

УДК 552.57/552.513(477.83)

Ірина Володимирівна Бучинська,

к. геол. н., ст. наук. співроб. відділу геології і геохімії твердих горючих копалин,
Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,
вул. Наукова, 3-а, м. Львів, 79060, Україна,
e-mail: ibuchynska@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-8154-4485>;

Олена Мілетівна Шевчук,

мол. наук. співроб. відділу геології і геохімії твердих горючих копалин,
Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,
e-mail: olena.shevchuk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2370-5826>;

Андрій Володимирович Побережський,

к. геол.-мін. н., ст. наук. співроб., завідувач відділу геології і геохімії твердих горючих копалин,
заст. директора з наукової частини, Інститут геології і геохімії горючих копалин НАН України,
e-mail: igggk@mail.lviv.ua, <https://orcid.org/0000-0002-4622-0725>

ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНІСТЬ ПІСКОВИКІВ ПІВДЕННО-ЗАХІДНОГО РАЙОНУ ЛЬВІВСЬКО-ВОЛИНСЬКОГО КАМ'ЯНОВУГІЛЬНОГО БАСЕЙНУ

На основі аналізу структурно-текстурних особливостей пісковиків, вивчення колекторських властивостей і газоносності прогнозується ймовірність викидів порід на глибинах більше 700 м для Південно-Західного вугленосного району ЛВБ. На Тяглівському і Любельському родовищах досліджувалися породи бужанської світи нижнього карбону і морозовичівської світи башкирського ярусу середнього карбону. Застосування комплексного підходу до вивчення породних шарів з аналізом структурно-текстурних особливостей, визначенням стадій катагенетичних перетворень є важливим для встановлення причин, факторів явища викидонебезпечності вугленосних порід. За комплексним показником викидонебезпечності «В» у вугленосній товщі Тяглівського і Любельського родовищ на глибоких горизонтах виділяються шари і лінзи пісковиків потенційно здатних до раптових викидів. Для порід Тяглівського родовища, як більш газоносного в басейні, потенційна загроза викидів порід більша. Особливо це стосується локальних антиклінальних піднят, що ускладнюють крила Тяглівської синкліналі. Лінзи потенційно викидонебезпечних пісковиків виділені у нерівномірно дегазованій товщі Любельського родовища. За своїми структурно-текстурними особливостями вони щільні з великою кількістю жорстких вторинних інкорпораційних і сутурних контактів між зернами. Поєднання підвищеного напруження тектонічного характеру зі значною крихкістю пісковика є достатньою умовою для виникнення і раптового вивільнення високого напруженого стану в породах.

Дослідження пісковиків Південно-Західного вугленосного району ЛВБ, виділення шарів і лінз, потенційно здатних до раптових викидів, є актуальним з точки зору нарощування мінерально-сировинної бази басейну за рахунок освоєння нових площ.

Ключові слова: Львівсько-Волинський басейн, викидонебезпечність порід, пісковики, катагенез, структурно-текстурні особливості.

И. В. Бучинская, Е. М. Шевчук, А. В. Побережский. ВЫБРОСООПАСНОСТЬ ПЕСЧАНИКОВ ЮГО-ЗАПАДНОГО РАЙОНА ЛЬВОВСКО-ВОЛЫНСКОГО КАМЕННО-УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА. На основании анализа структурно-текстурных особенностей песчаников, определения их коллекторских свойств и газоносности установлена вероятность существования выбросов пород на глубинах больше 700 м для Юго-Западного угленосного района ЛВБ. На Тягловском и Любельском месторождениях исследовались породы бужанской свиты нижнего карбона и морозовичевской свиты башкирского яруса среднего карбона. Применение комплексного подхода к изучению породных слоев с анализом структурно-текстурных особенностей, изучением стадий катагенетических преобразований важно для определения причин и факторов явления выбросоопасности пород. За комплексным показателем выбросоопасности «В» в угленосной толще Тягловского и Любельского месторождений на глубоких горизонтах выделяются слои и линзы песчаников потенциально способные к внезапным выбросам. Для пород Тягловского месторождения, как более газоносного в бассейне, потенциальная угроза выбросов больше. Особенно это касается локальных антиклинальных поднятий, которые усложняют крылья Тягловской синклинали. Линзы потенциально выбросоопасных песчаников выделены в неравномерно дегазированной толще Любельского месторождения. По своим структурно-текстурным особенностям они плотные с большим количеством жестких вторичных инкорпорационных и сутурных контактов между зернами. Сочетание повышенного напряжения тектонического характера и значительной хрупкости песчаника – достаточное условие для возникновения и внезапного высвобождения высокого напряженного состояния в породах.

Исследование песчаников Юго-Западного угленосного района ЛВБ, выделение слоев и линз потенциально опасных к внезапным выбросам актуально с точки зрения наращивания минерально-сырьевой базы за счет освоения новых площадей.

Ключевые слова: Львовско-Волинский бассейн, выбросоопасность пород, песчаники, катагенез, структурно-текстурные особенности.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Вивчення питання викидонебезпечності вугленосної товщі Львівського палеозойського прогину є важливим для визначення перспектив розвитку вуглевидобувного комплексу Львівсько-Волинського басейну (ЛВБ). Дослідження викидонебезпечності вугле-

вмісних пісковиків зумовлено комплексним підходом до питань нарощування вуглевидобутку за рахунок освоєння нових родовищ басейну та проведення вуглевидобувних робіт на глибоких горизонтах. Дослідження є частиною теми «Нарощування сировинної бази та аналіз якості вугілля Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну» в рамках цільової програми наукових

досліджень НАН України "Мінерально-сировинна база України як основа безпеки держави" (2016-2021 рр.).

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблема викидів вугілля, породи і газу передбачає розробку теорії методів прогнозу і засобів боротьби з газодинамічними явищами, які відбуваються в забоях гірських виробок і представляють собою швидкоплинне руйнування призабійної частини газонасиченого вугільного або породного масиву [23].

Раптовий викид – газодинамічне явище, що виникає у вугіллі чи в газонасичених породах і характеризується швидким руйнуванням масиву з викидом породи і виділенням газу [6]. Перший викид порід в Центральному геолого-промисловому районі Донецького басейну стався в 1955 р. на шахті № 1-5 "Кочегарка" на глибині 750 м [27]. А. А. Скочинський [24] запропонував газодинамічну концепцію викидів вугілля і газу і розглянув роль окремих факторів – тиску гірських порід, замкненого у вугіллі газу, фізико-механічних властивостей, мікро- і макроструктури вугілля, а також будову вугільного пласта. Ця гіпотеза була прийнята більшістю дослідників і розвинута в працях В. В. Ходота [26], В. І. Ніколіна [21], В. Ю. Забігайла [16, 17]. На думку цих авторів, викидонебезпечність зумовлена взаємозв'язком основних природних факторів (напруженого стану, вмісту газу і фізико-механічних властивостей гірських порід) з технологічними факторами. Поєднання підвищеного напруження тектонічного характеру зі значною крихкістю пісковиків є достатньою умовою для виникнення і раптового вивільнення високого напруженого стану в породах [27].

Дискусійним є питання ролі газу у виникненні викидів порід. На думку Л. Н. Бикова [11], першопричиною викидів є вільний газ, що знаходиться в мікропорах під високим тиском. В. І. Ніколін та ін. [16, 17, 21] причиною виникнення аномальних напруг у викидонебезпечних породах вважають геостатичний тиск і наявність в їхніх порах газу під високим тиском (до 10,0 МПа). За дослідженнями [13], газ, що утримується в товщі пісковиків, не є причиною виникнення викидів, а високе газовиділення пояснюється миттєвим руйнуванням породи з вивільненням газу.

Низка дослідників встановила приналежність викидонебезпечних пісковиків до певних умов утворення. В. С. Вереса до викидонебезпечних пісковиків на глибинах більше 700 м відносив лише пісковики руслових фацій [12]. Іншими дослідниками [10, 15, 16] були зроблені висновки, що викиди порід і газу відбуваються не лише в пісковиках руслових фацій, але й у пісковиках підводних виносів рік та узбережжя моря з відповідними фі-

зико-механічними властивостями.

