

Михайло МАТРОФАЙЛО, Ірина БУЧИНСЬКА, Андрій ПОБЕРЕЖСЬКИЙ

Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України, Львів,
e-mail: igggk@mail.lviv.ua

РОЗПОДІЛ І ПОХОДЖЕННЯ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ГАЗІВ У ВУГЛЕНОСНИХ ВІДКЛАДАХ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ

Узагальнено матеріали зі стратиграфії, тектоніки, літологічного складу вугленосної товщі басейну з точки зору його газоносності. Розглянуто склад, природу вугільних газів, форми знаходження та умови їхнього захоронення. Вивчено питання генерації вуглеводневих газів у процесі вуглефікації органічної речовини та їхнє абіогенне походження, пов'язане з глибинними процесами Землі. Проаналізовано вплив колекторських властивостей вугілля та вуглевмісних порід, складу та фізико-механічних особливостей безпосередньої покрівлі і підшви вугільних пластів, встановлено залежність розподілу газів у вугільних пластах і вуглевмісних породах від диз'юнктивних тектонічних порушень. Досліджено вплив внутрішньоформаційних та епігенетичних розмивів на дегазацію вугільних пластів. На основі побудови схем газоносності вугільних пластів окремих шахтних полів та загалом по басейну зроблено висновки про розподіл метану у вугленосній товщі.

Зібрано і систематизовано матеріали з оцінки ресурсів метану газовугільних родовищ та окреслені перспективи сучасної природної газоносності вугільних пластів глибоких горизонтів басейну. Наведено оптимальні умови формування скупчень вуглеводневих газів. Зроблено висновки щодо видобувного потенціалу газів вугленосної товщі Львівсько-Волинського басейну, як можливого джерела покращення теперішнього стану паливно-енергетичного комплексу України.

Ключові слова: метан, газоносність, генерація, міграція, скупчення, поклади, вугільний пласт, газовугільні родовища, ресурси, Львівсько-Волинський кам'яновугільний басейн.

Літолого-фаціальна характеристика кам'яновугільних відкладів. Утворення карбону Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну (ЛВБ) – це паралічна вугленосна формація, складена теригенними відкладами (аргіліти, алевроліти, пісковики) з невеликою кількістю вапняків, пластами і прошарками вугілля. За будовою, ступенем вугленосності, умовами утворення у складі нижньо-середньокам'яновугільної формації ЛВБ виокремлюють дві підформації. Нижня частина представлена болотно-морською регресивною підформацією, верхню границю якої за (Корреляція..., 2007) проводять по покрівлі третього посідонієвого горизонту РІІ любельської світи, а за його відсутності – покрівлі вапняку N_4 . Вона складається з відкладів візейського, серпуховського ярусів і любельської світи. Верхня частина – алювіально-болотно-озерно-лагуна регресивно-трансгресивна промислово вугленосна підформація складається з порід башкирського яру-

су, крім нижньої частини бужанської світи. За літологічним складом підформації значно відрізняються між собою (рис. 1).

Вугленосна формація ЛВБ є складним поліфаціальним утворенням, у якій виділено три основні групи фацій: переважно континентальних, перехідних від континентальних до морських і морських. Підпорядкований розвиток мають фації іншої генези.

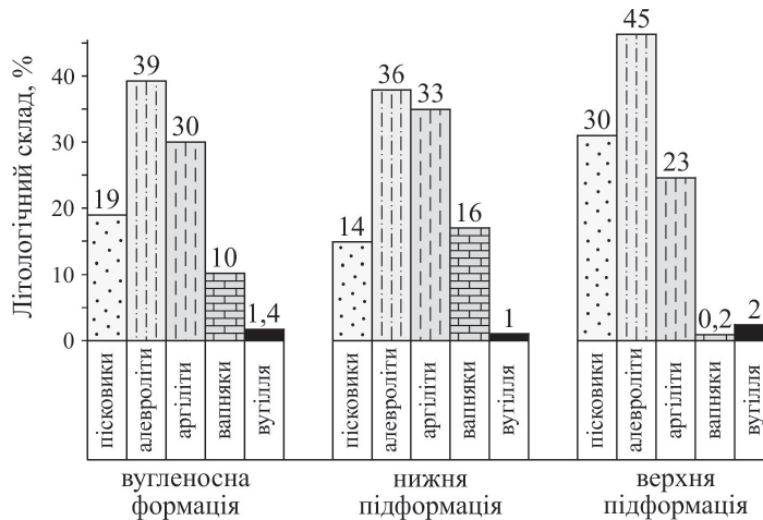


Рис. 1. Літологічний склад вугленосної формації Львівсько-Волинського басейну, за (Корреляція..., 2007).

Нижня підформація характеризується розвитком континентальних, морських і перехідних фацій (рис. 2). Зокрема у розрізі візейського ярусу, де спостерігається не тільки ритмічність, але й циклічність осадонагромадження, цикли представлені морськими, перехідними і континентальними фаціями. На думку (Сковородникова, 1991), максимальна трансгресія візейського етапу відбувалася в олеськівській та устилузькій час. Цим періодам властиві морські плитководні умови спокійної седиментації. Плитке море поступово переходило у лагуни. У винниківський час проходила незначна регресія басейну, з переважанням перехідних і континентальних фацій – лагунних, дельтових, приморських низин, озер та боліт. Володимирський і устилузький часи характеризуються поверненням морського басейну з умовами осадонагромадження від відкритих шельфових до прибережних.

У порицький і іваничівський часи морські умови осадонагромадження простежуються досить часто, але поступово більшого значення набувають алювіально-дельтові осади. Невелика потужність і площа поширення алювіальних осадів та відсутність значних врізів палеодолин свідчить про те, що палеоріки мали відносно невеликий водний потік (Завьялова, 1964).

Серед морських найпоширенішими є фації глинистих, алевроитових і карбонатних осадів материкового (плитководного) моря. Перехідні фації характеризуються широким розвитком глинистих осадів лагун і заток. Щодо континентальних, то найбільший розвиток мають фації глинисто-алевроитових осадів заболочених прибережно-морських рівнин та фації торф'яно-глинистих осадів замулених і заводнених торф'яних боліт.

Верхня підформація відрізняється від нижньої значним розвитком континентальних (до 57 %) і перехідних (33 %) фацій (див. рис. 2). Ці відклади характеризуються періодичним перешаруванням, що має риси циклічної будови. З бужанським етапом розвитку басейну пов'язане формування промислової вугленості. Він характеризується чіткою регресивною спрямованістю басейну і нестійким пульсувальним характером коливальних рухів (Сковородникова, 1991). Це відобразилося на складі осадів і частій зміні фаціальних умов – від континентальних до морських. Неабиякий розвиток мають річкові системи. Алювіальне осадонагромадження досить поширене, а морське – більш обмежене. У бужанський час на території ЛВБ переважають континентальні умови. У нижній частині світи центральної і південно-західної частини басейну поширені «сріблясті» пісковики, збагачені слюдою (мусковітом) і мають сріблястий блиск. Вони є добрим маркувальним горизонтом розрізу (Львовско-Волынский..., 1984).

