

Ю. В. ЛАЗЕБНА, І. Г. ЗЕЗЕКАЛО, В. І. ДМИТРЕНКО

ПЕРСПЕКТИВИ ПОШУКІВ ТА ПРОБЛЕМАТИКА РОЗРОБКИ ГАЗУ УЩІЛЬНЕНИХ КОЛЕКТОРІВ ДНІПРОВСЬКО-ДОНЕЦЬКОЇ ЗАПАДИНИ

У статті розглянуто актуальну проблему вуглеводневої бази України. Проаналізовано матеріали, які можуть бути передумовами розвідки та в подальшому розробки газу ущільнених колекторів на території Дніпровсько-Донецького авлакогену. Розглянуто основні параметри, які вказують на наявність газу в ущільнених колекторах. Дані містять інформацію про особливості осадового розрізу палеозойського комплексу, а саме, геологічну будову перспективних територій, ступінь катагенезу газовміщуючих гірських порід, вміст органічного вуглецю в материнських породах, колекторські властивості, а також глибини залягання газоперспективних інтервалів. Перераховані відомості, взяті із результатів буріння численних свердловин та різноманітних літературних джерел, свідчать про високу імовірність успішних пошуково-розвідувальних робіт на центрально-басейновий газ у межах приосьової зони Дніпровсько-Донецької западини. Оскільки такі поклади є важковидобувними, за рахунок складної геологічної будови перспективних територій, широкого діапазону глибин залягання та, в першу чергу, низьких колекторських властивостей гірської породи, що вміщує газ, розробка цих покладів неможлива без застосування методів інтенсифікації. Існують різноманітні хімічні, теплові, механічні технології виклику припливу флюїду, серед яких великого поширення набув гідравлічний розрив пласта. Сучасні методи інтенсифікації досить результативні, але залишаються все ж недосконалими та зумовлюють певні ускладнення при розробці. Для виклику припливу вуглеводнів із ущільнених колекторів зазначено пінний розрив пласта, застосування якого на думку авторів є доцільним для розробки покладів такого типу. У статті також наведено переваги використання пінної системи порівняно зі звичайним гідророзривом пласта та необхідність покращення деяких показників пінної системи з метою подальшого її використання для ущільнених теригенних колекторів Дніпровсько-Донецького авлакогену.

Ключові слова: *низькопроникні породи; центрально-басейновий газ; гідравлічний розрив; пінна система.*

Ю. В. ЛАЗЕБНА, І. Г. ЗЕЗЕКАЛО, В. І. ДМИТРЕНКО

ПЕРСПЕКТИВЫ ПОИСКОВ И ПРОБЛЕМАТИКИ РАЗРАБОТКИ ГАЗА УПЛОТНЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ

В статье рассмотрено актуальную проблему углеводородной базы Украины. Проанализированы материалы, которые могут быть предпосылками разведки и в дальнейшем разработки газа уплотненных коллекторов на территории Днепровско-Донецкой впадины. В статье кратко рассмотрены основные параметры, которые указывают на наличие газа в уплотненных коллекторах. Данные содержат информацию об особенностях осадочного разреза палеозойского комплекса, а именно, геологическое строение перспективных территорий, степень катагенеза газосодержащих горных пород, содержание органического углерода в материнских породах, коллекторские свойства, а также глубины залегания газоперспективных интервалов. Перечисленные сведения, взятые из результатов бурения многочисленных скважин, свидетельствуют о высокой вероятности успешных поисково-разведочных работ на центрально-басейновый газ в пределах приосевой зоны Днепровско-Донецкой впадины. Поскольку такие залежи трудно разрабатываемые, за счет сложного геологического строения перспективных территорий, широкого диапазона глубин залегания и, в первую очередь, низких коллекторских свойств горной породы, которая содержит газ, разработка этих залежей невозможна без применения методов интенсификации. Существует множество химических, тепловых, механических технологий вызова притока флюида из пласта, среди которых большое распространение получил гидравлический разрыв пласта. Современные методы интенсификации достаточно результативны, но остаются все же несовершенными и вызывают определенные сложности при разработке залежи. Для вызова притока углеводородов из уплотненных коллекторов указано пенистый разрыв пласта, применение которого по мнению авторов целесообразно для разработки залежей такого типа. В статье также указано преимущества использования пенной системы по сравнению с обычным гидроразрывом пласта и необходимость улучшения некоторых показателей пенной системы с целью дальнейшего её использования для уплотненных терригенных коллекторов Днепровско-Донецкого авлакогена.

