілля пласта відноситься до середньо відновленої групи За співвідношенням хіміко-технологічних характеристик, відповідно методики І.В. Єр'оміна, воно належить до слабо відновленої групи

Вугілля пласта знаходиться на незначній стадії метаморфізму. Відповідно до ГОСТ 21489-76, за середнім значенням показника відбиття вітриніту ( $R_o$ ,%) вугілля пласта належить до 11 класу I–II стадії метаморфізму. Вугілля окремих свердловин за значеннями цього показника знаходяться на II стадії і належать до 12 класу метаморфізму.

Результати технічного аналізу вугілля дають змогу визначити співвідношення баласту та органічного матеріалу, та оцінити його енергетичну цінність.

Вологість вугілля ( $W^a$ , %) пласта  $n_8$  по площі Волинського родовища змінюється в межах 1,9–4,3 %, в середньому 3,2 %. По полю шахти №10 значення цього показника змінюються від 0,6 до 6,0 % в середньому 3,0 %. Відрізняється вугілля даного шахтного поля і за вмістом робочої вологи ( $W_t^r$ , %). Її кількість у видобутому вугіллі Нововолинського родовища коливається від 7,7 до 8,5 %, тоді як для поля шахти №10 середні її значення для пласта складають 5,5 % [8].

Зольність – один з основних показників, який характеризує якість вугілля та напрями його використання. Зольність вугільних пачок ( $A_{в.п}^d$ ) пласта  $n_8$  на Нововолинському родовищі змінюється від 11 % до 16 % і в середньому складає 12,1 %, що дозволяє віднести їх до групи середньо зольних. Більш висока зольність 17,7–24,5 % відзначається на невеликих дільницях. Зольність товарної продукції шахт змінюється від 10,8 % (шахта № 9 ) до 23,2 % (шахта № 5). Зольність вугільних пачок пласта  $n_8$  на полі шахти №10 змінюється від 3,8 до 30,9 %, складаючи у середньому 13,0 %. Відповідно до ГОСТ 8184-70, вугілля відноситься до класу середньо зольних. Характер зольності відносно витриманий.

У складі золи переважають компоненти  $Al_2O_3$  та  $SiO_2$  (тугоплавкі), а  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $CaO$  (легкоплавкі) мають підпорядковане значення. Зола вугілля відноситься до середньо плавкої. За хімічним складом зола вугілля класифікується як заліzysta.

Середні значення вмісту загальної сірки ( $S_t^d$ ) по пласту  $n_8$  за даними геологорозвідувальних робіт для окремих шахтних полів змінюються в діапазоні 3–5 %. Переважає сірчисте вугілля, інколи високосірчисте. Товарна продукція пласта Нововолинських шахт характеризується сірчистістю 2–3,7 %. У її складі переважає тонко дисперсний пірит, що утруднює збагачення вугілля по сірці. Сірчистість пласта  $n_8$  по полю шахти № 10 змінюється в широкому діапазоні значень – від 0,83 до 6,55 % і у середньому складає 2,0 %. За існуючим стандартом вугілля належить до групи сірчистого вугілля. Піритна сірка складає 66,3 %, а органічна 33,3 %. Кількість сульфатної сірки незначна і дорівнює 0,02 %.

Вугілля Львівсько-Волинського басейну переважно середньо фосфористе (0,01–0,03 %). До цієї групи відноситься і вугілля пласта  $n_8$  шахтного поля № 10. Вміст фосфору тут незначний (0,02 %). При використанні такого вугілля у енергетиці негативного впливу не передбачається. На Волинському родовищі вища питома теплота згоряння ( $Q_s^{daf}$ ) вугілля пласта  $n_8$  змінюється незначно. Основну площу займає вугілля з теплотою згоряння 7000–8000 ккал/кг. На полі шахти №10 середнє значення цього показника дорівнює 7894 ккал/кг. Тепловий еквівалент становить 0,87.