Вивчення петрографічних особливостей небезпечних і безпечних по викидах пісковиків привели дослідників [15, 16] до висновку про існування принципових відмінностей в їхній структурі та складі, зокрема за розміром уламкових зерен, типом цементу, вмістом уламкового і регенераційного кварцу. Викидонебезпечні пісковики мають кварцитовидний вигляд, зерна вдавнені одне в одне, переважаючий тин цементу – контактний. Як прогнозні ознаки з високим ступенем надійності були запропоновані: здатність керну свердловин ділитися на диски, структура пісковиків, тип і склад цементу, типи контактів між зернами, розмір породотвірних мінералів.

Методи прогнозу, що існують на сьогодні, дозволяють визначити викидонебезпечність гірських порід на стадії геологічної розвідки родовищ (регіональний прогноз) і в процесі проведення виробок (поточний і локальний прогнози) [3, 5, 23].

Властивості викидонебезпечних пісковиків відносно надійно можуть бути визначені під час геологорозвідувальних робіт. Для чисельного визначення викидинебезпечності пісковиків застосовують комплексний показник «В», який розраховується як середнє двох груп показників: 1) характеристики властивостей порід – ступінь метаморфізму, генетичний тип пісковиків, кількість уламкового і регенераційного кварцу та глинисто-слюдистих мінералів, середньозважений розмір зерен, протяжність контактів, відкрита пористість; 2) характеристики напруженого стану породи – межа міцності на розрив, модуль Юнга, тиск газу, глибина залягання [3, 5].

Викидонебезпечність для однакових генетичних типів порід з рівними катагенетичними перетвореннями збільшується зі збільшенням кількості уламкового і регенераційного кварцу, зі збільшенням розміру кварцових зерен та протяжності контактів між породотвірними мінералами, зі зменшенням пористості, збільшенням сорбційної метаноємності та ступеня наповнення пор газом, глибини залягання і тиску насичених газів.

Прогноз викидонебезпечності гірських порід за геолого-геофізичними даними на цей час є найменш затратним і одночасно ефективним методом визначення викидонебезпечності пісковиків при проведенні робіт у вугільних шахтах.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття. Дослідження викидонебезпечності порід у Львівсько-Волинському басейні довгий час не проводились, оскільки видобування вугілля відбувалось на глибинах вище 700 м. Хоча більшість шахт ЛВБ є категорійними та надкатегорійними на газ, вивченням викидонебезпечності порід до

90-их років минулого століття майже не займалися.

Перспективи розвитку Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну та нарощування вуглевидобутку за рахунок освоєння нових родовищ пов'язуються з Південно-Західним вугленосним районом, у межах якого виділяють Тяглівське і Любельське родовища. Вони знаходяться в найбільш зануреній частині Львівського палеозойського прогину і відрізняються від тих, що вже розробляються, великою глибиною залягання перспективних вугільних пластів [14].

Будівництво шахти «Тяглівська – 1» на території Тяглівського родовища Південно-Західного вугленосного району ЛВБ планувалось проектом на період з 1996 по 2002 р, з вводом в експлуатацію в 2004 р. Розкриття вугільних пластів повинно було проводитися вертикальними здвоєними стволами і горизонтальними квершлагами глибиною до 870 м. Було проведено величезну дослідницьку роботу, пробурені сотні свердловин, але у зв'язку з політичними та економічними подіями, пов'язаними з розпадом Радянського Союзу, будівництво шахти так і не розпочалося. На сьогодні цікавість до цієї ділянки виникла у зв'язку з можливим видобутком метану з вугільних пластів.

Велика надія покладається на будівництво нової сучасної шахти на Любельському родовищі Південно-Західного району, адже це єдине родовище ЛВБ із запасами коксівного вугілля. Розкриття шахтного поля планується здійснювати двома вертикальними стволами глибиною до 979 м.

Перехід на горизонти на глибинах більших ніж 700 м потребує надійного прогнозу гірничо-геологічних умов розробки, адже саме на таких у Донецькому басейні у ряді шахт при проведенні робіт відмічаються викиди вугілля та породи.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Застосовуючи методи прогнозу викидонебезпечності порід на основі геолого-розвідувальних даних, встановити наявність потенційно викидонебезпечних пісковиків у вугленосній товщі Південно-Західного вугленосного району ЛВБ.

Викладення основного матеріалу. Південно-Західний вугленосний район – частина складної структури Львівсько-Волинського басейну. До його складу входять Тяглівська і Карівська (Любельська) асиметричні синклінали, вісі яких зміщені в південно-західному напрямку. В них залягають більш занурені кам'яновугільні відклади басейну, що збереглися від розмиву, які складають відповідно Тяглівське і Любельське родовища [28]. Схематична карта родовищ приведена на рисунку 1.

В стратиграфічному розрізі родовищ виділяють верхньодевонські переважно карбонатні відклади, вугленосні кам'яновугільні і перекриваючі їх теригенні юрські, карбонатні верхньокрейдові відклади, а також четвертинні відклади [2].

Розріз продуктивної товщі стійкий по всьому Південно-Західному вугленосному району. Це відклади кам'яновугільної системи, що відносяться до турнейського, візейського, серпухівського та башкирського ярусів.

Відклади турнейського ярусу (C_{1t}) представлені породами хорівської світи (C_{1thr}) і не мають суцільного розповсюдження по площі родовищ. В основному, це пісковики, алевроліти, аргіліти з поодинокими прошарками вапняків.

Відклади візейського ярусу (C_{1v}) розвинуті по всій площі і включають в себе олеськівську (C_{1vol}), яхторівську (C_{1vjh}), володимирівську (C_{1vvl}) і устилузьку (C_{1vus}) світи. Відклади представлені, в основному, міцними вапняками з підпорядкованим розвитком морських аргілітів. Характерне широке розповсюдження захоронень залишків фауни фораменіфер, брахіопод, кріноїдей, остракод і інших. Сумарно відклади мають в собі до 10 малопотужних (0,10-0,30м) вугільних пластів. В складі серпухівського ярусу (C_{1s}) виділяють порицьку (C_{1spr}), іваничівську (C_{1siv}), лішнянську (C_{1sls}) і бужанську (C_{1sbz}) світи.

Три нижніх світи (порицька, іваничівська, лішнянська) включають до 46 вугільних пластів з переважаючою потужністю 0,10-0,35м. Винятком є пласти v_6 (іваничівська світа) і n_0^6 (лішнянська світа), які є досить витриманими по площі і досягають робочої потужності. Відклади світ, в основному, представлені пісковиками, алевролітами, аргілітами з прошарками вапняків.

Бужанська світа (C_{1bz}) є найбільш вивченою, вміщує основні промислові пласти: n_7 , n_7^b , n_8^b , n_9 . Світа практично повністю складена теригенними породами (пісковиками, алевролітами, аргілітами). В розрізі світи присутні малопотужні, нестійкі по площі, вапняки N_3 і N_4 . Нижня частина розрізу, до вапняку N_4 , більш глиниста, майже безвугільна, складена практично повністю перешаруваннями аргілітів і алевролітів.

В розрізі світи також виявлено до 30 малопотужних пластів, серед яких найбільш стійкі – n_4 , n_5 , n_5^1 , n_6 , n_6^1 . В вапняках N_3 , N_3^1 , N_4 виявлені залишки фауни: фораменіфер, кріноїдей, пеліципод, гастропод, брахіопод.

Відклади башкирського ярусу (C_{2b}) розповсюджені в північній, найбільш зануреній частині шахтного поля, по всій площі шахтного поля і включають в себе три світи: морозовичівську (C_{2bmr}), паромівську (C_{2bpm}), кречівську (C_{2bkr}).

Морозовичівська світа складена пісковиками, алевролітами, аргілітами, вапняками і

вугіллям. Світа включає 8 вугільних пластів, промисловий інтерес мають лише два – b_1 і b_3 .