Ключевые слова: *низкопроницаемые породы; центрально-басейновый газ; гидравлический разрыв; пенная система.*

Yu. V. LAZIEBNA, I. G. ZEZEKALO, V. I. DMITRENKO

PROSPECTS OF SEARCHES AND PROBLEMS OF GAS DEVELOPMENT OF SEALED COLLECTORS OF THE DNIPRO-DONETSK DEPRESSION

The article considers the current problem of the hydrocarbon base of Ukraine. Materials that can serve as prerequisites for exploration and further development of gas from compacted reservoirs on the territory of the Dnieper-Donetsk graben are analyzed. In this article, the main parameters, that indicate the presence of gas in compacted reservoirs, are briefly considered. The data contain information about the features of the sedimentary section of the Paleozoic complex, namely, the geological structure of promising areas, the degree of catagenesis of gas-bearing rocks, the content of organic carbon in parent rocks, reservoir properties, and depths of gas-promising intervals. These data, taken from the results of drilling numerous wells, indicate a high probability of successful exploration for central basin gas within the axial zone of the Dnieper-Donetsk basin. As such deposits are difficult to extract, due to the complex geological structure of promising areas, a wide range of depths and, above all, poor reservoir properties of rocks containing gas, its development is impossible without the use of intensification methods. There are many chemical, thermal, mechanical technologies to cause the inflow of fluid from the reservoir, among which the hydraulic fracturing of the reservoir has become widespread. Modern methods of intensification are quite effective, but still remain imperfect, and therefore, there are some defects that cause certain complications in the development of the deposit. To cause the inflow of hydrocarbons from the compacted reservoirs, a foam gap of the formation is indicated, the use of which, in the opinion of the authors, is appropriate for deposits of this type. The article also points out the advantages of using a foam system compared to conventional fracturing and the need to improve some indicators of the foam system to its further use for compacted terrigenous reservoirs of the Dnieper-Donetsk avlakogen.

Key words: *low-permeability rocks; central basin gas; hydraulic gap; foam system.*

Вступ. Проблеми енергетики з кожним роком постають усе гостріше, адже розвідані традиційні родовища є виснаженими й знаходяться на завершальній стадії розробки. При цьому споживання вуглеводнів навпаки зростає. Саме тому залишаються актуальними роботи зі збільшення вуглеводневих ресурсів та запасів, удосконалення первинних і вторинних методів розкриття пласта, освоєння перспективних горизонтів [1, 2].

Як у світі, так і в межах нашої держави окрім «традиційних», є великі ресурси і «нетрадиційних» покладів газу [3, 4]. Згідно загальногеологічних уявлень та аналогій із геологічними характеристиками відомих родовищ нетрадиційних покладів у США та Канаді [5, 6, 7], де газ ущільнених колекторів розробляється в промислових масштабах [8], доведена оцінка прогнозних ресурсів газу за категорією D₂ у можливих нетрадиційних покладах Дніпровсько–Донецького нафтогазоносного регіону: газ центрально-басейнового типу (газ ущільнених колекторів), газ вугільних товщ, «сланцевий газ». Загальна оцінка цих ресурсів за даними складає мінімум 19 трлн м³ [9]. Розвідка таких нетрадиційних скупчень газу та глибокозалягаючих покладів може забезпечити суттєве збільшення ресурсної бази вуглеводнів України [7, 9, 10]. Саме тому актуальними є удосконалення сучасних методів освоєння щільних колекторів у межах відомих родовищ перспективних на нетрадиційні поклади газу, а також підвищення продуктивності видобувних свердловини.

Головною задачею даних досліджень є проведення аналізу характеристик осадової товщі приосьової частини Дніпровсько–Донецького авлакогену та виявлення пріоритетних зон для пошуково-розвідувальних робіт на газ центрально-басейнового типу і методів їх розробки.