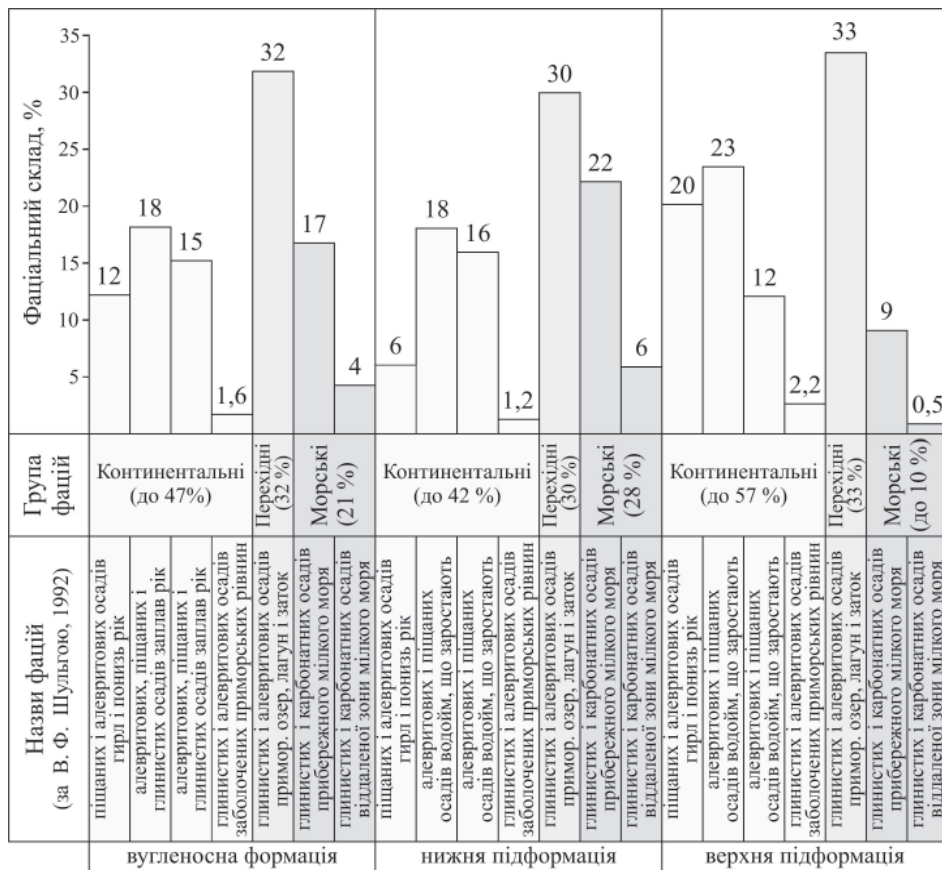


Рис. 2. Фаціальний склад вугленосної формації Львівсько-Волинського басейну, за (Корреляция..., 2007).

Загалом відкладам башкирського ярусу притаманне перешарування осадів різних фацій і чітка циклічна будова. Осадонагромадження було пов'язане з регресією моря, різким скороченням морських акваторій і посиленням аридизації клімату (Угленосные..., 1983). На фоні скорочення басейну відзначаються короткочасні трансгресії. Переважно відбувається теригенне осадонагромадження (Сковородникова, 1991).

Вугленосність. У відкладах карбону ЛВБ органічна речовина встановлена у концентрованому (вугільні пласти, прошарки, лінзи) і розсіяному вигляді. Концентрована органічна речовина пов'язана здебільшого з континентальними фаціями торф'яних боліт і сапропелевих озер-боліт, а іноді спостерігається серед утворень перехідних і морських фацій, де вона, ймовірно, алохтонного походження (Угленосные формации..., 1983). Розсіяна органічна речовина поширена у різних фаціях, головню, морських і перехідних у вигляді аморфної маси в бітумінозних вапняках і аргілітах, а також приурочена до уламків вугілля і обвугленого рослинного детриту у відкладах візейського ярусу, які майже на 40 % складені карбонатними утвореннями.

Характерною особливістю басейну є поширення вугільних пластів і парагенетично пов'язаних з ними болотних відкладів різною мірою по всьому розрізу карбону, розпочинаючи з турнейського ярусу (Вуглеутворення..., 2016). З п'яти етапів карбонового вуглеутворення, встановлених на території України, найбільш раннє формування вугільних шарів у межах південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи відбувалося у турнейско-середньовізейський час (О зарождении..., 2009).

У вугленосній формації ЛВБ нараховується 108 вугільних пластів і прошарків, з яких робочої потужності досягають 47, а промислове значення мають 19 пластів. Сумарна потужність пластів і прошарків вугілля формації в середньому становить 28,65 м, робочих пластів – 13,54 м. Загальна кількість вугільних пластів на 50 м розрізу – 3,5, робочої потужності – 0,6. Загальний коефіцієнт вугленосності становить 2,02 %, промисловий – 0,96 %. Знизу догори вугленосність формації як загальна, так і промислова зростає. Однак це відбувається нерівномірно і має чітко виражений циклічний характер (Вуглеутворення..., 2016).

Наведені дані засвідчують, що найбільшу вугленосність має верхня вугленосна підформація, головню, відклади башкирського ярусу середнього карбону, потужністю 420 м. При цьому максимальна вугленосність припадає на нижню частину, де сконцентровані усі основні промислові вугільні пласти басейну n_7^H – n_9 . Вони розташовані в бужанській світі башкирського ярусу, яка відповідає бужанським шарам формації Дебліна Люблінського басейну (намюр В). Сумарна вугленосність у відкладах підформації становить 13,58 м, а робочих пластів – 9,06 м. Коефіцієнт вугленосності загального пласта складає 3,23 %, робочого – 2,16 %, натомість в нижній підформації ці показники інші: перший значно нижчий, а другий – майже у п'ятеро вищий. У нижній підформації значно більше вугільних пластів (62), відповідно дещо вища їхня сумарна потужність (15,07 м). Водночас потужність робочих пластів майже удвічі менша (4,58 м).

Загалом у басейні вугільні пласти належать до категорії тонких і дуже тонких. Найчастіше вони мають потужність 0,20–0,40 м і характеризуються відносною витриманістю на площі, нестійкою потужністю, простою та складною будовою і розщеплюються. Вугільні пласти нижньої підформації значно поширені по площі, а також мають просту будову та невелику товщину, яка становить 0,10–0,40 м. У верхній підформації переважають пласти вугілля потужністю 0,30–0,50 м; середньому – 0,40 м. Середня потужність робочих пластів – 0,70–0,90 м. Іноді вона досягає 2,20–2,30 м. Вугільні пласти часто мають складну будову і розщеплюються. На південний захід потужність пластів збільшується, а їхня будова стає складнішою.

Перспективи розвитку ЛВБ пов'язані здебільшого з освоєнням Південно-Західного вугленосного району, де будується шахта Любельська № 1, глибокими горизонтами та окремими ділянками і площами периферійної частини басейну, до яких, зокрема, належать вугільні пласти v_6 і v_0^3 (Костик і ін., 2007; Перспективи..., 2010; Перспективи..., 2012).

Сучасна конфігурація контуру поширення вугільних пластів і кам'яновугільних відкладів ЛВБ є наслідком прояву астурійських тектонічних рухів і більш пізнього глибокого доверхньоюрського і доверхньокрейдового ерозійного і абразійного розмивів (Перспективи..., 2010; Перспективи..., 2012). Львівсько-Волинський басейн і, зокрема, Ковельська вугленосна площа складають найбільш піднесену замкнену периферійну частину великого Львівсько-Люблінського прогину, де посткарбонів денудаційні процеси проходили особливо інтенсивно. Це зумовило відсутність у стратиграфічному розрізі відкладів карбону басейну, молодше пізньобашкирських (вестфала А) в його центральній частині і пізньосерпуховських (постіванницьких) на території Ковельської площі.

Аналіз даних і наведені результати досліджень вказують на складну будову басейну, надзвичайну строкатість літолого-фаціального складу, неповторну вугленосність і мінливість умов утворення відкладів, що певним чином відобразилося на газоносності карбону ЛВБ.

Вплив основних геологічних чинників на розподіл газів у вугільних пластах і вуглевмісних породах. Основними геологічними чинниками, які визначають закономірні зміни вмісту та складу газів у вугленосних відкладах і їхнє поширення у вугільних родовищах, є історія геологічного розвитку басейну, тектонічна будова вугільних родовищ, вугленосність, гідрогеологічні і гідрохімічні умови, літологічний склад вуглевмісних порід і їхні колекторські властивості, потужність і склад покривних відкладів, вугленасиченість вугленосної товщі, петрографічний склад і ступінь метаморфізму вугілля та ін. (Роль..., 2002).

Важливу роль в газонасиченості вугільних пластів відіграють газогенераційний потенціал і сорбційна здатність вугілля. Обидва фактори безпосередньо залежать від генетичних особливостей вугілля. Найбільш здатні до газоутворення мікрокомпоненти груп вітриніту та ліптиніту, які в різних кількостях спроможні генерувати газ протягом майже всього процесу вуглефікації. У речовинному складі вугілля більшості пластів басейну переважають мікрокомпоненти групи вітриніту (65–85 %), які при меншому виході летких ніж ліптиніти і альгінати, є основними постачальниками та колекторами газу (Бартошинська, Бучинська, 2003). При метаморфізмі вугілля середніх і високих стадій відбувається упорядкування структур мікрокомпонентів, формуються їхні колекторські властивості, деякий час процеси генерації і сорбції вугілля рівнобіжні, а згодом, основним джерелом газонасиченості вугільних пластів стає сорбція.