Вугілля пласта  $n_8$  за даними свердловин характеризується високими значеннями виходу летких речовин ( $V^{daf}$ , %) в межах 30,2–44,7 % (табл. 1). Середнє значення цього показника 37,0%. За результатами опробування товарної продукції шахт пласта  $n_8$ , показник змінюється від 38,0 до 40,4 % у середньому дорівнює 39,1 %. Вугілля характеризується вельми слабкою та слабкою спікливістю ( $Y$ , мм) та значною усадкою ( $X$ , мм). Товщина пластичного шару товарної продукції шахт змінюється від 6 до 8 мм., при середньому значенні 7 мм. Вугілля пласта  $n_8$  ділянки поля шахти №10 характеризується незначно більшою спікливістю (табл. 1). При коливаннях товщини пластичного шару по окремим свердловинам у межах 3–16 мм., середнє його значення складає 8 мм. Значення показника Рога у середньому сягають 22 умовних одиниць (табл. 1).

**Пласт  $n_7^B$**  поширений на майже всій території, характеризується простою будовою та нестійкою потужністю. Глибина залягання пласта коливається у межах 393–620 м. Промислове значення набуває в південній та центральній частинах шахтного поля. Його потужність 0,65–0,75 м, місцями до 0,95–1,05 м. На північній площі, з балансовими запасами, потужність пласта зменшується до 0,5–0,6 м. На інших площах потужність пласта не перевищує 0,30–0,45 м.

Характерною особливістю пласта є наявність в його покрівлі прошарку аргіліту, з підвищеним вмістом вуглистої матеріалу. Його потужність 0,05–1,05 м, при середніх значеннях 0,30–0,40 м.

За петрографічним складом вугілля гумусове. Переважають напівблискучі та блискучі різновиди, які у сумі складають 78%.

У петрографічному складі вугілля переважає група вітриніту. Її кількість по площі поширення пласта змінюється в межах 54,0–86,0 %, складаючи у середньому 70,3 %. Значною зміною вмісту характеризується група інертиніту. При коливаннях фізико-хімічних фрагментів у межах 7,0–32,0 % середній її вміст складає 19,5 %.

Група ліптиніту присутня у кількості від 1,0 % до 22,0 %, при середньому значенні 8,3 %. У прохідному світлі колір їх змінюється – від жовтого до червоно-помаранчевого. Більше зустрічаються мікроспори. Колір їх переважно ясно-жовтий. По площі вони розміщуються нерівномірно. Більшість макроспор збереглися уривками. В незначній кількості присутня товстостінна і тонкостінна кутикула. Колір їх помаранчево-жовтий. Кутикула поганої збереженості.

Таблиця 1

Характеристика класифікаційних показників і марочного складу вугілля  
Волинського родовища

Шахта	Індекс пласта	Класифікаційні показники від – до середнє (кількість випробувань)				Марка вугілля		
		Показник відбиття вітриніту, R <sub>o</sub> , %	Вихід легких, V <sub>daf</sub> , %	Індекс Рога, ум.од.	Товщина пластинного шару, Y, мм	ДСТУ 3472-2015	PN-G- 97002:2018-11	ISO 11760
Нововолинська №10	B <sub>7</sub>	$\frac{0,59-0,77}{0,65(9)}$	$\frac{31,2-41,9}{37,0(30)}$	18	$\frac{0-13}{9(29)}$	$\frac{Д-Г}{ДГ}$	$\frac{typ\ 31 - typ\ 32}{typ\ 32}$	Ortho-bituminous
	B <sub>4</sub>	$\frac{0,56-0,73}{0,64(26)}$	$\frac{31,6-44,8}{37,5(73)}$	18	$\frac{4-16}{8(73)}$	$\frac{Д-Г}{ДГ}$	$\frac{typ\ 31 - typ\ 32}{typ\ 32}$	
	B <sub>1</sub>	$\frac{0,6-0,65}{0,63(2)}$	$\frac{29,9-46,0}{35,4(35)}$	19	$\frac{3-15}{8(37)}$	$\frac{Д-Г}{ДГ}$	$\frac{typ\ 31 - typ\ 32}{typ\ 32}$	
	n <sub>12</sub>	$\frac{0,57-0,75}{0,67(13)}$	$\frac{30,2-44,7}{36,9(76)}$	19	$\frac{3-15}{8(74)}$	$\frac{Д-Г}{ДГ}$	$\frac{typ\ 31 - typ\ 32}{typ\ 32}$	
	n <sub>8</sub>	$\frac{0,60-0,79}{0,69(51)}$	$\frac{30,2-44,7}{37,0(140)}$	22	$\frac{3-16}{8(147)}$	$\frac{Д-Г}{ДГ}$	typ 32	
	n <sub>7<sup>B</sup></sub>	$\frac{0,60-0,79}{0,69(48)}$	$\frac{29,3-42,9}{34,6(144)}$	23	$\frac{0-15}{9(160)}$	$\frac{Д-Г}{ДГ}$	typ 32	
	n <sub>7</sub>	$\frac{0,61-0,83}{0,69(51)}$	$\frac{30,1-44,3}{36,7(144)}$	22	$\frac{0-16}{8(165)}$	$\frac{Д-Г}{ДГ}$	typ 32	
Нововолинська № 1-9 (товарна продукція шахт)	n <sub>8</sub>	$\frac{0,61-0,70}{0,64}$	$\frac{38,0-40,4}{39,1}$	$\frac{16-19}{18}$	$\frac{6-8}{7}$	ДГ	typ 32	
	n <sub>7</sub>	$\frac{0,62-0,71}{0,66}$	$\frac{35,0-40,6}{37,3}$	$\frac{15-19}{16}$	$\frac{5-8}{6}$	ДГ	typ 32	