Критерії пошуків газу ущільнених колекторів.

Центрально-басейновий газ – це скупчення неконвекційного газу в ущільнених породах-колекторах, які знаходяться в центральній зануреній частині нафтогазоносного басейну. Такі поклади зазвичай мають регіональне розташування і не пов'язані з локальними літологічними, стратиграфічними, структурними пастками чи пастками комбінованого типу, на відміну від традиційних покладів [11]. Резервуари скупчення такого газу переважно пластового типу або це потужні товщі перешарування прошарків [12], які часто складені ущільненими пісковиками з пористістю < 10 % та проникністю < 0,1 мД, що утруднює переміщення флюїду.

Необхідно зазначити, що флюїдотрив таких покладів не завжди представлений літологічним типом. На відміну від традиційних пасток, у більшості випадків цю функцію виконує дія капілярних сил, які виникають у самому колекторі. Це дає підстави говорити про те, що регіональними флюїдотривами є зони аномально високих (АВПТ) або навіть аномально низьких тисків (АНПТ) [11, 13]. Саме за площею АВПТ чи АНПТ американські геологи

вуглеводневі запаси на території України вичерпуються і більшість відомих на сьогоднішній визначають наявність газоносних ущільнених колекторів [14].

Також важливими критеріями виділення зон поширення газу ущільнених колекторів є вміст органічного вуглецю С_{орг} [12, 15] та ступінь термальної зрілості гірської породи R° (або ступінь катагенезу). Наприклад, Б. Лоу рекомендує використовувати катагенетичний критерій. Він вважає, що при рівні термальної зрілості 0,80,9 R° у породах із низькою проникністю і вмістом С_{орг} близько 1,5 % спостерігається збіг покрівлі газового скупчення з поверхнею АВПТ, тому вчений рекомендує використовувати в таких випадках поверхню порід, перетворених до стадії катагенезу R° 0,850,9 [4, 16], що відповідає зоні МК₂ [5]. За деякими іншими джерелами, задовільним ступенем катагенезу вважається діапазон від 0,7 і > 1,3 R° [10, 11, 16].

Геологічне обґрунтування розвідувальних робіт на центрально-басейновий газ у межах ДДз.

В Україні найбільш перспективними на нетрадиційний газ є Західний регіон - територія Волино-Поділля та східний - територія Дніпровсько-Донецької западини [4, 9]. Проводити пошуки та розвідку газу ущільнених колекторів більш доцільно в межах Східного нафтогазоносного регіону, оскільки потенційно продуктивні товщі мають досить великі потужності, більшу пористість, ніж колектори південно-західної частини западини, а також відповідний ступінь термальної зрілості газовміщуючої гірської породи [3, 13].

Прогнозні скупчення газу центрально - басейнового типу приурочені до зануреної приосьової зони Дніпровсько-Донецької западини. Цей регіон характеризується досить складною геологічною будовою, оскільки западина являє собою грабен розбитий численними розломами на блоки [17, 18, 19] і заповнений дислокованими осадово-вулканогенними гірськими породами, а також ускладнений соляними штоками. Розріз складений відкладами, котрі мають стратиграфічну приналежність від середнього девону, які неузгоджено залягають на породах кристалічного фундаменту до кайнозойських утворень [4].

Перспективні продуктивні горизонти переважно приурочені до формувань палеозойського віку. Це породи середнього й верхнього девону, кам'яновугільної системи та ассельські і сакмарські відклади нижньої пермі [20]. Залягають вони у широкому діапазоні глибин від 2600 м у північно-західній частині до 4500-5000 м – у південно – східній [12, 17]. Проте, наприклад, у Північній Америці залягання таких порід на глибинах до 4500 м є економічно обґрунтованим [9, 15].

Літолого-петрографічний склад розрізу приосьової частини Дніпровсько-Донецької западини представлений ущільненими пісковиками з алевритами та прошарками аргілітів. Середня пористість цих колекторів становить близько 5%, проникність при якій коливається в діапазоні від 1,0 до 0,001 мД.