Кам'яне вугілля є високоякісним колектором вуглеводневих газів завдяки властивостям окремих мікрокомпонентів, мікроструктура яких характеризується певною густиною і наявністю великої кількості ультра- і мікропор (Касаточкин, 1955). Структуру «губчастої маси» під час процесу метаморфізму набувають вітриніти, а інколи і мікриніти (група інертинітів). На покращення колекторських властивостей впливає мікротріщинуватість мікро-

компонентів вугілля, посилюючи їхню адсорбційну здатність (Бартошинская, Бык, 1989). Максимальну сорбційну ємність має вугілля, складене не менш ніж на 75 % з вітриніту і семивітриніту. Ліптинітове і сапропелітове вугілля, залежно від кількості у ньому вітринітової або мікринітової основної маси, також може бути добрим сорбентом газів.

Пористість вугілля змінюється як по площі басейну, так і з глибиною. Найбільша вона на Волинському родовищі – 5,1–12,5 %, менша – на Забузькому – 4,6–10,7 % і найменша – на Межирічанському – 4,0–8,5 %. Водночас аналіз даних свідчить, що зі збільшенням ступеня вуглефікації пористість вугілля зменшується (Федушак і ін., 1974). Загалом поняття колекторські властивості вугілля включає склад його мікрокомпонентів, наявність ультрапор, ендогенних і екзогенних тріщин.

Метанові гази знаходяться також у вуглевмісних проникних породах у вільному і сорбованому стані та у пластових і порових водах у водорозчинному стані. Механізм акумуляції метану у поровому просторі вугілля і вмісних порід істотно відрізняється. Газ у вугільних пластах переважно утримується у сорбованому стані, натомість у пісковиках – у вільному (Забигайло, Широков, 1972). Зауважимо, що властивості вмісних порід вугленосних формацій специфічні і відрізняються від порід газових родовищ, які представлені лише одним гранулярним або тріщинно-поровим типом колекторів. Породи вугленосних формацій характеризуються двома типами колекторів. Один з них визначається ємністю порового (порово-тріщинного) простору, що наближає їх до колекторів газових родовищ. Другий – сорбційною ємністю вуглистих включень у породах. Тому загальна пористість вугленосних порід визначається сумарною ємністю порового простору і сорбційною здатністю розсіяної вуглефікованої органічної речовини (Майборода, Анциферов, 2007).

Основними колекторами вільного газу ЛВБ є пісковики, до яких належать газові скупчення промислового значення і численні мікропоклади вільного газу. За класифікацією порід-колекторів (Теодорович, 1958) піщані породи басейну можна віднести до двох груп колекторів: до II – нерівномірно (по порах) проникні та до IV – змішані (порові і тріщинні). За величиною газопроникності, яка є важливим критерієм для встановлення колекторських властивостей вмісних порід, ці пісковики належать до класу слабкопроникних (0,001–0,01 Д) і важкопроникних (<0,001 Д) колекторів. Максимальна проникність для піщаних порід, що досліджувалися становить 0,0069 Д (Бучинська і ін., 2007).

Пористість є комплексною характеристикою фізико-механічних та колекторських властивостей пісковиків і одним з основних показників, за яким визначають вміст газу в сорбованому і вільному стані. Проведений аналіз зміни пористості з глибиною не суперечить наявним поняттям – з глибиною пористість зменшується, за винятком локального прояву в окремому інтервалі між вугільними пластами n_8 і n_9 , де пористість пісковиків, які переважно представлені кварцовими різновидами (до 77 % кварцу), з глибиною дещо збільшується (Бучинська і ін., 2007). Отже, встановлення літолого-петрографічних особливостей і ступеня катагенетичних перетворень порід є необхідним при комплексному вивченні газоносності вуглевмісних товщ.

Загальна пористість залежить від взаємного розташування і укладення зерен, від їхнього розміру, форми і ступеня обкатаності, від ступеня відсор-

тованості частинок, які складають породу, від цементації і складу цементу, який зв'язує між собою зерна породи, і ступеня катагенетичних перетворень (Теодорович, 1958). Щоб проаналізувати вплив розміру уламкових зерен на пористість пісковиків, вивчали пісковики континентальних (русліві – Р), морських (узбережжя моря – ПМ) та перехідних (підводних виносів рік – ПВР) фацій Південно-Західного вугленосного району ЛВБ. Незважаючи на різний ступінь катагенетичних перетворень порід, кількість слюди-глинистих компонентів, без урахування ступеня обкатаності, чітко простежується залежність пористості пісковиків від фаціальної належності. Пісковикам Р властиві більші значення як пористості, так і розміру зерен. Пісковики ПМ найбільш дрібнозернисті і утворюють на графіку окремий блок з найменшою пористістю. Аналіз усіх наявних даних по родовищах свідчить про те, що зі збільшенням розміру уламкових зерен збільшується пористість пісковиків, а відтак покращуються їхні колекторські властивості (рис. 3). Загалом вуглевмісні породи мають меншу газонасність, ніж вугільні пласти. Проте у розрізі вугленосної товщі вони займають значний об'єм і кількість природних газів у породах значно більша.

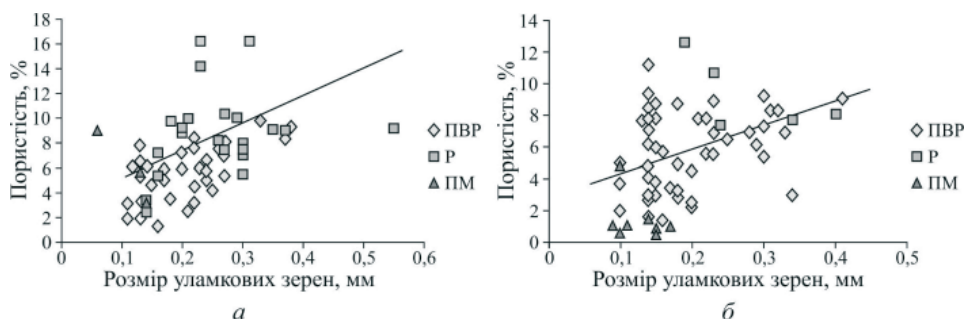


Рис. 3. Залежність пористості вуглевмісних пісковиків Тяглівського (а) і Любельського (б) родовищ Львівсько-Волинського басейну від розміру уламкових зерен:

ПВР – пісковики підводних виносів рік; Р – руслові пісковики; ПМ – пісковики узбережжя моря.

Слід зазначити, що на збереження газонасності ЛВБ вплинули особливості історичного розвитку території. Відклади карбону перекриті досить щільною вапняково-мергелевою товщею майже непроникних верхньокрейдових утворень, потужність яких зростає з 260 до 600 м і більше з північного сходу на південний захід.

Певний деструктивний вплив на зменшення газонасності ЛВБ мали диз'юктивні тектонічні порушення, сингенетичні і епігенетичні внутрішньо-формаційні розмиви та ерозійні і абразійні процеси у посткарбонівий час (Основні..., 2012; Сокоренко і ін., 2011). Від'ємний вплив розривних тектонічних порушень яскраво простежується на Любельському родовищі ЛВБ. Аналіз показав, що воно належить до тектонічно найбільш складних родовищ басейну. Це підтверджується сейсмозв'язувальними роботами, завдяки яким, окрім підтвердження даних геологорозв'язувальних робіт, виявлено значну кількість нових розривних порушень, а газовою зйомкою у його південній частині встановлені просторі зони підвищеної тріщинуватості порід (Сокоренко і ін., 2011). На площі Любельського родовища, порівняно з Тяглівським, кількість розривних тектонічних порушень скидонасувного типу лише

за даними геологорозвідувальних робіт майже утричі більша, а з урахуванням інтерпретації даних сейсмозвідки – у 4,5–5 разів, що і сприяло значній дегазації родовища. Усі основні промислові вугільні пласти родовища залягають в зоні газового звітрявання і їхня сучасна природна газонасність становить $0,00\text{--}2,26\text{ м}^3/\text{т}$ сухої безпопільної маси (с. б. м.). Вугільні пласти нижньої частини карбону n_0^6 і v_6 стабільно знаходяться в метановій газовій зоні і їхня сучасна природна газонасність становить $9,60\text{--}30,70\text{ м}^3/\text{т}$ с. б. м.

Сингенетичні розмиви, які виникають під час формування вугільних пластів, належать до одного з важливих морфологічних показників і характеризують стабільність чи нестабільність умов нагромадження торф'яної маси. Площа басейну перебувала в зоні постійних коливальних рухів. Це сприяло виникненню у торфовищах стійких і тимчасових водних потоків, які розмивали нагромаджений органічний матеріал. Гази з відкритого торфовища, де з одної тони рослинної маси можна одержати 465 м^3 газу, переважно потрапляли в атмосферу (Основні..., 2012).