Вугілля пласта знаходиться на незначній стадії метаморфізму. Значення відбивної здатності вітриніту коливається в межах 0,60–0,79 %. Середнє його значення дорівнює 0,69%. Відповідно до ГОСТ 21489-76 вугілля пласта належить до 11 класу і знаходиться на I–II стадії метаморфізму.

За хіміко-технологічними показниками вугілля пласта  $n_7^B$  незначно відрізняється від пласта  $n_8$ . Вологість вугілля ( $W^a$ , %) пласта коливається у межах 0,8–6,4 %, складаючи у середньому 2,7 %. Вугілля характеризується більшими значеннями такого показника, як вміст робочої вологи ( $W_t^r$ , %). Її кількість коливається у межах 4,3–6,0 %, тоді як для пласта  $n_8$  її значення складають 5,5 %.

Зольність вугільних пачок пласта  $n_7^B$  на полі шахти № 10 коливається у межах 5,8–32,4 %, складаючи у середньому 17,7 %, що більше зольності вугільних пачок пласта  $n_8$ . Відповідно до ГОСТ 8184-70, вугілля відноситься до високо зольного. Зольність з урахуванням засмічення в середньому по пласту складає 17,9%. Характер зольності відносно витриманий.

У складі золи переважають тугоплавкі компоненти  $Al_2O_3$  та  $SiO_2$ , кількість яких у середньому складає 68,6 %. За хімічним складом зола вугілля класифікується як кременева. Зола вугілля відноситься до тугоплавкої.

Сірчистість вугілля пласта змінюється від 0,8 до 5,8 %, у середньому 2,5 %. Переважним різновидом сірки є сульфідна, кількість якої складає 1,88 % (67,6 % від загального вмісту сірки). Вміст сульфатної сірки в середньому складає 0,01 % (0,4 % від загального вмісту сірки).

Вихід летких речовин ( $V^{daf}$ ) по площі поля шахти № 10 змінюється від 29,3 до 42,9 %, у середньому 34,6 %.

Вища питома теплота згоряння вугілля ( $Q_s^{daf}$ ) 7293 ккал/кг. Тепловий еквівалент 0,75.

Вугілля характеризується вельми слабкою та слабкою спікливістю та значною усадкою. Товщина пластичного шару змінюється у діапазоні 0–15 мм., при середньому значенні 9 мм. Закономірностей зміни цього показника по площі поширення пластів не встановлено. Спікливість за методом Рога дорівнює 23 ум.од. (див. табл. 1).