На Тягівському і Любельському родовищах планується виробка вугілля пластів b_3 , b_1 , n_9 , n_8^B , n_8 , n_7^B , n_7 .

За петрографічним складом пісковики вугле-

носної товщі відносяться до мезомікто-кварцових, польовошпато-кварцових і кремнекlasto-кварцових відмін за класифікацією В. Д. Шутова (1975) [20].

Викиди порід відбуваються в пісковиках певних літогенетичних типів – фації русел (Р), під-

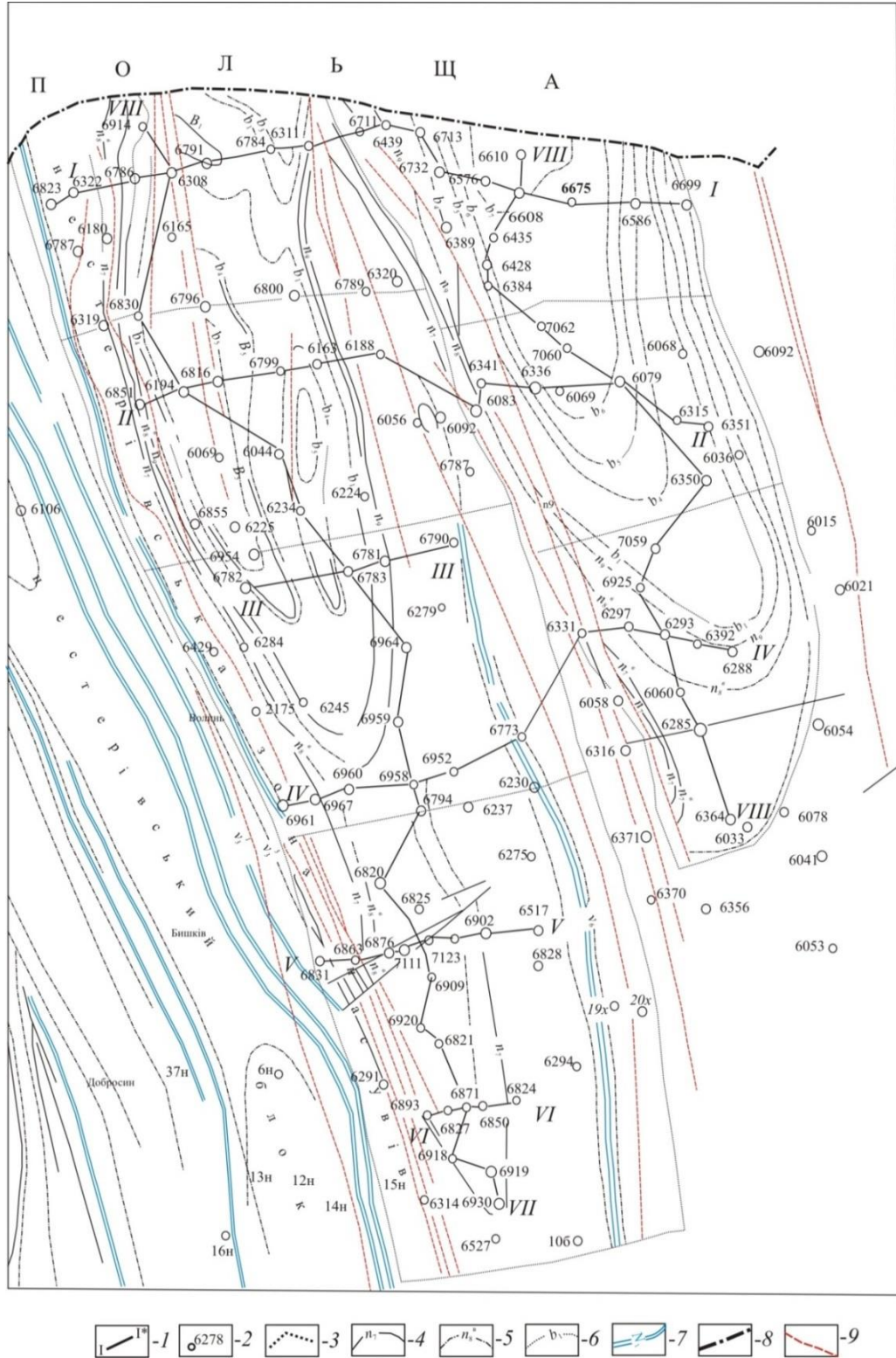


Рис. 1. Геологічна карта Південно-Західного вугленосного району Львівсько-Волинського басейну (за матеріалами [14]). Умовні позначення: 1 – лінія розрізу; 2 – номер свердловини; 3 – межі шахтних полів; 4, 5, 6 – вугільний пласт; 7 – вапняк; 8 – державний кордон; 9 – тектонічні порушення

водних виносів рік (ПВР), прибережно-морських (ПМ), що містять газове (Г), газОВО-жирне (ГЖ), жирне (Ж) та коксівне (К) вугілля. Глибина залягання порід впливає на фізико-механічні властивості породи і знаходиться в кореляційному зв'язку з тиском газів, газонасиченістю та вологістю гірських порід [17].

Структурно-текстурні особливості порід визначалися ступенем постдіагенетичних змін. Нами були вивчені і співставлені вторинні зміни уламкового матеріалу, якісна і кількісна характеристика перетворень певних мінералів-індикаторів та деякі структурно-текстурні показники, що характеризують ступінь перетворень пісковиків Р, ПВР і ПМ Південно-Західного вугленосного району, відносно стадій катагенетичного перетворення порід (табл. 1). Окрім того, схематично зображено динаміку змін кількості вторинного кварцу, пористості, коефіцієнта метаморфічності та кількості контактів на зерно, як основних показників структурних перетворень зі зміною ступеня катагенезу для пісковиків різних літогенетичних типів (рис. 2).

Аналіз результатів досліджень вказує на те, що зі зростанням ступеня катагенетичних перетворень змінюється структура порід, а також

збільшується кількість регенераційного кварцу, що призводить до ущільнення порід.

Зі збільшенням постседиментаційних змін різко погіршуються колекторські властивості пісковиків. Через зниження газопроникності пісковиків газу можуть зберігатися у відкритій системі "газ-пісковик", що і спостерігається на великих глибинах у Донецькому басейні [9].

За класифікацією порід-колекторів пісковики Тягівського родовища ЛВБ можна віднести до двох груп колекторів: до II групи – нерівномірно проникні (за порами) колектори, та до IV – змішані колектори (порові і тріщинні). За величиною проникності ці пісковики належать до класу слабопроникних (0,001 – 0,01 Д) і важкопроникних (<0,001 Д) колекторів [10].

За колекторськими властивостями вугленосні відклади Любельського родовища характеризуються наявністю пористих і газопроникних порід, які можна віднести до колекторів порового і порово-тріщинного типу. Пористість порід змінюється від 1 до 4 – 5% при максимальних значеннях 9,2 – 15,8% на площі полів шахт Любельські №№ 1 і 2, газопроникність – 0,01 – 0,7 мД при максимальних показниках від 0,2 – 0,62 до 2,92 – 6,36 мД [25].