Регіональні епігенетичні розмиви утворюються внаслідок розвитку річкових систем і трансгресії моря. При цьому руйнується вуглепородний масив, зменшується площа поширення вугільних пластів та потужність вугленосної товщі. За таких умов інтенсифікуються процеси звітрявання вугілля і вмісних порід. Карти поширення олеськівської світи та вугільних пластів $v_6, n_7^H, n_7, n_7^B, n_8, n_8^B, n_9, b_3 (n_{12})$ яскраво ілюструють зміни їхніх площ під дією епігенетичного посткарбонного розмиву, через що загальна площа промислової частини басейну від олеського часу нижнього карбону до башкирського – середнього карбону зменшилася щонайменше удвічі (Основні..., 2012 і ін.). Під впливом цього розмиву карбонова товща на значній площі зазнала потужного руйнування і майже повністю зрізана до пласта v_6 і нижче. Відтак відбувалися глобальні процеси дегазації вугленосної формації ЛВБ. Від кінця карбону (башкиру) до початку юри понад сто мільйонів років кам'яновугільні відклади розмивалися і контактували безпосередньо з атмосферою. Як наслідок значна частина вуглеводневих газів, отриманих у процесі утворення і метаморфізму вугілля пластів, звітрилася.

Розподіл вуглеводневих газів у карбонних відкладах басейну. Різне геологічне положення блоків басейну відіграло свою роль у процесах вуглефікації органічної речовини, утворенні і збереженні вугільних газів як по площі, так і у розрізі карбонної товщі. Ми досліджували метанонасність вугільних пластів, які, за поділом (Забігайло і ін., 1993), належать до Червоноградського газонасного (поля Червоноградських і Великомоствівських шахт), Великомоствівського високогазонасного (Тяглівське родовище) і Жовківського слабогазонасного (Любельське родовище) районів ЛВБ.

Червоноградський газонасний район. Основними промисловими вугільними пластами є n_9, n_8^B, n_7^B, n_7^H . Їхня метанонасність коливається в межах від $0,1\text{--}4,0$ до $2,0\text{--}12,0\text{ м}^3/\text{т}$ вугільної маси з вмістом метану від 60 до 80–95 %. Шахти району надкатегорійні за метаном, їхня газонасність становить $10\text{--}30\text{ м}^3/\text{т}$.

До прикладу, на полі шахти «Степова» розподіл метану у вугільних пластах нерівномірний. Спостерігається закономірне збільшення кількості газу униз за розрізом. Пласт n_8^B в північно-західній частині шахтного поля розмитий. Метанонасність змінюється від $2,0$ до $11,8\text{ м}^3/\text{т}$ с. б. м. Кількість

метану до загального об'єму газової суміші становить 55,4–94,4 % (Метаноносність..., 2009). Спостерігається зменшення загальної газонасності в південно-західній і північно-східній частинах, що пояснюється тектонічною порушеністю товщі і виходом пласта під верхньокрейдові відклади. Максимальна метаноносність до 11,8 м³/т с. б. м. зафіксована в північній частині шахти. Метаноносність пласта n_8 складає 3,1–9,6 м³/т с. б. м. Для більшої частини площі, що прилягає до розмивів пласта і серії тектонічних порушень, його метаноносність досягає 5–5,8 м³/т с. б. м. Вміст метану в газовій суміші становить 64,2–92,4 %, при середньому значенні 81,5 %. Пласт n_7 має максимальну метаноносність 12,6 м³/т с. б. м. у центральній, а мінімальну 3,2–4,3 м³/т с. б. м. в північно-східній частині шахтного поля. Вміст метану в газовій суміші становить 49,3–91,0 % при середньому значенні 70,5 %.

За даними проведеного опробування з урахуванням усіх вугільних пластів на площі шахти «Степова» їхня метаноносність змінюється у широких межах. Найбільш насичені пласти в північній і південній частинах шахтного поля. Максимальна метаноносність пластів становить 9–12,6 м³/т с. б. м. У східній частині вона коливається в межах 5–10 м³/т с. б. м. На заході району метаноносність збільшується до 10–12 м³/т с. б. м., поступово зменшуючись у північно-західному напрямку до 3–5 м³/т с. б. м. За класифікацією А. І. Кравцова, за вмістом метану пласт b_1 розташований у зоні газового вивітрювання, тобто в зоні азотно-метанових газів. Пласт n_{11} є граничним горизонтом, нижче якого починається зона метанових газів.

У вугільних пластах шахти виявлені також важкі вуглеводні етан і пропан. Кількість етану коливається від 0,2 до 0,9 %, пропану – від 0,15 до 0,3 %. Максимальний об'єм двооксиду вуглецю має вугільний пласт n_{11} (0,24 м³/т с. б. м). Для решти пластів його вміст коливається від 0,05 до 0,12 м³/т с. б. м. (Метаноносність..., 2009).

Вивчення метаноносності вугільних пластів шахти «Степова» показало, що кількість метану у вугільних пластах збільшується з глибиною залягання. Тектонічні порушення впливають на газонасність вугільних пластів неоднозначно – збільшуючи її, або зменшуючи. Це залежить від характеристики розломів (глибини закладання, амплітуди, екранівних властивостей) і потребує окремого вивчення.

Великомостівський високогазонасний район. Тяглівське родовище Південно-Західного вугленосного району є найбільш газонасним у ЛВБ, що зумовлено безпосередньою близькістю Великомоствіського газового родовища у відкладах середнього девону, яке є джерелом додаткового газового підтоку (Забігайло і ін., 1993). Його газонасність найвища в басейні. Вміст метану у вугільних пластах досягає 80–90 %, а метаноносність – від 5 до 25 м³/т вугільної маси. Особливо високою метаноносністю характеризуються промислові пласти візейського ярусу – від 22 до 24 м³/т, а вміст метану перевищує 90 %.

Переважає більшість вугільних пластів Тяглівського родовища залягає в метановій зоні, лише пласти b_1 і b_4 – в азотно-метановій, в якій вміст метану змінюється від 0,5 до 40,0 % об. Кількість азоту у цій зоні становить 40,0–97,0 % об., а двооксиду вуглецю – 0,6–1,0 % об. З важких вуглеводнів присутній лише етан (в сотих долях % об.), вміст водню не перевищує 1,0 % об. У метановій зоні вміст метану коливається в межах 60–80 % об. і максимально досягає 99,7 % об. Інколи в газовій суміші присутні етан 0,05 % об., пропан та бутан у незначній кількості. Вміст двооксиду вуглецю змінюється від

2,5 до 6,0 % об. У незначній кількості знайдено водень (0,12–1,8 % об). У поодиноких пробах у газовій суміші трапляється гелій, вміст якого не перевищує 0,5 % (Прогноз..., 2009). Природна газоносність вугільних пластів Тяглівського родовища змінюється в межах – від 2,1 до 31 м³/т с. б. м.

До прикладу, на полі шахти Тяглівська № 1 на основі результатів опробування і побудованих карт газоносності вугільних пластів b_4 , n_9 , n_8^B , n_8 , n_7^B та n_7^1 в масштабі 1:10000 (Прогноз..., 2009) показано, що природна газоносність збільшується зі стратиграфічною глибиною. Найбільші її значення, для вугільних пластів, які досліджувалися, простежуються уздовж осі Тяглівської синклінали і в північно-західній частині шахтного поля.

Жовківський слабкогазоносний район. Проаналізовані вугільні пласти n_7 , n_7^1 , n_7^B , n_8^0 , n_8 , n_8^B , n_8^0 і n_9 Любельського родовища залягають у зоні газового звітрювання, а пласти v_6 і n_0^6 – у метановій зоні (Вугленосність..., 2011; Сокоренко і ін., 2011 і ін.). В окремих пластах бувають аномальні значення газоносності при загальному невисокому вмісті газу. Для пласта n_8^B при максимальному вмісті 2,7 по площі трапляється значення 19,8 м³/т с. б. м.; для пласта n_8^0 – два аномальні значення 19,3 і 10,2 м³/т с. б. м.; для пласта n_7^1 – 8,3; 10,8 і 20,1 м³/т с. б. м. (Вугленосність..., 2011). На картах показано, що ці значення приурочені до тектонічних порушень, якими у дегазовану товщу можливі сучасні притоки газів з нижче розташованих горизонтів.

Отже, узагальнені фактичні дані з газоносності кам'яновугільних відкладів ЛВБ, отримані результати досліджень і опубліковані матеріали інших дослідників (Павлюк і ін., 2006; Газоносність..., 2008; Метан..., 2015 і ін.) підтверджують, що розподіл вугільних газів басейну має виражений зональний характер. У більшості родовищ вугільні пласти переважно від v_6 до n_8 знаходяться в метановій зоні, а на Тяглівському родовищі метанова зона розташована на невеликих глибинах, зокрема, пласти b_1 і b_4 частково розміщені в метановій зоні.