**Пласт  $n_7$**  один з основних вугільних пластів Львівсько-Волинського басейну. Промислове значення має на півночі (Волинське родовище), у центральній його частині (Межирічинське родовище) та на півдні (Тяглівське і Любельське родовища). У Нововолинському геолого-промислового району пласт розроблявся більшістю шахт. Глибина його залягання на полі шахти № 10 «Нововолинська» змінюється від 394 до 624 м. Пласт залягає на 0,5–7,0 м нижче пласта  $n_7^B$ . На більшій частині шахтного поля відстань між пластами  $n_7^B$  та  $n_7$  2,3–4,5 м і тільки у східній та центральній частинах шахтного поля зменшується до двох метрів та менше. Слід відзначити, що площа з балансовими запасами по пласту  $n_7$  розповсюджена у центральній, східній та південно-західній частинах поля, а по пласту  $n_7^B$  – в південно-західній та південній. Тому перекриття площ з балансовими запасами пластів  $n_7$  та  $n_7^B$ , де відстань між ними менше 2 м, незначна і складає 0,7 км<sup>2</sup>.

Пласт  $n_7$  розвинутий повсюди, за виключенням незначної площі в північно-східній частині, де він був розмитий у юрські часи. Потужність пласта коливається у межах 0,6–1,25 м, при переважаючих значеннях 0,8–0,9 м. У північному та південному напрямках його потужність зменшується до непромислової (0,3–0,4 м).

Будова пласта проста. Складну двопачкову будову пласт має у західній частині шахтного поля. Верхня пачка має потужність 0,5–0,65 м, а нижня – 0,15–0,40 м (див. табл.1).

В покрівлі пласта здебільшого залягають горизонтально-верстуваті аргіліти темно-сірого кольору. Контакт з вугіллям різкий. У подошві - світлі великозернисті алевроліти з залишками рослинних тканин. Пласт складений переважно гумусовим вугіллям. У незначній кількості присутні сапропелітові різновиди. По відношенню до гумусового вугілля вони займають різне положення, але частіше вони розташовані у нижній частині пласта. Сумарна потужність сапропелітових пачок складає 0,35–1,08 м. Серед них виділено п'ять генетичних типів. Переважають богхеда, кенель-богхеда, що належать до групи сапропелітів. Серед сапрогумолітів переважають кенелі. Значно рідше зустрічаються касьяніти. Гумусове вугілля за петрографічним складом відноситься до класу гелітів та гелітолітів і представлене частіше за все такими типами як ліпоідо-фюзініто-геліти та фюзініто-геліти. Макроскопічно пласт представлений чергуванням шарів блискучого, напівблискучого, напівматового та матового вугілля з тонкими прошарками фюзену. Поширеним є тип вугілля напівблискучий з комплексно смугастою макроструктурою, що зумовлена перешаруванням смуг та лінз блискучого, напівблискучого, інколи матового вугілля та лінз вітрени і фюзену [7, 8]. Товщина смуг вітрени складає 2–3 мм. Лінзи фюзену завтовшки від 1 мм до 5 мм, та до 20–40 мм у довжину. Інколи відзначаються зміни у заляганні смуг вітрени та лінз фюзену. Особливо це характерно для прошарків вугілля, розташованих у верхній частині пласта. Вугілля крихке. Злам ступінчастий. Форма окремої призматична іноді слабо виявлена стовпчаста. Під мікроскопом вугілля має вигляд чергування кларена, дюрено-кларена, інколи дюрена та лінз вітрени та фюзену [7, 8]. Переважає вітрен та мікро-макроспоровий кларен нерідко з незначним вмістом формених елементів. Спори та уламки кутикули збережені добре. Їх колір у прохідному світлі від світло-жовтого до густо жовтого з помаранчевим відтінком. Основна маса – прозора та напівпрозора. Переважають структурні вітрени темно-коричневого забарвлення.

У петрографічному складі пласта найбільш поширена мацеральна група вітриніту в середньому 68,9 %, семівітриніту 1,4 %. Вугілля вміщує інертиніту 19,3 % та ліптиніту 10,5 %. Сума пісних компонентів сягає 20,2 % За петрографічним складом вугілля пласта відноситься до класу гелітолітів [8].

Відбивна здатність вітриніту змінюється у межах 0,61–0,75%, складаючи у середньому 0,70 %. Відповідно до ГОСТ 21489-76 вугілля пласта належить до 11 класу I–II стадії метаморфізму. За петрографічними особливостями вугілля відноситься до слабо відновленої групи.