Таблиця 1

Основні мінералого-петрографічні характеристики пісковиків відносно стадії постдіагенетичного перетворення порід

Фації	Стадія катагенезу	ПОЧАТКОВИЙ КАТАГЕНЕЗ		ГЛИБИННИЙ КАТАГЕНЕЗ	
	Марка вугілля	Г	ГЖ	Ж	К
Пісковики русел рік	Кварц вторинний, %			<u>0 – 9</u> 2,8	<u>2 – 10</u> 5,8
	Пористість, %			<u>2,9 – 10,0</u> 6,9	<u>4,7 – 10,2</u> 6,5
	Коефіцієнт метаморфічності			<u>0,06 – 0,39</u> 0,17	<u>0,22 – 0,54</u> 0,36
	Розмір зерен, мм			<u>0,14 – 0,28</u> 0,21	<u>0,14 – 0,55</u> 0,31
Пісковики підводних виносів рік	Кварц вторинний, %	<u>0 – 4</u> 2,3	<u>0 – 5</u> 2,8	<u>0 – 10</u> 3,9	<u>1 – 10</u> 4,0
	Пористість, %	<u>1,6 – 9,3</u> 6,8	<u>1,4 – 13,2</u> 6,1	<u>1,9 – 9,8</u> 6,4	<u>1,9 – 9,3</u> 5,8
	Коефіцієнт метаморфічності	<u>0,09 – 0,29</u> 0,2	<u>0,1 – 0,43</u> 0,24	<u>0,1 – 0,43</u> 0,25	<u>0,13 – 0,4</u> 0,25
	Розмір зерен, мм	<u>0,1 – 0,56</u> 0,19	<u>0,14 – 0,33</u> 0,22	<u>0,12 – 0,3</u> 0,2	<u>0,11 – 0,53</u> 0,22
Пісковики узбережжя моря	Кварц вторинний, %		<u>0 – 2,5</u> 0,9	<u>0 – 4</u> 1,2	<u>0 – 5</u> 1,5
	Пористість, %		<u>3,5 – 5,0</u> 4,2	<u>3,0 – 4,0</u> 3,6	<u>2,2 – 6</u> 3,8
	Коефіцієнт метаморфічності		<u>0,09 – 0,21</u> 0,13	<u>0,14 – 0,18</u> 0,16	<u>0,13 – 0,29</u> 0,18
	Розмір зерен, мм		<u>0,09 – 0,17</u> 0,13	<u>0,09 – 0,14</u> 0,12	<u>0,1 – 0,14</u> 0,12

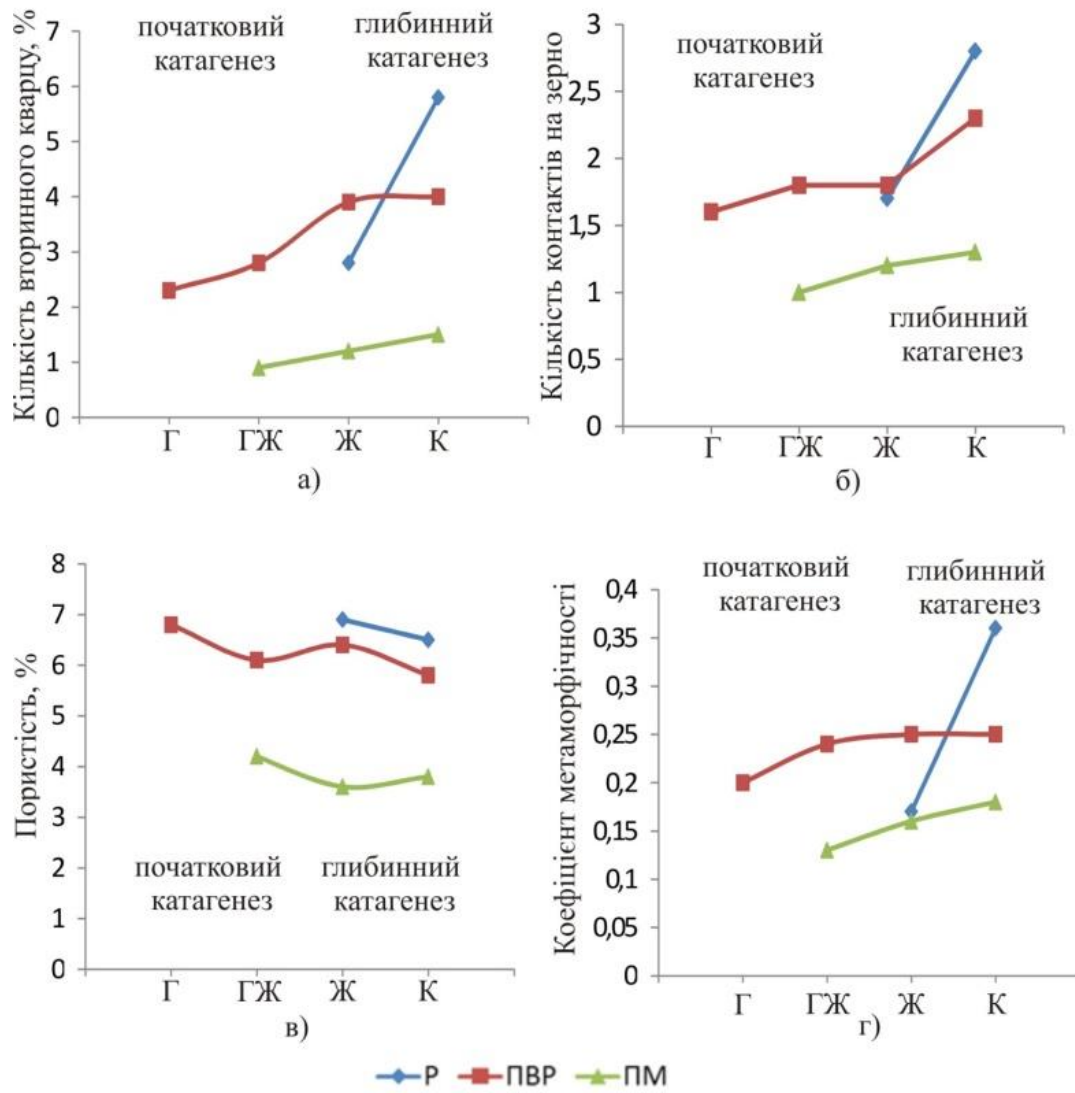


Рис. 2. Основні показники структурних перетворень пісковиків зі зміною ступеня катагенезу для пісковиків різних генетичних типів: а) кількість вторинного кварцу, б) кількість контактів на зерно, в) пористість; г) коефіцієнт метаморфічності. Умовні позначення: Р – руслові пісковики; ПВР – пісковики підводних виносів рік; ПМ – пісковики узбережжя моря

Зі зменшенням пористості спостерігається регіональне зменшення викидонебезпечності, що зумовлено дією регіональних факторів тектоніки і катагенезу. Процеси осадоагромадження визначають мінеральний склад, структурно-текстурні особливості, мікроструктуру пісковиків, їхню природну газонасиченість та потенційну здатність до викидів.

Шари пісковиків Південно-Західного вугленосного району загалом мають хороші колекторські властивості. Вони значною мірою насичені водою і зона активного водообміну знаходиться значно глибше, ніж у вугільних пластах з пониженою газопроникністю і тих, що залягають серед газонепроникних аргілітів і алевролітів.

Тяглівське і Любельське родовища ЛВБ відрізняються за газонасиченістю вуглепородного масиву. Тяглівське є найбільш газонасиченим в басейні. Природна газонасиченість вугільних пластів Тяглівського родовища змінюється в широких межах –

від 2,1 до 31 м³/т с.б.м. (м³/тонну сухої беззольної маси) [29]. Висока газонасиченість вугленосної товщі Тяглівського родовища зумовлена близькістю до Великомоствівського газового родовища та можливістю міграції газів з газонасичених порід девону у кам'яновугільні відклади [18]. На картах газонасиченості вугільних пластів Тяглівського родовища чітко прослідковується, що збільшення газонасиченості приурочене до тектонічних розломів [29].

Особливістю Любельського родовища є низька газонасиченість вугленосної товщі, що пов'язано з дегазацією вугільних пластів та вуглевмісних пісковиків унаслідок регіонального епігенетичного розмиву та присутністю в покрівлі продуктивної товщі тріщинуватих грубоуламкових теригенних юрських відкладів [1]. Для більшості вугільних пластів газ відсутній або його вміст складає від 0,2 до 0,48 м³/т с.б.м. Проте в окремих свердловинах для пластів n₉, n₈, n₇¹ відмічаються

аномальні значення ($8,3 - 19,3 \text{ м}^3/\text{т с.б.м.}$). Пласт n_0^6 належить до метанової зони на всій території Любельського родовища [8, 25].