Ступінь термальної зрілості відповідає показникам, котрі є характерними для ущільнених порід зі структурою порового простору, сприятливою

для акумулювання та збереження природного газу (рис.1).

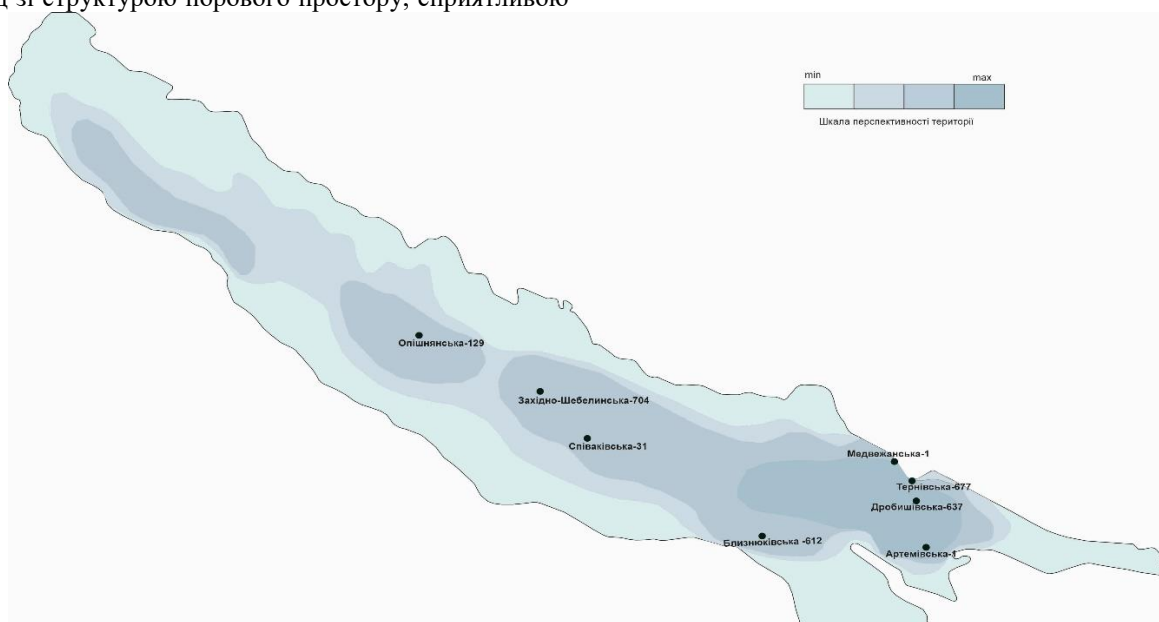


Рис.1. Карта гіпсометрії залягання порід із рівнем термальної зрілості $R^{\circ} = 0,8$ [12]

На території Дніпровсько–Донецького авлакогену виділено 6 перспективних зон для пошуків покладів газу ущільнених колекторів: Каплинцівсько-Крем’янківська, Зачепилівсько-Кременівська, Західно-Солохівсько-Матвіївська, Новогригорівсько-Близнюківська, Веселівсько-Артемівська, Кам’янсько-Артемівська (табл. 1).

На прикладі даних розкриття розрізу перспективних зон деякими свердловинами проведено аналіз характеристик уміщуючих порід. Установлено, що продуктивні горизонти центральної приосьової частини Дніпровсько–Донецької западини складені переважно ущільненими пісковиками та алевролітами з прошарками аргілітів.

Аналізуючи матеріали за можливими зонами газоносності, виявлено, що найменш перспективними для пошуків газу ущільнених колекторів є відклади пермського віку, оскільки вони характеризуються малим умістом

$S_{орг}$ – від 0,5 до 0,005 % та низьким ступенем термальної зрілості – $R^{\circ} < 0,5$ (при необхідних значеннях від 0,7 і вище) [12, 16].

На відміну від пермської системи, досить непоганими показниками характеризуються горизонти карбонового віку. Так, газовміщуючі породи верхнього карбону розкриті свердловинами №1-Артемівська та №10-Святогірська, мають ступінь катагенезу до 1,5, вміст $S_{орг}$ 0,32,5 % та проникність 0,510 мД при глибинах залягання продуктивних товщ від 3020 до 3625 м.