Показник відбиття вітриніту ( $R_o$ , %) товарної продукції пласта  $n_7$  шахт Нововолинського родовища змінюється від 0,62 до 0,70 %.

Вологоємність максимальна ( $W_{max}$ , %) по площі поширення пласта шахти № 10 коливається у межах 4,0–6,9 %, при середньому значенні 5,7 %. Волога аналітична варіює у межах 0,5–6,3 %, при середньому значенні 2,7 %.

Пластова зольність товарної продукції пласта  $n_7$  шахт Нововолинського родовища коливається у межах 17,2 до 28,2 %. Збільшення зольності відмічається з півночі на південь простягання родовища. Зольність вугільних пачок ( $A_{в.п}^d$ ) пласта  $n_7$  поля шахти № 10 складає у середньому 17,3 %. Вугілля відноситься до високо зольної групи. Характер зольності відносно витриманий. Зольність з урахуванням засмічення ( $A_{пл}^d$ , %) по пласту складає 19,1 %. Після збагачення вміст мінеральних домішок становить 7,0–10,2 %. У складі золи переважають тугоплавкі компоненти  $Al_2O_3$  та  $SiO_2$  (66,2 %), легкоплавкі ( $Fe_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ) мають підпорядковане значення (26,7%). За хімічним складом зола вугілля класифікується як залізна. Співвідношення тугоплавких компонентів до легкоплавких у середньому складає 2,48, що свідчить про тугоплавкість золи. Кількість сірки в товарній продукції шахт коливається від 0,9 % (шахта № 2) до 3,4 % (шахта № 5) і у середньому по родовищу дорівнює 2,4 %. Вищі показники як сірки так і зольності, приурочені до зон поширення сапропелевого вугілля [7, 8].

Сірчистість ( $S_t^d$ , %) вугілля пласта  $n_7$  на площі шахти № 10 у середньому складає 2,1 % і відноситься до середньо сірчистої групи. Переважним різновидом сірки є сульфідна, кількість якої складає 1,67 % (69,3 % від загального вмісту сірки). Органічна сірка присутня в менших кількостях 0,72 % (29,9 % від загального вмісту сірки). Вміст сульфатної сірки в середньому складає 0,02 % (0,8 % від загального вмісту сірки).

Вихід летких речовин ( $V^{daf}$ , %) товарної продукції шахт коливається від 34,5 % до 40,2 %. По площі поля №10 значення цього показника в межах 30,1–44,3 %, при середньому значенні – 36,7 %. Закономірності його зміни як по площі Нововолинського геолого-промислового району, так і по площі шахти №10 не встановлені.

Основну площу пласта  $n_7$  на Волинському родовищі займає вугілля з вищою питомою теплотою згоряння ( $Q_s^{daf}$ ) 7000–8000 ккал/кг. На полі шахти № 10 середнє значення цього показника 7930 ккал/кг. Нижча питома теплота згоряння ( $Q_t^f$ ) дорівнює 5874 ккал/кг. Тепловий еквівалент 0,84.

Товщина пластичного шару ( $Y$ , мм.) товарної продукції шахт Волинського родовища пласта  $n_7$  коливається у межах 7-8 мм. По площі шахти № 10 товщина пластичного шару змінюється у широкому інтервалі значень, від 0 до 16 мм, у середньому 8 мм. Латеральних закономірностей зміни цього показника не встановлено. Вугілля за показником відноситься до слабо коксівної групи. Пластометричні усадки ( $X$ , мм) значні і коливаються частіше за все в інтервалі 50–60 мм. Значення показника Рога у середньому дорівнюють 22 ум.од.

Детальне вивчення складу та якості вугілля дає змогу встановити марочний склад вугільних пластів та визначає напрями його раціонального використання.

За стандартом України (ДСТУ 3472:2015) вугілля товарної продукції шахт Волинського родовища відносяться до марки ДГ (див. табл.1). Вугілля пластів поля шахти № 10 у цілому належить до марки ДГ. Однак на окремих площах вугілля належить до марки Г [9]. У зв'язку зі значною та незакономірною зміною класифікаційних показників по площі поширення пласта кордони марок ДГ та Г

не встановлені. Мінливість значень класифікаційних показників пов'язана зі зміною петрографічного складу вугілля.