Щодо питання про походження вуглеводневих газів басейну. На походження вуглеводневих газів вугленосної формації ЛВБ є три точки зору: біогенна (органічна), абіогенна (неорганічна), змішана (біогенно-абіогенна) (Бартошинська і ін., 2011; Гази..., 2016 і ін.), причому переважає думка про біогенну генезу. Численними працями встановлено, що процес вуглефікації рослинної органічної речовини у вугленосних басейнах, у якій би формі вона не нагромаджувалася, супроводжується утворенням значної кількості газів з великим вмістом метану. Метанові гази карбонових вугленосних формацій, зокрема і ЛВБ, є супутниками викопного вугілля від початку відкладення рослинних рештків у торфовищах і формування фітомаси до антрацитів.

Головним фактором перетворення органічної речовини до перших стадій бурого вугілля є біохімічна діяльність мікроорганізмів – гуміфікація, яка проходила, головню, до покриття торфовища осадами покрівлі. Перетворення фітомаси до нижчих стадій бурого вугілля, яке відбувалося в умовах глибокого біохімічного розкладу органічної речовини, спричинило утворення великої кількості летких продуктів, головню метану, який легко мігрував у атмосферу. Відтак, у викопному стані, біохімічні процеси поступово припиняються і починають діяти геологічні, геохімічні і фізичні фактори: температура і тиск, які зумовлюють структурну перебудову вугільних мікрокомпонентів. Деякі з них набувають здатності утримувати (сорбувати) метан, який утворю-

ється на всіх стадіях вуглефікації (Козлов, Токарев, 1961; Бартошинська, Бик, 2000).

Абіогенна гіпотеза базується на концепції утворення вуглеводнів, походження яких пов'язане, насамперед із різними термодинамічними умовами, унаслідок міграції речовини з глибоких надр Землі (Лукинов і др., 2005). Зокрема, у роботі (Гринберг, Шабо, 1971) наведені межі співвідношення вмісту стабільних ізотопів $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ для біогенного і абіогенного метану: для першого $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ становить 90–93, для другого – 88–90.

Подвійну абіогенно-біогенну природу метану за даними термобарометричних аналізів доводять дослідження багатьох учених (Соколов, 1971; Бойко, 1975; Доленко, 1978 і ін.; Наумко і ін., 2008; Хоха, 2009). Показано, що метан може утворюватися як за рахунок органічної речовини літосфери, так і під впливом магматичних і метаморфічних процесів у глибоких зонах Землі, до прикладу, синтезу газів неорганічного походження – H_2 і CO_2 ; H_2 і CO (Соколов, 1971). За даними термодинамічних розрахунків і за експериментальним моделюванням синтезу газу на великих глибинах встановлено, що основна частина вуглеводневих газів утворюється на глибині 65–75 км, де вони представлені чистим метаном (Бойко, 1975), а за іншими дослідженнями – термодинамічні умови їхнього утворення відповідають глибинам від 130 до 200 км (Хоха, 2009). Загалом глибини синтезу вуглеводнів знаходяться у зоні астеносфери, а їхнє переміщення з вогнищ до поверхні земної кори відбувається у вигляді струменевої вертикальної міграції розломами земної кори при великому перепаді градієнту тиску (Доленко, 1978).

У Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні широко розвинуті розривні дислокації. Це Рава-Руський розлом, Нестерівська, Бутин-Хлівчанська, Белз-Милятинська зони насувів та інші розривні тектонічні порушення. По вертикалі вони поєднують девонські відклади з карбонівими, зокрема девонське Великомоствівське газове родовище із вугільними Межирічанським і Тяглівським. На Великомоствівському родовищі з глибин 2359–2404 м спостерігалися промислові підтоки метанового газу із вільним дебітом 65,4–100, тис. $\text{м}^3/\text{доб}$. (Исследования..., 1969).

Зіставлення компонентного складу вугільного газу Межирічанського, Тяглівського і Любельського вугільних і газу Великомоствівського газового родовищ свідчить про можливість міграції газів з газонасичених порід девону у кам'яновугільні відклади (Бартошинська і ін., 2011). Результати дослідження ізотопного складу вуглецю метанових газів Межирічанського вугільного родовища підтверджують, що загалом гази характеризуються невисокою концентрацією ізотопу ^{13}C . Співвідношення $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ варіює в межах 94,5–97,16. Водночас на цьому родовищі відзначені ділянки, де згадане співвідношення $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ набагато нижче. Спостерігається також зростання сталого ізотопу ^{13}C з північного сходу на південний захід до Великомоствівського газового родовища. Певною мірою така закономірність стосується і Тяглівського вугільного родовища, де на окремих ділянках, наближених до розломів, у газовій суміші зростає вміст метану, з'являються пропан і бутан, які є компонентами газу глибинного походження.

На Любельському родовищі в ряді свердловин метан відсутній. Це зумовлено дегазацією вугільних пластів, як зазначалось вище, унаслідок регі-

онального епігенетичного розмиву, коли через окислення вугілля втратило сорбційну здатність, що призвело до міграції метанового газу. За межами розмиву у газовій суміші вміст метану сягає в середньому 87 %, етану – сліди (0,059 %), пропан і бутан не встановлені.

Загалом у ЛВБ спостерігається метан змішаного абіогенно-біогенного (Межирічанське і Тяглівське родовища) і біогенного походження.

Прогнозні запаси і ресурси метану вугільних родовищ. Протягом усього часу з початку формування кам'яновугільних відкладів ЛВБ вуглефікована органічна речовина як концентрована, так і розсіяна генерувала величезну кількість метану. Сучасна залишкова газоносність – це метан, який утворився, перерозподілився, частково перейшов у атмосферу і частково зберігся у карбоновій товщі басейну через значну кількість змін під час тривалого геологічного розвитку південно-західної окраїни Східноєвропейської платформи. Метан, сумарно генерований вуглефікованою органікою, складається: зі збереженого у вугільних пластах, який мігрував з них, сорбувався вуглевмісними породами і розчинився у підземних водах; який перейшов у атмосферу в процесі дегазації вугільних пластів і з вільного, зосередженого у газових пастках (Лидин, 1963).

На основі кількості виділеного метану по окремих марках (Ермаков, Скоробогатов, 1984; Багринцева и др., 1968 і ін.), ресурсів кам'яного вугілля ЛВБ (балансові запаси категорії А+В+С₁+С₂, забалансові і прогнозні), по марках і вмісту розсіяної органічної речовини у породах був розрахований газогенераційний потенціал кам'яновугільних відкладів басейну (Газогенераційний..., 2001). За цими даними кількість метану, який утворився з наявної органічної речовини, становить 24,35 трлн м³. З ресурсів кам'яного вугілля (2,98 млрд т) утворилося дещо більше 650 млрд м³ метану. До цієї кількості треба додати метан, який утворився з вугілля (350 млн т), видобутого шахтами басейну упродовж майже п'ятдесятирічної експлуатації. Сумарна кількість метану становить 728302 млн м³. Враховано також утворення метану пластами і прошарками вугілля непромислової потужності (до 0,50 м), яке у 2,5 рази перевищує кількість промислового вугілля і дорівнює 7454,5 млн т. З нього утворилося близько 1,63 трлн м³ метану. Водночас розраховано кількість метану, який утворився з розсіяної вуглефікованої органічної речовини. За даними (Корреляція..., 2007 і ін.), розсіяна органіка міститься у понад 80 % порід вугленосної формації. Лише в конгломератах і гравелітах не виявлено обвуглених рослинних залишків. Загалом розсіяна органічна речовина, яка міститься в аргілітах, алевролітах, пісковиках і вапняках басейну і складає дуже великі об'єми (96,7 млрд т), генерувала величезну кількість газу – 21,3 трлн м³, що в багато разів перевищує газогенераційний потенціал концентрованої органічної речовини. Розраховано також і сучасну кількість сорбованого метану в промислових пластах вугілля басейну, яка складає 33,76 млрд м³, що становить лише 4,6 % від загальної кількості генерованого газу. Подібне співвідношення характерне для пластів неробочої потужності і розсіяної органічної речовини і вказує на його величезні втрати протягом тривалого часу.