Середній карбон розкритий численними свердловинами, серед яких №677-Тернівська, №1-Артемівська, №300-біс Веселівська, №31-Співаківська та ін. Продуктивні товщі характеризуються вмістом органічного вуглецю від 0,9 до 1,5 %, ступенем катагенезу R° 1,82. Хоча

зустрічаються зони з покращеними колекторськими властивостями, де проникність іноді сягає до 290 мД, проте у цілому вона досить низька – 0,0050,01 мД при менших глибинах залягання – 26003760 м [4].

Колектори нижньокам’яновугільного віку розкриті, наприклад, свердловинами №129-Опішнянська, №106-Західно-Солохівська та №623-Катеринівська на глибинах 29974374 м. Перспективні на газ породи характеризуються дещо кращими показниками: вміст $S_{орг}$ від 0,3 % до 3,5 %, місцями значення сягають до 7 %; $R^{\circ} = 0,52,6$; проникність колекторів у середньому в межах 0,011,5 мД, але в місцях тріщинуватості може сягати до 10 і навіть 100 мД.

Девонські відклади розкриті свердловинами №1-Ливенська, №2-Боярська, №413-Колайдинцівська в інтервалах глибин 44652760 м. Розкриті відклади мають ступінь термальної зрілості – 0,51,55, вміст органічного вуглецю 0,13,5 %, а проникність переважно $< 0,2$ мД [16, 21, 12, 15].

Виходячи з вищевказаного, можна зробити висновок про можливу наявність скупчень центрально-басейнового газу на глибинах, доступних як із технічного, так і з економічного погляду. Рекомендованими для пошуково - розвідувальних робіт є візейські відклади Новогригорівсько-Близнюківської та горизонти середнього карбону Веселівсько-Артемівської перспективних зон.

До сьогодні на території України цілеспрямовані роботи з пошуку газу центрально-басейнового типу (газу ущільнених теригенних колекторів) не проводились і відповідно такі поклади ще не розроблялися. Але дані розкриття деякими свердловинами потенційних газонасичених товщ Дніпровсько-Донецької западини та прогнозні ресурси можуть свідчити про потенційні перспективи

пошуково-розвідувальних робіт у межах даного важковидобувних газів.
 регіону щодо промислових покладів

Таблиця 1 - Коротка характеристика зон Дніпровсько-Донецької западини перспективних на газ центрально-басейнового типу [4, 12]

Вік комплексу	Газоперспективна зона	Назва свердловини	Кількість перспективних пачок	Продуктивний інтервал, м	Погужність продуктивних пачок, м	Літологічний склад	Пористість, %	Стадія кагагенезу	Проникність, мД
D _{3f}	Каплицівсько-Крем'яківська перспективна зона (західна частина південної прибортової зони ДДз)	№ 413-Колайдинцівська	4	41354465	35; 35; 110; 60	Переважно пісковики з малопотужними прошарками алевролітів та аргілітів	37	МК ₃₋₄	-
	Зачепилівсько-Кременівська перспективна зона (центральна частина південної прибортової зони ДДз)	№ 2-Боярська	1	37754170	395	Пісковики з прошарками алевролітів, вапняків та аргілітів	3,56,5	МК ₃	-
		№ 1-Ливенська	3	27603100	50; 40; 45	Чергування пісковиків та алевролітів з незначними прошарками аргілітів	3,59	МК ₂₋₃	0,010,1
C _{iv}	Західносолохівсько-Матвіївська перспективна зона (центральна частина приосьової зони западини в межах Солохівсько-Диканського валу)	№ 129-Опішнянська	1	43224374	52	Пісковики та алевроліти з незначними прошарками аргілітів	38	МК ₃	-
		№ 106-Західносолохівська	1	42344280	46	Пісковики та алевроліти з незначними прошарками аргілітів	37	МК ₃	0,012,69
	Новогригорівсько-Близуноківська зона (південна прибортова зона південно-східної частини ДДз)	№ 623-Катеринівська	2	35603970	40; 70	Пісковики та алевроліти	37	МК ₂₋₃	0,0010,01
		№ 672-Південно-Близуноківська	1	38433925	82	Алеврито-піщана пачка	46	МК ₃	-
C _{is}		№ 621-Близуноківська	1	35903685	95	Алеврито-піщана пачка	3,5,5	МК ₂₋₃	-
C _{3b}	Веселівсько-Артемівська перспективна зона (південно-східна частина ДДз, її східна межа контактує із	№ 2-Корульська	4	26003605	135; 95; 40; 55	Пісковик крупнозернистий, ділянками гравелітовий, поліміктовий	4,57,5	МК ₂₋₃	-