Відповідно до нормативного документу Польщі (Norma Polska PN-G-97002:2018-11) вугілля товарної продукції шахт, як і пластів В<sub>7</sub>, В<sub>4</sub>, В<sub>1</sub>, П<sub>12</sub> поля шахти Нововолинської № 10 належать до *wegiel gazowo-plomienny* типу 32 і мають кодівий номер 32.1 [10]. Вугілля пластів, П<sub>8</sub>, П<sub>7<sup>B</sup></sub>, П<sub>7</sub> також відноситься до типу 32, але за рахунок більшої спікливості ( $R_I > 20$  ум. од.) має кодівий номер 32.2. Слід відзначити, що товарна продукція шахт Волинського родовища також відноситься до *wegiel gazowo-plomienny* типу 32, але мають кодівий номер 32.1.

Відповідно до Міжнародної класифікації вугілля у пластах (ISO 11760) головним критерієм, за допомогою якого в першу чергу розмежовується вугілля, є показник відбиття вітриніту ( $R_o$ , %) [11]. Згідно з його значеннями, вугілля пластів відноситься до орт-бітумінозного вугілля середнього типу, підкатегорії С. Згідно класифікації за петрографічним складом, вугілля всіх пластів належить до групи з помірно високою кількістю вітриніту (Moderately high vitrinite). За класифікацією по золі вугілля пластів (за середніми показниками) відноситься до середнього сорту.

Відповідно до існуючих стандартів вугілля марок ДГ і Г можуть використовуватися для шарового коксування, виробництва синтетичного рідкого палива, напівкоксування, для спалювання в котельних установках, для виробництва вапна, цементу, цегли, вуглецевих адсорбентів.

Особливості складу та якості товарної продукції шахт Волинського родовища не дають змогу використовувати його для шарового коксування, виробництва синтетичного рідкого палива, вапна, цементу, цегли. Видобуте вугілля марки ДГ Волинського родовища використовується як енергетичне та комунально-побутове паливо. До кращого енергетичного вугілля на світовому ринку належить вугілля з нижчою теплотою згоряння (у перерахунку на сухе беззолне паливо) 8000 ккал/кг або 33,5 МДж/кг. Зниження її на 500 ккал/кг обумовлює зменшення його ціни на 10%. Видобуте вугілля Волинського родовища характеризується значеннями цього показника від 5060 до 6090 ккал/кг і становить у середньому 5800 ккал/кг або 0,72 від світового еталона. Калорійний еквівалент вугілля поля шахти № 10 становить 0,77–0,83. Відносна енергетична цінність органічної маси вугілля (Поц), розрахована за методикою І. В. Єрьоміна, становить 0,57.

Вугілля поля шахти №10 за показником нижчої теплоти згоряння згідно з ДСТУ 4083-2002 [12] можна віднести до першої категорії якості (табл. 2).

Вугілля пластів за показником  $Q_i^t$  і за па показником  $W_r^t$  відповідають необхідним вимогам і належать до першій категорії якості.

Отже, за ДСТУ 4083-2002 найкраще відповідає вимогам придатності до спалювання вугілля пластів В<sub>4</sub> та П<sub>8</sub>.

Нормативними документами в енергетичних цілях передбачено використання вугілля з вмістом сірки 1,0–1,5 %, в окремих випадках – 3 % за жорстких умов лімітування інших показників.

Таблиця 2

Показники якості вугілля для пластів поля шахти Нововолинська №10 вугленосного району та технічні вимоги згідно з ДСТУ 4083-2002 [12]

Показники	Технічні вимоги	Середні значення для пластів поля шахти «Нововолинська» №10				
		Середнє по площі	V <sub>4</sub>	n <sub>8</sub>	n <sub>7</sub> <sup>B</sup>	n <sub>7</sub>
Q <sub>i</sub> <sup>r</sup> , МДж/кг	20,097	24,4	25,8	25,6	22,1	24,0
W <sub>r</sub> <sup>t</sup> , %	14,0	5,6	5,3	5,5	6,0	5,7

Сірчистість у середньому для товарної продукції шахт Волинського родовища у середньому дорівнює 2,8%. Сірчистість вугільних пластів поля шахти №10 коливається в межах 2,0–2,5%.