Грунтуючись на метаноносності вугілля основних промислових і пластів з робочою потужністю $b_4, n_9, n_8^B, n_8, n_7^B, n_7^1, n_7, n_0^6, v_6, v_5^H$ та пісковиків, які за-

лягають між вугільними пластами b_4Sn_9 , n_8Sn_9 , $n_7Sn_6^0$ і мають хороші колекторські властивості, ми оцінили прогнозні запаси вуглеводневих газів у вугільних пластах і вуглевмісних породах Тяглівського і Любельського родовищ Південно-Західного вугленосного району ЛВБ (таблиця). Прогнозна оцінка ресурсів вуглеводневих газів Любельського родовища проведена тільки по його північній частині, де їхня природна газонасність перевищує $5 \text{ м}^3/\text{т с. б. м.}$ і є граничною при підрахунку запасів газу для території Львівсько-Волинського басейну. По пластах n_0^6 і v_6 оцінено ресурси по всій площі Любельського родовища, оскільки його природна газонасність становить $5,0\text{--}30, 7 \text{ м}^3/\text{т с. б. м.}$, хоча ступінь вивченості значно менший (Сокоренко і ін., 2011).

Водночас оцінка газонасності вугільного пласта v_6 проведена також по усій площі його поширення на території ЛВБ (Перспективи..., 2015). Він є основним колектором вуглеводневих газів і на усіх без винятку родовищах басейну залягає в метановій газовій зоні (Сокоренко і ін., 2009; Сокоренко і ін., 2011). Його газонасність ($2,5\text{--}30 \text{ м}^3/\text{т с. б. м.}$) і вміст метану ($62,0\text{--}99,0 \%$) в газовій зоні закономірно збільшується з північного сходу басейну на південний захід, від Волинського до Любельського родовища (Перспективи..., 2015). Підрахунок запасів і оцінка перспективних і прогнозних ресурсів вуглеводневих газів цього пласта проведені по полях шахт Забузького (Червоноградські № 2, 5 і 6), Межирічанського («Відродження», «Зарічна», резервний блок пласта v_6), Тяглівського (Тяглівська № 3), Любельського (Любельська № 2, 3, 4) родовищ і ділянці Межиріччя-Західна Південно-Західного вугленосного району за категоріями C_2 , C_3 , D_1 і D_2 . Вони досить значні і в сумі становлять 5463989 тис. м^3 , з них 2354400 тис. м^3 за категорією C_2 , перспективні ресурси за категорією C_3 – 587200 тис. м^3 і прогнозні ресурси за категорією D_1+D_2 в сумі – 2522389 тис. м^3 (Перспективи..., 2015). Загалом вугільний пласт v_6 є вагомим резервом кам'яного вугілля високої якості і метану, освоєння якого, за умов застосування певних технологій (Комплексне..., 2013), може принести значну користь у розвитку Львівсько-Волинського басейну і західного регіону України.

Водночас необхідно зазначити, що поряд з промисловими пластами бужанської світи, які розробляються декілька десятків років, вагоме значення має прогнозування і картування морфології і вивчення природної газонасності і тих пластів, які залягають нижче на більш глибоких горизонтах. До них, зокрема, належать пласти v_0^3 , v_0^4 , v_2 , v_4 , v_4^3 , v_5^4 , v_5^6 , v_6 і n_0^6 нижньої вугленосної підформації карбонової вугленосної формації басейну (Костик і ін., 2013). Це важливо, оскільки в процесі геологорозвідувальних робіт достовірно встановлено, що сучасна природна газонасність вугільних пластів і вуглевмісних порід поступово збільшується зі стратиграфічною глибиною їхнього залягання.

Найбільш детально вугільні пласти нижньої вугленосної підформації вивчені на Забузькому родовищі Червоноградського і на Ковельській вугленосній площі Нововолинського вуглепромислових районів – v_0^3 і v_0^4 ; на Буському непромисловому родовищі – v_2 ; на Бубнівській ділянці, яка розташована на відстані $6,5 \text{ км}$ на схід від Волинського родовища – v_4 ; на Тяглівському родовищі – v_5^4 ; на Забузькому, Межирічанському, Тяглівському, Любельському родовищах та ділянці Межиріччя-Західна Південно-Західного вугленосного району – v_6 (Костик і ін., 2013).

Природна газонасність, зокрема, найнижчих вугільних пластів підформації v_0^3 і v_0^4 у межах Нововолинського вуглепромислового району змінюється від 5,1 м³/т с. б. м. на Ковельській вугленосній площі до 8,6–12,2 м³/т с. б. м. на Волинському родовищі. У західному напрямку вона значно збільшується і на Забузькому родовищі досягає 10,5–18,8 м³/т с. б. м. та в середньому складає в межах поля шахти Червоноградська № 5 – 9,8 м³/т с. б. м., а в межах поля шахти Червоноградська № 6 – 9,4 м³/т с. б. м. У південно-західному напрямку на площі полів шахт «Червоноградська» і «Степова» газонасність пласта v_0^3 – 17,5 м³/т с. б. м. (Костик і ін., 2013).

Таблиця. Прогнозні запаси вуглеводневих газів у вугільних пластах і вуглевмісних породах Південно-Західного вугленосного району (Бучинська, Явний, 2012; Сокоренко і ін., 2007; Сокоренко і ін., 2011)

Пласт, товща пісковіку	Запаси газів, тис. м ³				Всього по пласту (товщі)
	Тягівське родовище		Любельське родовище		
	поле шахти Тягівська № 1	ділянка Тягівська Південна	північна частина	південна частина	
b_4	84 927	14 708	–	–	99 635
n_9	292 620	196 004	–	–	488 624
n_8^B	244 104	48 071	–	–	292 175
n_8	333 478	123 463	–	–	456 941
n_7^B	80 456	216 933	819 100	–	1 116 489
n_7^1	294 672	56 827	341 900	–	693 399
n_7	480 437	296 784	116 700	–	893 921
n_0^6			845 600	197 675	1 043 275
v_6		335 412*	143 032	675 600	1 154 044
v_5^H		219 884			219 884
b_4Sn_9	1 283 400				1 283 400
n_8Sn_9	1 114 400				1 114 400
$n_7Sn_0^6$	769 600				769 600
Всього	4 978 094	1 508 086	2 266 332	873 275	9 625 787

* – запаси підраховані по шахтному полю Тягівська № 3.

Прогнозні ресурси вуглеводневих газів вугільних пластів нижньої вугленосної підформації, які розраховані на найбільш досліджених об'єктах басейну, становлять: v_0^3 – 85500 тис. м³ (Червоноградська № 5), 369057 тис. м³ (Червоноградська № 6) на Забузькому родовищі; v_5^4 – 219884 тис. м³ (поля шахт Тягівські № 2 і 3) на Тягівському родовищі; n_0^6 – 1043275 тис. м³ (поля шахт Любельські № 1–5) на Любельському родовищі ЛВБ.

Дослідження природної газонасності вугільних пластів глибоких горизонтів басейну загалом ще на початковій стадії. Узагальнення наявних даних показує, що вугільні пласти характеризуються високою природною газонасністю, яка досягає понад 30 м³/т с. б. м. Усі вони на родовищах і ділянках залягають в метановій газовій зоні з високим вмістом метану в газовій суміші – до 98,0 % (Костик і ін., 2013).

Отже, перспективи сучасної природної газоносності вугільних пластів глибоких горизонтів Львівсько-Волинського басейну порівняно з основними промисловими вугільними пластами не менш значні, водночас ступінь їхнього дослідження значно нижчий.

Висновки. Газоносність Львівсько-Волинського басейну є наслідком тривалої історії геологічного розвитку Львівського палеозойського прогину і формування у його надрах скупчень метанових газів спричинених низкою чинників, які визначали генерацію, міграцію та акумуляцію газів у вугленосній товщі.

Структурні особливості будови басейну зумовили диференційний геологічний розвиток його окремих частин та відіграли певну роль у процесах вуглефікації органічної речовини, унаслідок чого в північній частині басейну сформувалося, головню, довгополуменево (Д) і газове (Г) вугілля, а в південній – жирне (Ж) і коксівне (К).

Розмиви різного типу і віку істотно зменшили об'єми карбонатової товщі і площу поширення пластів, а відтак запаси вугілля і кількість метанових газів та зумовили формування кінцевого обрису морфології вугільних пластів і загалом вугленосної формації ЛВБ. Площі посткарбонатових епігенетичних розмивів кам'яновугільних відкладів розвинені на всій території басейну і відокремлюють Бишківську вугленосну площу, Любельське, Тяглівське й Межирічанське родовища. Глибина їхнього проникнення охоплює кам'яновугільну товщу і доходить до вугільного пласта v_6 , площа поширення якого значно більша і по якому проводять значну частину межі басейну.