Можливість нагромадження газів у гірських породах визначається геологічними, тектонічними умовами та ступенем постседиментаційних змін у масивах гірських порід. На ранніх стадіях метаморфізму вугілля (катагенезу порід) нагромадження газів може відбуватися лише за умови утворення структурно-тектонічних та інших пасток.

Формування локальних антиклінальних структур (деформація розтягнення) є достатнім для порушення суцільності порід. Крихіткі деформації розриву зумовлюють утворення тріщинуватої зони у склепінній частині складки, що призводить до зростання загальної пористості порід. На шахті ім. Засядька в Донецькому басейні, яка є небезпечною за раптовими викидами вугілля і порід, встановлено, що максимальні газовияви розташовуються нерівномірно за площею і пов'язані з піднесеними частинами антиклінальних флексур [5].

При дослідженні пісковиків поля шахти Тяглівська № 1 встановлено наявність незначних антиклінальних структур, що ускладнюють положі крила синкліналі, до яких приурочене значне збільшення газоносності [10]. Отже, за умов виникнення додаткової тріщинуватості в зоні локальних антиклінальних піднять, слабопроникні пісковики, якими зазвичай є вуглевмісні пісковики ЛВБ, стають кращими колекторами для накопичення вугільних газів. Водночас вони можуть бути потенційно небезпечними за раптовими вибухами породи і газу.

Нами побудовані повздовжні та поперечні літолого-стратиграфічні розрізи по Тяглівському і Любельському родовищах із зазначенням викидонебезпечної ситуації. Дослідження проводились з визначенням комплексного показника «В» [9, 14, 22]. На Тяглівському родовищі вугленосна товща досліджувалась в інтервалі v_5Sn_9 (глибини від 650 до 1300 м). На Любельському родовищі – в інтервалі v_5Sn_9 (глибини від 650 до 1500 м).

Більшість досліджених пісковиків переважно викидобезпечні. Це пояснюється речовинним складом пісковиків ЛВБ, які містять порівняно з викидонебезпечними пісковиками Донбасу, меншу кількість уламкового і регенераційного кварцу, мають дрібніші зерна з невеликою протяжністю контактів між ними. Окрім цього, пісковики на Тяглівському родовищі відрізняються підвищеним вмістом слюдисто-глинистих мінералів, що збільшує їх пластичність і тим самим зменшує викидонебезпечність.

У статті наведено повздовжні розрізи для Тяглівського і Любельського родовищ (рис. 3).

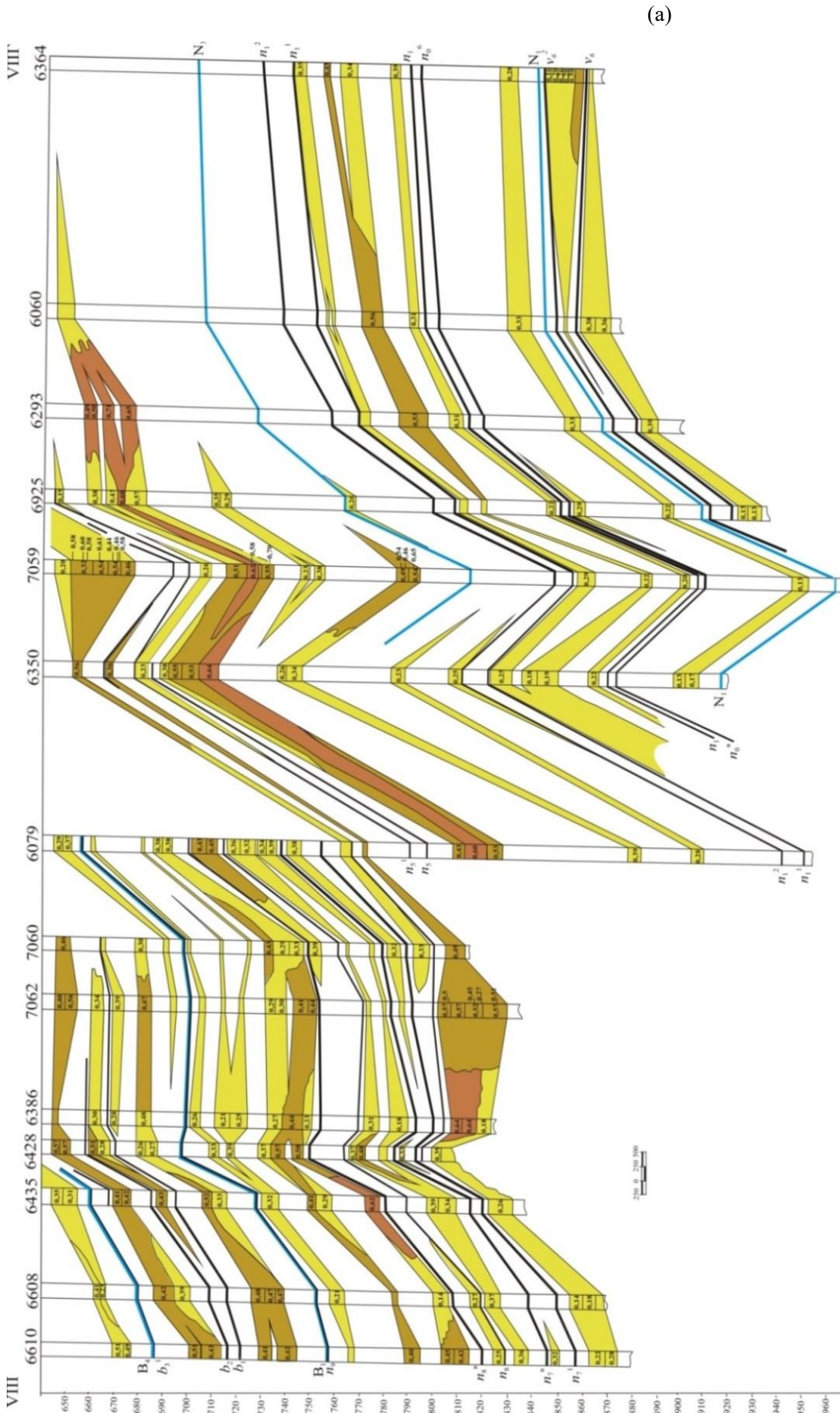
Переважно викиди для ЛВБ прогноуються лише для окремих прошарків або лінз пісковиків. На Тяглівському і Любельському родовищах виділено прошарки і лінзи пісковиків низького (“В”=0,4–0,6) і високого (“В”>0,6) ступеня викидонебезпечності.

Для Тяглівського родовища (рис. 3-а) особливої уваги заслуговують пісковики N_3Sn_5 , $n_6^1Sn_7$, $n_8^8Sn_9$, які майже по всьому їх простяганню мають низький (“В”=0,4 – 0,57), а в окремих пропластках і лінзах – високий ступінь викидонебезпечності (“В”=0,6 – 0,7). На півночі родовища вони стають більш викидонебезпечними в інтервалі глибин від 650 до 900 м. Техніко-економічне обґрунтування будівництва шахти “Тяглівська № 1” передбачало проходку стволів і інших виробок на глибинах 855 і 870 м. Отже, пласти саме цих пісковиків заслуговують додаткової уваги.

Для Любельського родовища (рис. 3-б, в) викидонебезпечним є шар пісковика $n_6^1Sn_7$, що підтверджується повздовжнім і поперечними розрізами. Цьому шару властиві як низькі (0,4 – 0,6), так і високі (>0,6) значення коефіцієнту “В”. Отже, пісковик $n_6^1Sn_7$ Любельського родовища потенційно викидонебезпечний. У південній частині Любельської площі слід звернути увагу на пісковики $n_6^1Sn_7$, $n_7^1Sn_8$, які поширені на глибині 750 – 1100 м. В цьому інтервалі знаходяться основні робочі вугільні пласти бужанської світи і у зв'язку з цим передбачається проходка стволів і інших виробок майбутньої шахти “Любельська № 1–2”. По окремих свердловинах пісковик $n_6^1Sn_7$ має ще й підвищену газоносність. За попереднім прогнозом у шарах пісковиків $n_6^1Sn_7$, $n_7^1Sn_8$ можна очікувати викиди значної інтенсивності.