Продовження таблиці 1.

	Донецькою складчастою спорудою)	№ 1-Медвежанська	1	37803990	150	Чергування пісковиків та алевролітів із незначними прошарками аргілітів	57	МК ₂₋₃	-
С _{2m}		№ 637-Дробишівська	2	34303610	40; 100	Пісковик з прошарками алевролітів та аргілітів	5,57,4	МК ₃₋₄	0,01
		№ 677-Тернівська	1	32503370	120	Пісковик з прошарками алевролітів та аргілітів	3,58,5	МК ₃	0,010,1
		№ 704- Західно-Шебелинська	3	41504489	83; 18; 18,5	Пісковик та алевроліти, глини	-	-	-
		№ 1-Артемівська (отримано слабкий приплив)	3	33403925	70; 30; 45	Пісковик та алевроліт з прошарками аргілітів	39	МК ₃₋₄	0,010,35
		№ 300-біс Веселівська	3	37854225	40; 35; 175	Алевроліти з прошарками аргілітів та пісковиків; пісковики з прошарками алевролітів	39	МК ₃₋₄	0,010,56
		№ 31-Співаківська	4	29003760	40; 30; 30; 45	Пісковик із незначними прошарками алевролітів та аргілітів	3,58,5	МК ₂₋₃	0,010,09
С _{3к}	Кам'янсько-Артемівська перспективна зона	№1-Артемівськ	1	3020 115	-	Пісковик дрібнозернистий із прошарками алеврито-глинистих порід	48	МК ₃	0,130,25
		№10-Святогірська	3	31303625	70; 45;45	Перешару-вання пісковиків та алевролітів із незначними прошарками аргілітів	48	МК ₂₋₃	0,050,8

Проблематика використання технології вилучення газу із низькопроникних колекторів. Для вилучення вуглеводнів із низькопроникних порід накопичений досвід використання численних методів впливу на пласт. Найбільшого поширення набули кислотні, солянокислотні, термокислотні обробки, гідравлічний розрив пласта, торпедування свердловини, акустична обробка пласта і т.п. [10, 22]. У результаті в гірській породі утворюється гідродинамічна система тріщин і відповідно

збільшується об'єм сполучених пустот, що сприяє покращенню газовіддачі [1, 2, 22].

На сьогоднішній день найбільш ефективним методом виклику припливу вуглеводнів із низькопроникних колекторів є гідравлічний розрив пласта [7, 22]. Всім відома технологія ГРП полягає у закачуванні в свердловину під високим тиском рідини розриву (яка може бути представлена розчином на водній, нафтовій, спиртовій основі) з додаванням поверхнево-активних речовин та пропанту. Такий тип

впливу на погано проникні зони дає можливість збільшити притоки в 23 рази [1, 9, 23, 24].

Геологічна будова Дніпровсько-Донецького авлакогену ускладнена численними розривними порушеннями та дислокованими осадово-вулканогенними утвореннями, а літологічний склад продуктивних горизонтів представлений перешаруванням теригенних гірських порід [4, 18, 19]. Відповідно для виклику припливу необхідна технологія, максимально пристосована до таких умов.

Використання гідравлічного розриву пласта в таких покладах часто супроводжується поглинанням рідини розриву в зони, прилягаючі до новоутворених тріщин; закупоркою пустот розчином та набуханням глинистих мінералів. Це призводить до утруднення переміщення вуглеводнів до свердловини; проблем при видаленні рідини розриву; спричиняє вихід із ладу обладнання, що суттєво ускладнює розробку цих покладів.