Дослідження природної газоносності вугільних пластів глибоких горизонтів басейну (зокрема v_0^3 , v_0^4 , v_2 , v_4 , v_4^3 , v_5^4 , v_5^6 , v_6 і n_0^6), які залягають нижче від промислових на більших глибинах, загалом незавершені. Узагальнення наявних даних показує, що вугільні пласти нижньої підформації мають високу природну газоносністю, яка досягає понад 30 м³/т с. б. м. Усі вугільні пласти глибоких горизонтів на родовищах і ділянках залягають в метановій газовій зоні з високим вмістом метану в газовій суміші – до 98,0 %.

Газоносність пласта v_6 на родовищах кам'яного вугілля басейну вивчено недостатньо. На усіх родовищах пласт за вмістом метану становить 62–99 %. Найбільшою газоносністю він характеризується на Забузькому, Межирічанському, Тяглівському, Любельському родовищах та ділянці Межиріччя-Західна і досягає 30 м³/т с. б. м.

Запаси вуглеводневих газів у вугільному пласті v_6 на найбільш вивчених родовищах, полях шахт і ділянці Межиріччя-Західна басейну досить значні і в сумі становлять 5463989 тис. м³, з них 2354400 тис. м³ за категорією С₂, перспективні ресурси за категорією С₃ – 587200 тис. м³ і прогнозні ресурси за категорією Д₁+Д₂ в сумі – 2522389 тис. м³.

У межах басейну присутній метан як біогенного, так і абіогенного походження. Біогенний метан є основним компонентом газів вугілля, абіогенний – є компонентом газових сумішей девонського Великомоствівського газового родовища. На окремих ділянках басейну в зонах потужних розломів у газовій суміші вугілля зафіксовані невластиві вугільним газам гомологи метану – пропан і бутан, які є постійними компонентами девонського газового родовища, що підтверджує висновок про метан карбонатових відкладів подвійного біогенно-абіогенного (змішаного) походження.

Одним з основних генетичних і епігенетичних факторів, які зумовлюють сучасну газонасиченість басейну є речовинний склад вугілля. Показано, що вагомим постачальником вугільних газів упродовж усього метаморфічного ряду є вітриніт, який з середніх стадій вуглефікації одночасно є і сорбувальним мікрокомпонентом.

Отже, вугільні родовища Львівсько-Волинського басейну певною мірою є комплексними газовугільними, з яких перспективним є Тягівське родовище та глибокі горизонти басейну. Метан вугільних газів – це супутня корисна копалина, яка міститься у вугіллі і вмисних породах і за умов застосування відповідних технологій розробки родовищ може розглядатися як самостійна копалина, яку можливо і необхідно видобувати.

Багринцева К. И., Васильев В. Г., Ермаков В. И. Роль угленосных толщ в процессах генерации природного газа // Геология нефти и газа. – 1968. – № 6. – С. 7–11.

Бартошинская Е. С., Бык С. И. Взаимосвязь механического состояния угольного пласта и его газонасыщенности // Проблемы геологии и геохимии горючих ископаемых // Тез. докл. Респуб. конф. – Львов, 1989. – С. 20.

Бартошинська Є. С., Бик С. І. Еволюція органічної речовини у метаморфічному ряді вугілля (пороги вуглефікації) // Сучасні проблеми літології : матер. наук. конф., присвяченої 100-річчю від дня народження Д. П. Бобровника (Львів, 20–22 грудня 2000 р.). – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2000. – С. 4–5.

Бартошинська Є. С., Бучинська І. В. Зональне розміщення газів у вугільних породах за даними вуглепетрографічних і літолого-фаціальних досліджень / Зб. наук. праць Національного Гірничого університету. – Дніпропетровськ, 2003. – № 7. – Т. 1. – С. 515–519.

Бартошинська Є. С., Матрофайло М. М., Бик С. І. Метан у відкладах Львівського палеозойського прогину / Геолог України. – 2011. – № 2 (34). – С. 20–23.

Бойко Г. Ю., Козачок В. И., Гайванович О. П. Состав, классификация и генезис газов литосферы // Рефераты науч.-исслед. работ ИГГГИ АН УССР (1973 г.). – Киев, 1975. – С. 65–68.

Бучинська І., Шевчук О., Круглова Р. Пористість піщаних порід вуглевмісної товщі на прикладі Тягівського родовища Львівсько-Волинського басейну // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2007. – № 4. – С. 45–49.

Бучинська І. В., Явний П. М. Метаносність вугленосної товщі Львівсько-Волинського басейну // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2012. – № 3–4. – С. 17–28.

Вугленосність і розподіл вугільних газів у розрізі нижнього карбону Любельського родовища Львівсько-Волинського басейну / І. В. Бучинська, П. М. Явний, І. Б. Книш, О. М. Шевчук // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2011. – № 3–4. – С. 57–67.

Вуглеутворення на початковому етапі формування кам'яновугільної формації Львівсько-Волинського басейну / І. Костик, М. Матрофайло, Б. Лелик, М. Король // Науковий вісник НГУ. – 2016. – № 1. – С. 19–31.

Гази вугільних родовищ: нове вирішення проблеми синтезу-генезису метану / І. М. Наумко, М. І. Павлюк, Й. М. Сворень, М. І. Зубик // Доп. НАН України. – 2016. – № 3. – С. 61–68.

Газогенераційний потенціал кам'яновугільних басейнів України (Звіт про НДР) / наукові керівники В. Ю. Забілайло, В. І. Узіюк. – Львів, 2001. – № держ. реєстрації 0101U005160. – 172 с.

Газоносність відкладів кам'яновугільного віку Львівсько-Волинського басейну / М. Павлюк, І. Дудок, І. Наумко, С. Бик, Є. Бартошинська // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2008. – № 4 (145). – С. 11–20.

Геологические формации нефтегазоносных провинций Украины / Доленко Г. Н., Бойчевская Л. Т., Галабуда Н. И. и др. – Киев: Наук. думка, 1984. – 232 с.

Гринберг Й. В., Шабо З. В. До методики досліджень елементарного та ізотопного складу вуглецю $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ графітів // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1971. – № 24. – С. 88–90.

Доленко Г. Н. Современное состояние проблемы происхождения нефти и газа и закономерностей образования и размещения их залежей // Происхождение и миграция нефти и газа / Сб. науч. тр. – К.: Наук. думка, 1978. – С. 3–14.

Ермаков В. И., Скоробогатов В. А. Образование углеводородных газов в угленосных и субугленосных формациях. – М.: Недра, 1984. – 205 с.

Забігайло В. Ю., Караваєв В. Я., Іванців О. Є. Особливості поширення та ресурси метану вугленосних відкладів Львівсько-Волинського басейну // Геологія і геохімія горючих копалин. – 1993. – № 4 (85). – С. 18–23.

Забігайло В. Е., Широков А. З. Проблемы геологии газов угольных месторождений. – Киев : Наук. думка, 1972. – 172 с.

Завьялова Е. А. Фациальная характеристика каменноугольных отложений Львовской мульды // Тр. УкрНИГРИ. – 1964. – Вып. 9. – С. 60–73.

Исследования изотопного состава метановых газов Межреченского каменноугольного месторождения в связи с его газоносностью / М. Е. Петриковская, А. К. Иванов, В. А. Кушнирук, Й. В. Гринберг // Геология и геохимия горючих ископаемых. – 1969. – Вып. 18. – С. 38–45.

Касаточкин В. И. Рентгенографические и электронно-микроскопические исследования каменных углей на разных стадиях метаморфизма // Второе угольное совещание при лаборатории угля. – М.–Л., Изд-во АН СССР, 1955. – С. 84–85.

Козлов В. П., Токарев Л. В. Масштабы газообразования в осадочных толщах (на примере Донецкого бассейна) // Советская геология. – 1961. – № 7. – С. 19–33.

Комплексне освоєння газовугільних родовищ на основі потокових технологій буріння свердловин / В. М. Мойсичин, І. М. Наумко, В. І. Пилипець, В. В. Радченко, Є. М. Халімендіков, О. Д. Кожушок, С. А. Зінченко, Л. В. Шевелєв, Є. О. Юшков, В. А. Турчин. – К. : Наук. думка, 2013. – 310 с.

Корреляция карбоновых угленосных формаций Львовско-Волинского и Люблинского бассейнов / В. Ф. Шульга, А. Здановски, Л. Б. Зайцева, А. В. Иванова, А. В. Иванина, Н. Д. Король, А. Котасова, А. Котас, И. Е. Костик, Б. И. Лелик, Т. Мигер, В. И. Маничев, М. Н. Матрофайло, Б. Птак, В. С. Савчук, Г. М. Седаева, Я. Г. Степаненко – Киев: Варта, 2007. – 427 с.