Слід також зауважити, що для потужних пісковиків (20 – 30 м) спостерігається зміна потенційної здатності до вибухів по простяганню і товщині пласта. Такими є для Тяглівського родовища пісковики N_3Sn_5 , $n_6^1Sn_7$, $n_8^8Sn_9$, для Любельського – $n_6^1Sn_7$. Це явище пояснюється зміною фаціальних умов осадоагромадження піщаних відкладів у межах одного стратиграфічного горизонту, що призводить до частих змін колекторських властивостей, різної інтенсивності структурних перетворень як проявів катагенетичних явищ в процесі метаморфізму вугленосної товщі.

Висновки. Більшість досліджених пісковиків Тяглівського і Любельського родовищ Південно-Західного вугленосного району ЛВБ переважно викидобезпечні. На це вказують значення комплексного показника викидонебезпечності «В», переважно менші 0,4. За структурно-текстурними показниками, ступенем перетворення певних мінералів-індикаторів, наявністю вторинних контактів між зернами та значенням коефіцієнта метаморфічності «С» встановлено, що пісковики



(a)

Рис. 3-а. Літолого-стратиграфічний розріз з викидонебезпечною ситуацією по профілю VIII–VIII' Тягльське родовище (за матеріалами Л. Н. Грещак, П. М. Явний [14]). Умовні позначення: 1 – номер свердловини; 2 – вугільний пласт; 4 – вапняк; 5 – викидонебезпечний пісковик («В» < 0,4); 6 – пісковик низького ступеню викидонебезпечності (0,4 < «В» < 0,6); 7 – викидонебезпечний пісковик (0,6 < «В» < 1,0), 8 – теригенно-карбонатна товща (J₃–K₂)

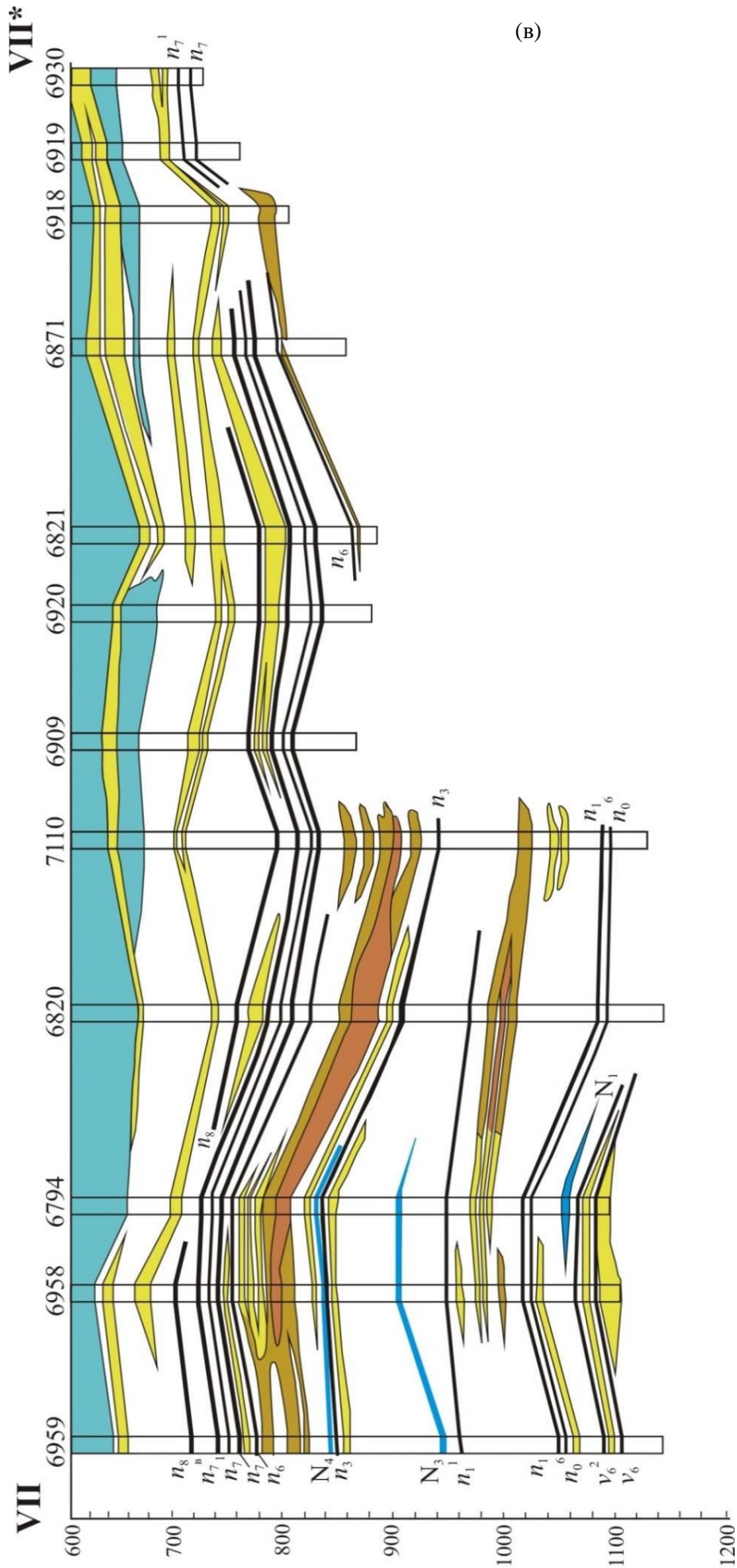


Рис. 3-в. Літолого-стратиграфічний розріз з викидонебезпечною ситуацією по профілю VII–VII* (б) південна частина Любелського родовища (за матеріалами Л. Н. Грещак, П. М. Явний, [14]). Умовні позначення див. рис. 3-а

Р, ПВР і ПМ Південно-Західного вугленосного району ЛВБ відносяться до стадій початкового і глибинного катагенезу. Для пісковиків стадії глибинного катагенезу при певних визначених умовах можливим є виникнення раптових викидів порід.

За комплексним показником викидонебезпечності «В» у вугленосній товщі Тяглівського і Любельського родовищ на глибоких горизонтах виділяються шари і лінзи пісковиків, потенційно здатних до раптових викидів. Для порід Тяглівського родовища, як більш газоносного в басейні, потенційна загроза викидів порід більша.

Особливо це стосується локальних антиклінальних піднять, що ускладнюють крила Тяглівської синкліналі. Лінзи потенційно викидонебезпечних пісковиків виділені також у нерівномірно

дегазованій товщі Любельського родовища. За своїми структурно-текстурними особливостями вони щільні, з великою кількістю жорстких вторинних інкорпораційних і сутурних контактів між зернами. Поєднання напруження тектонічного характеру зі значною крихкістю пісковика є достатньою умовою для виникнення і раптового вивільнення високого напруженого стану в породах [4].

Дослідження Південно-Західного району є невід'ємною частиною комплексного вивчення вугленосної товщі ЛВБ як газовугільного родовища. Виділення шарів і лінз пісковиків, потенційно здатних до раптових викидів, є актуальним з точки зору нарощування мінерально-сировинної бази басейну за рахунок освоєння нових площ та глибоких горизонтів.

Внесок авторів: всі автори зробили рівний внесок у цю роботу.