Вугілля поля шахти «Нововолинська» №10, у порівнянні з товарною продукцією шахт Волинського родовища характеризується більшим ступенем метаморфізму і відповідно більшою спікливістю. Розрахунковий відносний показник цінності вугілля як сировини для коксування становить 0,26 для вугілля марки ДГ і 0,42 для вугілля марки Г. Можливість використання вугілля для шарового коксування було вивчена в УХІНі. Було встановлено, що заміна вугілля марки Г Донецького басейну на вугілля марки Г пластів шахти «Нововолинська» №10 мало змінює показники якості коксів. Вугілля марки Г пластів n<sub>8</sub>, n<sub>7</sub><sup>B</sup> і n<sub>7</sub> придатне для шарового коксування. Вугілля марки ДГ було віднесено до резерву для коксування.

**Висновки.** Проведена комплексна оцінка складу та якості промислових вугільних пластів поля шахти «Нововолинська» №10 дозволяє зробити наступні висновки:

1. Пласти поля шахти складені гумолітами з незначною кількістю сапропелітів.
2. За типовим петрографічним складом вони не відрізняються від петрографічного складу Волинського родовища і відносяться до фюзиніто-гелітітів.
3. Вугілля пластів поля шахти № 10 більш метаморфізовано у порівнянні з вугіллям товарної продукції шахт №1–9.
4. За показниками складу та якості вугілля вони не значно відрізняються від вугілля товарної продукції шахт. Для вугілля пластів поля шахти №10 характерні менші значення вмісту сірки, виходу летких речовин та більшою спікливістю і вищою питомою теплотою згоряння.
5. За стандартом України (ДСТУ 3472:2015) вугілля товарної продукції шахт Волинського родовища відносяться до марки ДГ. Вугілля пластів поля шахти № 10 належить до марки ДГ. Однак на окремих площах вугілля належить до марки Г.
6. Відповідно до нормативного документу Польщі (Norma Polska PN-G-97002:2018-11) вугілля товарна продукція шахт Волинського родовища також відноситься до *węgiel gazowo- płomienny* типу 32, але мають кодівий номер 32.1. Вугілля пластів, n<sub>8</sub>, n<sub>7</sub><sup>B</sup>, n<sub>7</sub> поля шахти № 10 також відноситься до типу 32, але за рахунок більшої спікливості (RI > 20 ум. од.) має кодівий номер 32.2.

7. Відповідно до Міжнародної класифікації вугілля у пластах (ISO 11760) вугілля пластів Волинського родовища відноситься до орт бітумінозного вугілля середнього типу, підкатегорії С. Згідно класифікації за петрографічним складом, вугілля всіх пластів поля шахти №10 належить до групи з помірно високою кількістю вітриніту (Moderately high vitrinite). За класифікацією по золі вугілля пластів (за середніми показниками) відноситься до середнього сорту.

8. Основний напрямок використання вугілля поля шахти №10 – енергетика. Найкраще відповідає вимогам придатності до спалювання вугілля пластів  $v_4$  та  $p_8$ .

9. Вугілля марки Г пластів  $p_8$ ,  $p_7^B$  і  $p_7$  придатне для шарового коксування. Вугілля марки ДГ було віднесено до резерву для коксування.

10. Подальші дослідження повинні бути спрямовані на визначення латеральних закономірностей зміни показників складу та якості вугілля і визначені зон розповсюдження марок ДГ та Г.

Отримані дані свідчать, що основним напрямом використання вугілля марки ДГ поля шахти «Нововолинська» №10 є енергетика. Вугілля марки Г може використовуватися як в енергетиці, так і частково у коксохімічній промисловості.