Костик І. О., Матрофайло М. М., Сокоренко С. С. Перспективи промислової вугленосності нижньої частини кам'яновугільної формації Львівсько-Волинського басейну // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2007. – № 1. – С. 27–44.

Костик І. О., Матрофайло М. М., Король М. Д. Перспективи сучасної природної газоносності вугільних пластів глибоких горизонтів Львівсько-Волинського басейну / Геолог України. – 2013. – № 3, (43). – С. 50–59.

Лидин Г. Д. Газообильность каменноугольных шахт СССР // В 3-х т. Т. 3. – М.: Изд-во АН СССР. – 1963. – 350 с.

Лукинов В. В., Пимоненко А. П., Пигуновский П. И. Влияние вещественного состава и состояние верхней мантии на газоносность осадочной толщи Донбасса // Геотехническая механика : Межвед. сб. науч. тр. – Днепропетровск, 2005. – Вып. 54. – С. 96–100.

Львовско-Волинский каменноугольный бассейн : Геолого-промышленный очерк // М. И. Струев, В. И. Исаков и др. – Киев : Наук. думка, 1984. – 272 с.

Майборода А. А., Анциферов В. А. Газогенерирующее рассеяное органическое вещество и его распределение в угленосных формациях Донбасса // *Наук. праці УкрНДМІ НАН України*. – 2007. – №1. – С. 21–38.

Метан газувугільних родовищ – потужне додаткове джерело вуглеводнів в Україні / І. М. Наумко, М. І. Павлюк, Й. М. Сворень, М. І. Зубик // *Вісник НАН України*. – 2015. – № 6. – С. 43–54.

Метаноносність поля шахти “Степова” Львівсько-Волинського басейну / С. І. Бик, І. В. Бучинська, П. М. Явний, І. Б. Книш // *Геолог України*. – 2009. – №3. – С. 23–26.

Наумко І. М., Бекеша С. М., Сворень Й. М. Флюїди глибинних горизонтів літосфери і зв’язок з родовищами нафти і газу в земній корі (за даними вивчення включень у мінералах глибинного походження) // *Доп. НАН України*. – 2008. – № 8. – С. 117–120.

О зарождеии карбоновой угленосной формации Львовско-Волинского угольного бассейна / В. Ф. Шульга, И. Е. Костик, М. Н. Матрофайло, Н. Д. Король // *Докл. НАН Украины*. – 2009. – № 7. – С. 121–127.

Основні причини дегасації вуглепородних масивів Львівсько-Волинського басейну / М. І. Павлюк, І. М. Наумко, С. С. Бартошинська, М. М. Матрофайло // *Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / Институт геотехнической механики им. М. С. Полякова НАН Украины*. – Днепропетровск, 2012. – Вып.102. – С. 277–24.

Павлюк, І. М., Бик С. І., Наумко І. М. Львівсько-Волинський кам’яновугільний басейн – перспективний газonosний (метаноносний) регіон України / *Геотехнічна механіка*. – Дніпропетровськ, 2006. – Вип. 67. – С. 103–108.

Перспективи промислової вугленосності глибоких горизонтів Львівсько-Волинського кам’яновугільного басейну. Стаття 1. Морфологія серпуховського вугільного пласта v_6 Львівсько-Волинського басейну і особливості його утворення / І. О. Костик, М. М. Матрофайло, В. Ф. Шульга, М. Д. Король // *Геологія і геохімія горючих копалин*. – 2010. – № 3–4, (152–153). – С. 27 – 44.

Перспективи промислової вугленосності глибоких горизонтів Львівсько-Волинського кам’яновугільного басейну. Стаття 2. Морфологія візейського вугільного пласта v_0^3 і особливості його утворення (Ковельська площа) / М. М. Матрофайло, В. Ф. Шульга, І. О. Костик, М. Д. Король // *Геологія і геохімія горючих копалин*. – 2012. – № 3–4, (160–161). – С. 29 – 48.

Перспективи промислової вугленосності глибоких горизонтів Львівсько-Волинського кам’яновугільного басейну. Стаття 3. Петрографічний склад, якість, запаси вугілля і ресурси метану серпуховського вугільного пласта v_6 / І. О. Костик, М. М. Матрофайло, М. Д. Король, В. Ф. Шульга // *Геологія і геохімія горючих копалин*. – 2015. – № 1–2 (166–167). – С. 40–63.

Прогноз газonosності вугільних пластів Тягівського родовища Львівсько-Волинського басейну / Петро Явний, Іван Книш, Ірина Бучинська, Святослав Бик // *Геологія і геохімія горючих копалин*. – 2009. – № 2. – С. 39–51.

Роль генетичних факторів у формуванні газonosності вугільних покладів / Є. С. Бартошинська, В. І. Узіюк, С. І. Бик, А. В. Ільчишин // *Геологія і геохімія горючих копалин*, – 2002. – №4. – С. 46–50.

Сковородникова Е. А. Палеогеографія Львовско-Волинского каменноугольного бассейна в эпоху карбонового угленакопления // *Геологический журнал*. – 1991. – № 6. – С. 28–37.

Соколов В. Л. Геохимия природных газов. – М. : Наука. – 1971. – 334 с.

Сокоренко С., Костик І., Матрофайло М. Особливості сучасної природної газonosності вугільних пластів та вуглевмісних порід Любелського родовища кам’яного вугілля Львівсько-Волинського басейну / *Геолог України*. – 2011. – № 2, (34). – С. 81–89.

Сокоренко С., Костик І., Узіюк В. Особливості газonosності вугільного пласта v_6 Львівсько-Волинського басейну і перспективи використання метану // *Геологія і геохімія горючих копалин*. – 2009. – № 2 (147). – С. 19 – 30.

Сокоренко С. С., Костик І. О., Узіюк В. І. Перспективи промислової газонасності вугільних порід Тягівського родовища кам'яного вугілля Львівсько-Волинського басейну // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2007. – №2. – С. 34 – 45.

Теодорович Г. И. Учение об осадочных породах. Применительно к геологии нефти и угля. – Л.: Гостоптехиздат, 1958. – 572 с.

Угленосные формации карбона юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы / Е. С. Бартошинская, С. И. Бык, А. А. Муромцева и др. – Киев: Наук. думка, 1983. – 172 с.

Федуцак М. Ю., Кушнірук В. О., Бартошинська Є. С. Атлас мікроструктур вугілля Львівсько-Волинського басейну. – К.: Наук. думка, 1974. – 103 с.

Хоха Ю. В. Термодинамічні умови утворення нафтоподібних систем в надрах Землі за співвідношенням стабільних ізотопів вуглецю в індивідуальних вуглеводнях : автореф. дис. ... канд. геол. наук. – Львов, 2009. – 17 с.

Стаття надійшла

10. 10. 2017

Mykhailo MATROFAILO, Iryna BUCHYNSKA, Andriy POBEREZHSKYI

DISTRIBUTION AND ORIGIN OF HYDROCARBON GASES IN COAL-BEARING DEPOSITS OF THE LVIV-VOLYN COAL BASIN

After sufficient study, generalizations of all the data available as to stratigraphy, tectonics, lithological composition of coal-bearing series of the basin from the point of view of its potential for gas presence was possible. The composition, nature of coal gases, forms of occurrence and the mode of their burial have been considered. Problems of generation of hydrocarbon gases in the process of coalification of organic substance and their abiogenic origin connected with subsurface processes of the Earth have been studied. The influence of reservoir properties of coal and coal-enclosing rocks, the composition and physical-mechanical features of the immediate roof and the foot of coal seams have been analysed, the dependence of the gas distribution in coal seams and coal-enclosing rocks upon disjunctive tectonic dislocations has been ascertained. The influence of intraformational and epigene washouts upon degassing of coal seams has been investigated. On the basis of construction of schemes of the gas presence in coal seams of some mine fields and on the whole basin the conclusions have been made about the methane distribution in coal-bearing series.

Materials on the assessment of methane resources of the gas-coal fields have been accumulated and systematized as well as the prospects of the modern natural gas presence in coal seams of the deep levels of the basin have been outlined. Optimum conditions of the formation of hydrocarbon gases accumulations have been cited. The conclusions have been made as to the modern extractive potential of gases of coal-bearing series of the Lviv-Volyn Basin as possible source of the improvement of the up-to-date state of the fuel-power complex of the Ukraine.