Література

1. Анцыферов А. В. Газоносность и ресурсы метана угольных бассейнов Украины [Текст] / А. В. Анцыферов, А. А. Голубев, В. А. Канин и др. // УкрНИМИ НАН Украины. – Изд-во Вебер (Донецкое отделение). – Донецк, 2010. – Т. 2. – 478 с.
2. Бартошинская Е. С. Угленосные формации карбона юго-западной окраины Восточно-Европейской платформы [Текст] / Е. С. Бартошинская, С. И. Бык, А. А. Муромцева и др. – Киев: Наук. думка, 1983. – 172 с.
3. Безручко К. А. Опыт применения метода локального прогноза выбросоопасности песчаников на шахтах Донбасса [Текст] / К. А. Безручко // Уголь Украины. – 2015. – № 12. – С. 42–44
4. Большинский М. И. Газодинамические явления в шахтах [Текст] / М. И. Большинский // Севастополь: Вебер, 2003. – 285 с.
5. Булат А. Ф. Умови формування газових пасток у вугленосних відкладах [Текст] / А. Ф. Булат, В. В. Лукинов, К. А. Безручко // Київ: Наукова думка, 2017. – 250 с.
6. Булат А. Ф. Геологические основы и методы прогноза выбросоопасности угля, пород и газа [Текст] / А. Ф. Булат, В. В. Лукинов, Л. И. Пимоненко и др. // Днепрпетровск: Монолит, 2012. – 360 с.
7. Булат А. Ф. Угленородный массив Донбасса как гетерогенная среда [Текст] / А. Ф. Булат, Е. Л. Звягильский, В. В. Лукинов и др. // Киев: Наук. думка, 2008. – 411 с.
8. Бучинська І. В. Вугленосність і розподіл вугільних газів у розрізі нижнього карбону Любельського родовища Львівсько-Волинського басейну [Текст] / І. В. Бучинська, П. М. Явний, І. Б. Книш, О. М. Шевчук // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2011. – №3–4. – С. 57–67
9. Бучинська І. Оцінка викидонебезпечності пісковиків Любельського родовища Львівсько-Волинського басейну [Текст] / І. В. Бучинська, О. М. Шевчук, Р. Круглова // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2017. – № 1–2 (170–171). – С. 31–32.
10. Бучинська І. В. Літологічний склад, колекторські властивості та газоносність пісковиків кам'яновугільного віку Львівсько-Волинського вугільного басейну (поле шахти Тяглівська № 1) [Текст] / І. В. Бучинська // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2010. – № 2 (151). – С. 30–35.
11. Быков Л. Н. О природе внезапных выбросов полезных ископаемых в шахтах [Текст] / Л. Н. Быков // Вопросы безопасности в угольных шахтах. – Тр. Вост. НИИ. – Т. 5. – М. Недра, 1964. – С. 87–125.
12. Вереда В. С. К вопросу о региональном прогнозе выбросоопасности песчаников в Донецком бассейне [Текст] / В. С. Вереда // Докл. АН СССР. – 1971. – №3. – С. 667–670.
13. Волошин Н. Е. Основы тектонофизической теории выбросов твердых ископаемых и пород в шахтах [Текст] / Н. Е. Волошин // Донецк: СПД Дмитренко, 2007. – 64 с.
14. Газоносность и выбросоопасность углей и вмещающих пород Юго-Западного угленосного района Львовско-Волинского бассейна [Текст] / Л. Н. Грещак, П. М. Явний, И. В. Зборивец и др. // Львов, 1991. – Т. 1 – 89 с.
15. Забигайло В. Е. Минеральный состав, структура и текстура выбросоопасных песчаников Донбасса [Текст] / В. Е. Забигайло, Е. А. Моссур // Вопросы теории выбросов угля, породы и газа. // Киев: Наукова думка, 1973. – С. 348 – 358
16. Забигайло В. Е. Выбросоопасность горных пород Донбасса [Текст] / В. Е. Забигайло, В. В. Лукинов, А. З. Широков // Киев: Наук. думка, 1983. – 866 с.
17. Забигайло В. Е. Влияние катагенеза горных пород и метаморфизма углей на их выбросоопасность [Текст] / В. Е. Забигайло, В. И. Николин // Киев: Наук. думка, 1990. – 168 с.

18. Іванов О. К. Прогнозна оцінка газозбагаченості нових шахтних полів Львівсько-Волинського басейну [Текст] / О. К. Іванов, В. О. Кушнірук // Геологія і геохімія горючих копалин. – Київ: Наук. думка, 1971. – Вип. 24. – С. 69–74.
19. Кравцов А. И. Литолого-фаціальна приуроченість і деякі фізико-механічні властивості вибросо-опасних порід в Донбасі [Текст] / А. И. Кравцов, Л. С. Вольпова // Технологія добычі угля підзем. способом, 1967. – № 2. – С. 80–82.
20. Логвиненко Н. В. Методи визначення осадових порід [Текст] / Н. В. Логвиненко, Э. И. Сергеева. // Недра, 1986. – 240 с.
21. Николін В. И. Гіпотеза механізму виброса порід [Текст] / В. И. Николін // Выбросы пород и газа. – Киев: Наук. Думка, 1971. – С. 16–72.
22. Побережський А. В. Викрийдонебезпечність пісковиків Тяглівського родовища Південно-Західного вугленосного району Львівсько-Волинського басейну [Текст] / А. В. Побережський, І. В. Бучинська, П. М. Явний, О. М. Шевчук // Геологічний журнал. – 2016. – № 4. – С. 53–64.
23. Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ: СОУ 10.1.00174088.011-2005. – Офіц. вид. – К.: Мінвуглепром України, 2005. – С. 42–48 (нормативний документ Мінвуглепрому України).
24. Скочинський А. А. Сучасні уявлення про природу випадкових вибросів угля і газу в шахтах і заходи боротьби з ними [Текст] / А. А. Скочинський // Уголь, 1954. – № 7. – С. 4–10.
25. Сокоренко С. Особливості сучасної природної газоносності вугільних пластів та вуглевмісних порід Любельського родовища кам'яного вугілля Львівсько-Волинського басейну [Текст] / С. Сокоренко, І. Костик, М. Матрофайло // Геолог України. – 2011. – № 2 (34). – С. 81–89.
26. Ходот В. В. Випадкові виброси угля і газу [Текст] / В. В. Ходот // М.: Госгортехиздат, 1961. – 368 с.
27. Шатилов В. А. Випадковий виброс породи [Текст] / В. А. Шатилов // Уголь України. – 1957. – № 7. – С. 29–31.
28. Шульга В. Ф. Кореляція карбонівих угленосних формацій Львівсько-Волинського і Люблінського басейнів [Текст] / В. Ф. Шульга, А. Здановски, Л. Б. Зайцева і др. // Киев: Варта, 2007. – 427 с.
29. Явний П. Прогноз газоносності вугільних пластів Тяглівського родовища Львівсько-Волинського басейну [Текст] / Петро Явний, Іван Книш, Ірина Бучинська, Святослав Бик // Геологія і геохімія горючих копалин. – 2009. – № 2. – С. 39–51.

UDC 552.57/552.513(477.83)

Irina Buchynska,

PhD (Geology), Senior Researcher, Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of National Academy of Sciences of Ukraine, 3a Naukova St., Lviv, 79060, Ukraine,
e-mail: ibuchynska@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-8154-4485>;

Olena Shevchuk,

Assistant Researcher, Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine
e-mail: olena.shevchuk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2370-5826>;

Andriy Poberezhskyy,

PhD (Geology), Senior Researcher,
Institute of Geology and Geochemistry of Combustible Minerals of NAS of Ukraine
e-mail: igggk@mail.lviv.ua, <https://orcid.org/0000-0002-4622-0725>

SANDSTONES BLOWOUT RISK IN THE SOUTH-WESTERN REGION OF LVIV-VOLYN COAL BASIN

The aim of the research. Investigation of coal-containing sandstones of the Tyagliv and Lyubelya fields of the Lviv-Volyn Coal Basin (LVB) has shown their potential ability for rapid blowout of rocks and gas.

Methodology. Studies of structural-textural peculiarities of sandstones, determination of complex indication of blowout risk “B”, construction of lithological-stratigraphic sections, focus on the situation of blowout risk.