Для розробки продуктивних товщ ущільнених колекторів, котрі у межах ДДз представлені ущільненими низькопроникними пісковиками з алевритами та прошарками аргілітів, пропонується використання технології пінного гідророзриву пласта. Відмінність цього методу від звичайного ГРП полягає у використанні в якості рідини розриву пінної системи, що містить до 5075 % газу, 2444 % поверхнево-активних речовин, 1 % КСІ і решта - вода [1, 23, 25, 26]. Переваги розриву пласта з використанням пінної системи полягають у високій стійкості пінної речовини; можливості регулювати щільність піни у досить широкому діапазоні; на відміну від речовин на водній основі піна характеризується кращими показниками при взаємодії з глинистими та глиновміщуючими породами, які є чутливими до води; за рахунок вивільненого газу зменшується термін освоєння свердловини, оскільки він є фактором очищення тріщин і свердловини від шламу та винесення технічної рідини на поверхню; з екологічної точки зору пінний розрив пласта більш безпечний зважаючи на меншу кількість речовини закачаної у пласт та більш природний склад хімічних сполук [24, 27, 26, 28, 29, 30, 31].

Пінний розрив пласта вперше був використаний ще в 1970-х роках для стимулювання розробки вуглеводнів із низькопроникних колекторів або покладів із низькими пластовими тисками, а в 1980 році лабораторними та польовими роботами була доведена ефективність даного методу [32]. Як приклад використання пінного ГРП, є Південно – Приобське нафтове родовище. У 2007 році компанією Schlumberger була розроблена технологія пінного розриву, що відповідала умовам саме даного родовища. Його продуктивний розріз знаходиться на глибинах близько 2500 м, складений перешаруванням піщано-глинистих гірських порід із низькою проникністю, потужністю від 2 до 40 м. У результаті використання такої технології інтенсифікації дебіт свердловин, у яких застосували пінний ГРП, перевищив дебіт сусідніх майже на 50 % [27, 33]. Такі

показники забезпечені складом і відповідно властивостями речовини розриву.

Технологія пінного розриву пласта успішно застосовується і іншими країнами для різноманітних типів колекторів, наприклад, у Східному Кентукі та Північно-Західній Вірджинії для низькопроникних пісковиків та сланців чутливих до води, що залягають в умовах низьких тисків, для сланцевих порід у Канаді, піщано-глинистих порід Російської Федерації [26]. У літературних джерелах не знайдено інформації про використання пінного розриву пласта для інтенсифікації розробки газу ущільнених теригенних колекторів Дніпровсько-Донецької западини. У зв'язку з цим є потреба розробити конкретну рецептуру пінної системи та технологію, яка б задовольняла геологічні умови саме приосьової зони Дніпровсько-Донецького авлакогену. З цією метою необхідно вдосконалити існуючі склади пінної речовини розриву, а також виконати ряд лабораторних дослідів для підтвердження ефективності застосування такої технології розриву пласта.

Висновки:

1. Встановлено, що перспективними на пошуки газу центрально-басейнового типу у межах Дніпровсько-Донецької западини є візейські алеврито-піщані відклади Новогригорівсько-Близнюківської зони та середньокам'яновугільні товщі пісковиків із прошарками алевролітів та аргілітів Веселівсько-Артемівської зони. Це підтверджується достатнім вмістом органічного вуглецю (C_{org} від 0,9 до 3,5) та ступенем термальної зрілості материнських гірських порід, що відповідає газовому вікну ($МК_{2-3}$);

2. Для розробки перспективних покладів центрально-басейнового газу приосьової частини Дніпровсько-Донецької западини з використанням технології пінного розриву пласта необхідне удосконалення існуючих рецептур та розробка нових із покращеними фізико-хімічними властивостями, які б задовольняли умови саме даного регіону;

3. Використання технології пінного розриву пласта може слугувати стартовою точкою для активної розробки важковидобувних запасів газу ущільнених колекторів, зокрема, з колекторів центральнобасейнового типу. Даний метод забезпечує його використання для широкого спектру глибин із високими пластовими температурами, він має задовільні показники при використанні для товщ, складених глиновміщуючими гірськими породами, піна характеризується високою несучою здатністю, оскільки вона є високощільною. Також необхідно зазначити, що застосування пінних систем забезпечує використання меншої кількості матеріальних затрат, а отже, і фінансових, а самоочищення газом свердловини дає можливість знизити кількість необхідних операцій та терміни освоєння свердловини.