#### Перелік посилань

1. Ковальов, Є.Т. (2021). Перспективи світового ринку металургійного кам'яновугільного коксу (за матеріалами міжнародної конференції «EuroCoke Summit» Амстердам, 2021). *Вуглехімічний журнал*, 5, 4–10. <http://dx.doi.org/10.31081/1681-309X-2021-0-5-4-12>
2. Звіт ІПВГ України (2020). Отримано з [https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/ukr/UA\\_EITI\\_Short\\_Report\\_2020\\_UA.pdf](https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/presentations/ukr/UA_EITI_Short_Report_2020_UA.pdf)
3. Yang, Yo., Li, Ch., Wang, N., & Yang, Z. (2019). Progress and prospects of innovative coal-fired power plants within the energy internet. *Global Energy Interconnection*, 2(2), 160–179 <https://doi.org/10.1016/j.gloi.2019.07.007>.
4. *Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»*. (n.d.). <https://ips.ligazakon.net/document/NT1513>.
5. Cherniavskiy, M. V. (2021). State and Prospects of Thermal Power Generation in the Conditions of Ukraine's Course on Carbon-Free Energy. *Ekotekhnologii i resursosberezheniye*, 4, 4–16 <https://doi.org/10.33070/etars.4.2021.01>.
6. Бобровник, Д. П., Болдирєва, Т. О., & Іщенко, О. М. (1962). *Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн*. Київ: Вид-во АН УРСР.
7. Савчук, В. С. (2003). Склад та якість вугілля окремих марок Львівсько-Волинського басейну. *Вісник Дніпропетровського університету. Геологія, Географія*, 5, 3–11
8. Савчук, В. С. (2006). Основні промислові петролого-технологічні типи нижньокарбонівового вуглеутворення на території України. *Науковий вісник НГУ*, 7, 41–44
9. *Вугілля буре, кам'яне та антрацит. Класифікація. ДСТУ: 3472:2015*. (2015). Київ: ДП «УкрНДНЦ».
10. *Węgiel kamienny – klasyfikacja – typu. Norma Polska PN-G-97002:2018-11*. (2018). <https://www.pkn.pl>
11. *Mezhdunarodnaia sistema kodyfykatsyy uglei srednego i vysokogo rangov Geotekhnicheskaiia mekhanika. ISO 11760*. (1988). [https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/coal/1988\\_International\\_Codification\\_System\\_for\\_Medium\\_and\\_High\\_Rank\\_Coals\\_-\\_January\\_1988\\_R.pdf](https://unece.org/fileadmin/DAM/energy/se/pdfs/coal/1988_International_Codification_System_for_Medium_and_High_Rank_Coals_-_January_1988_R.pdf)
12. *Вугілля кам'яне та антрацит для пилувидного спалювання на теплових електростанціях. Технічні умови. ДСТУ 4083-2002*. (2002). Київ: Державний комітет стандартизації метрології та сертифікації України.

### ABSTRACT

**Purpose.** The aim of this study is to conduct a comprehensive assessment of the composition and quality of industrial coal seams at Novovolynska No. 10 Mine Field in the Lviv-Volyn Basin, establish the grade composition, and determine the possibilities for their rational utilization.

**The methods.** A complex of geological methods was applied. Petrographic composition, structural features, and the degree of restoration were studied using briquette-thin sections in reflected and transmitted light with the use of a polarizing optical microscope "Polar 312". Petrographic types were determined according to the classification of the State Committee for Geology of the USSR and Y.A. Zhemchuzhnikov's classification. Coal seam typing was performed using I.B. Volkova's methodology, and the restoration degree was determined according to I.V. Yeromin's methodology. Generalization of coal quality indicators allowed for the determination of coal grade composition according to current standards in Ukraine and international standards, as well as identification of its utilization directions. Microsoft Office for Windows operating system was used as the basic software.

**Findings.** A comprehensive approach to studying the petrographic composition and quality of coal provided a detailed characterization of the coal composition and quality, revealed lateral regularities in their changes, determined grade composition, and established their utilization.

**Scientific novelty.** For the first time, the coal seams of the Novovolynska mine field No. 10 were characterized in detail at the maceral level and their typical petrographic composition was presented. The genetic features of coal and the degree of their recovery have been identified. The peculiarities of the composition and quality of coal in comparison with the commercial products of other mines of the Volyn deposit were determined.

**Practical significance.** The grade composition of coal was determined according to the current classifications of Ukraine, Poland and the International Coal Classification. The energetical and technological value of coals has been established. The directions of further use in industry has been determined. The feasibility and potential of involving the coal reserves of the Novovolynska mine No. 10 in the fuel base of Ukraine are shown.

**Keywords:** *coal, typical petrographic composition, quality, grade, energy value, technological value.*