Results. In the Tyagliv and Lyubelya fields the rocks of Buzhanka Suite of the Lower Carboniferous and the rocks of the Morozovychi Suite of the Bashkirian stage of the Middle Carboniferous have been studied. On the basis of the structural-textural peculiarities of sandstones, studies of their reservoir properties and gas presence it has been possible to prove the probability of the existing rock blowouts at depths more than 700 m for the South-Western coal-bearing region of the LVB. By structural-textural indexes, transformation stages of certain minerals indicators, presence of secondary contacts between grains and values of the metamorphism

coefficient “C”, it has been established that sandstones R, PVR and PM of South-Western coal-bearing region belong to the stages of initial and deep catagenesis. Occurrence of sudden blowouts of rocks is possible for the sandstones of deep catagenesis stage under certain determined conditions.

Layers and lenses of sandstones, potentially capable for sudden blowouts, are distinguished by the complex index of blowout danger “B” in the coal-bearing sequence of Tyahliv and Lyubela fields in deep horizons.

For the rocks of Tyahliv field, which is more gas-bearing within the basin, the potential danger of blowouts is greater. Especially this refers to the local anticline highs, which complicate sections of the Tyahliv syncline.

Lenses of potentially blowout dangerous sandstones have been distinguished also in unevenly degassed sequence of the Lyubela field. By their structural-textural features they are dense with great amount of rigid secondary incorporation and suture contacts between grains. Combination of increased stress of tectonic nature with significant brittleness of the sandstone is a sufficient condition for sudden release of highly stressful conditions in rocks.

Scientific novelty. Application of the complex approach to the study of rock layers together with structural-textural peculiarities, determination of stages of catagenetic transformation is an important factor for establishment of reasons, factors of blowout risk phenomenon in coal-bearing rocks on the whole.

Practical significance. Investigation of occurrence and spread of the gas-dynamic phenomena (blowouts of coal, rocks and gas, mountain shocks) are an integral part of gas-coal fields study.

Investigation of the sandstones in South-Western coal-bearing region of LVB, allocation of the layers and lenses of sandstones, potentially capable for sudden blowouts, are relevant from the point of view of increasing the mineral-resource base of the basin by developing new deep horizons.

References

1. Ancyferov A. V. Golubev A. A., Kanin V. A. et al. (2010). *Gas-bearingness and resources of methane in coal pools of Ukraine UkrNIMI NAN Ukrainy. Donetsk, Veber, 2. 478.*
2. Bartoshinskaya E. S., Byk S. I., Muromtcheva A. A. (1983). *Carboniferous formations of the south-western margin of the East European Platform. Kiev: Nauk. Dumka. 172.*
3. Bezruchko K. A. (2015) *Experience in applying local forecasting method of sandstorm emissions in the mines of Donbass. Ugol' Ukrainy. 12. 42–44.*
4. Bol'shinskij M. I. (2003). *Gas dynamics phenomena in mines. Sevastopol': Veber. 285.*
5. Bulat A. F., Lukinov V. V., Bezruchko K. A. (2017). *Conditions for the formation of gas traps in coal deposits. Kyiv: Naukova dumka. 250.*
6. Bulat A. F., Lukinov V. V., Pimonenko L. I., Bezruchko K. A., Burchak A. V. (2012). *Geological bases and forecast methods of outburst danger of coal, rocks and gas. Dnipropetrovsk: Monolit. 360.*
7. Bulat A. F., Zviagilsky E. Z., Lukinov V. V. et al. (2008). *Coal-rock massif of Donbass as heterogeneous medium. Kiev: Naukova dumka. 411.*
8. Buchynska I., Yavny P., Knysh I., Shevchuk O. (2011). *Coal-bearing potential and gas distribution in the cross-section of the Lower Carboniferous of the Lyubelya field of the Lviv-Volyn Basin. Geology & Geochemistry of combustible minerals. 3–4(156 – 157). 57–67.*
9. Buchynska I., Shevchuk O., Yarynych O. (2017). *Assesment of outburst danger of sandstones in the Lyubelya field of the Lviv-Volyn Basin. Geology & Geochemistry of combustible minerals. 1–2 (170–171), 31–32.*
10. Buchynska I. (2010) *Lithological composition, reservoir properties and gas-bearing potential of sandstones of the Carboniferous age in the Lviv-Volyn coal basin (the Tyaglylivska-1 mine field). Geology & Geochemistry of combustible minerals. 2 (151). 30–35.*
11. Bykov L. N. (1964) *On the nature of sudden outbursts of minerals in mines. Problems of safety in coal mines. Proceedings of the Eastern Scientific Research Institute, 5. Moscow, Nedra, 87–125.*
12. Vereda V. S. (1971) *On the question on the regional forecast of outburst danger of sandstones in the Donetsk basin. Rep. AS USSR. 3. 667–670.*
13. Voloshyn N. E. (2007). *Principles of tectonophysical theory of outbursts of solid minerals and rocks in mines. Donetsk: EEA Dmytrenko. 64.*
14. Greshchak L. N., Yavny P. M., Zborivets I. V. et al. (1991) *Gas presence and outburst danger of coal and enclosing rocks of the South-Western coal-producing region of the Lviv-Volyn Basin. Lviv: Geological Exploration Expedition Report. 89.*
15. Zabigailo V. E., Mossur E. A. (1973). *Mineral composition, structure and texture of outburst-dangerous sandstones of Donbass. Problems of the theory of outburst of coal, rocks and gas. Kiev, Naukova dumka, 348–358.*
16. Zabigailo V. E., Lukinov V. V., Shyrovkov A. Z. (1983). *Outburst danger of rocks of Donbass. Kiev, Naukova dumka. 866.*
17. Zabigailo V. E., Nikolin V. I. (1990). *Influence of catagenesis of rocks and metamorphism of coals upon their outbursts. Kiev: Naukova dumka, 168.*
18. Ivanov O. K., Kushniruk V. O. (1971). *Forecast estimate of gas saturation of new mine fields of the Lviv-Volyn Basin. Geology and Geochemistry of Combustible Minerals. Kyiv, Naukova dumka, 24, 69–74.*

19. Kravtsov A. I., Volpova L. S. (1967). *Lithological-facies coincidence and some physical-mechanical properties of outburst-dangerous rocks in Donbass. Technology of coal production by underground methods*, 2, 80–82.
20. Logvinenko N. V., Sergeeva E. I. (1986) *Methods of sedimentary rocks determination. Moscow, Nedra*, 240.
21. Nikolin V.I. (1971) *The hypothesis of rock outbursts mechanism. Outbursts of rock and gas. Kiev, Naukova dumka*, 16–72.
22. Poberezhshkyy A.V., Buchynska I. V, Yavny P.M., Shevchuk O. M. (2016). *Outburst hazard of sandstones of the Tyagily field of the South-Western coal region of the Lviv-Volyn Basin. Geological journal*, 4(357), 53-64.
23. *Regulations of conducting mining works on seams inclined to gasodynamic phenomena: COY 10.1.00174088.011-2005(normative document of Minvugleprom of Ukraine) (2005). Kiev, Minvugleprom of Ukraine*, 42–45.
24. Scochinsky A. A. (1954). *Modern notions of the nature of sudden outbursts of coal and gas in mines and measures to prevent them. Coal*, 7, 4-10.
25. Sokorenko S., Kostik I., Matrofailo M. (2011). *Peculiarities of modern natural gas potential of coal seams and coal-containing rocks of the Lyubelya field of coal of the Lviv-Volyn Basin. Geologist of Ukraine*, 2 (34), 81–89.
26. Khodot V. V. (1961). *Sudden outburst of coal and gas. Moscow, Gosgortechizdat*, 368.
27. Shatilov V. A. (1957). *Sudden outburst of rock. Coal of Ukraine*, 7, 29–31.
28. Shulga V. F., Zdanovski A., Zaitseva L. B. et al. (2007). *Correlation of the Carboniferous coal-bearing formation of the Lviv-Volyn and Lublin Basins. Kiev, Varta*, 427.
29. Yavny P., Buchynska I., Knysh I., Byk S. (2009). *Prediction of gas presence in coalbeds of the Tyagily field of the Lviv-Volyn Basin. Geology & Geochemistry of combustible minerals*, 2 (147), 30–35.