Список літератури

1. Байдак М. В., Будьоний О. П. Сучасні технології добування сланцевого газу. *Сучасні технології у промисловому виробництві: матеріали та програма III Всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції*. Ч. 1. (2225 квітня 2014 р., Суми). Суми: СумДУ, 2014. С. 2728.

2. Нагорний В. П., Денисюк І. І. *Технології інтенсифікації видобутку вуглеводнів.* / ред. Нагорний В. П. НАН України, Інститут геофізики ім. С. І. Субботіна. Київ, 2013. С. 268.
3. Красножон М. Д. Паливно-енергетичні ресурси та перспективи їх нарощування. *Мінеральні ресурси України.* 2015. № 4. С. 36.
4. Куровець І. М., Михайло В. А., Зейкан О. Ю., Крупський Ю. З. та ін. *Нетрадиційні джерела вуглеводнів України: монографія. У 8 кн. Кн. 1. Нетрадиційні джерела вуглеводнів: огляд проблеми / наук. ред. О. Ю. Лукін, Д. С. Гурський.* Київ: Ніка-Центр, 2014. 208 с.
5. Вакарчук С. Г., Довжок Т. Є., Філошкін К. К. Оцінка ресурсного потенціалу сланцевого газу нафтогазоносних басейнів України. *Нафтогазова галузь України.* 2014. № 3. С. 38.
6. Лукин А. Е. О природе и перспективах газоносности низкопроницаемых пород осадочной оболочки Земли. *Доповіді Національної академії наук України.* 2011. № 3. С. 114123.
7. Хомин В., Цюмко В., Гоптарьова Н., Броніцька Н., Трубенко А. Геолого-промислові особливості розкриття та випробування слабопроникних газонасичених відкладів. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія,* 2019. Вип. 1 (84). С. 4248.
8. Хомин В. Р., Клюка А. Р., Мочак Л. С. Про перспективи відкриття покладів сланцевого газу на Прикарпатті. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* 2013. № 1. С. 1321.
9. Сучасні проблеми державної політики у сфері видобутку нетрадиційних вуглеводнів в Україні: зб. наук. пр. / за ред. Г. Л. Рябцева, С. В. Сапегіна. Київ: Псіхея, 2013. 240 с.
10. Зімін О. Л., Зезекало І. Г., Бондар Г. М., Євдошук М. І. Перспективи розробки ущільнених карбонатних колекторів у межах Дніпровсько-Донецької западини. *Нафтогазова галузь України.* 2019. № 2. С. 1418.
11. Голуб П. С., Панченко С. І., Голуб О. Г., Сіра Н. В., Алієва Ю. О., Шульга Л. А. *Unconventional Exploration and Production (Нетрадиційна розвідка і видобуток).* Полтава, 2013. 293 с.
12. Вакарчук С. Г., Довжок Т. Є., Філошкін К. К., Кабишев Ю. Б. та ін. *Нетрадиційні джерела вуглеводнів України. Книга VI. Перспективи освоєння ресурсів газу ущільнених порід у Східному нафтогазоносному регіоні України / наук. ред. О. Ю. Лукін, Д. С. Гурський.* Київ: ТОВ «ВТС ПРИНТ», 2014. 208 с.
13. Стратегія вивчення нетрадиційних джерел вуглеводнів (газу сланцевих товщ, газу центрально-басейнового типу, метану вугільних пластів). ДП«Український геологічний науково-виробничий центр». Полтва: 2013. 14 с.
14. Law В. Е., Spencer С. W. Gas in tight reservoirs – an emerging major source of energy. *The future of energy gases.* Washington, 1993. С. 233252.
15. Вакарчук С. Г., Довжок Т. Є., Філошкін К. К., Вертюх А. М. Стратиграфічна приуроченість, літологічна характеристика та територіальна поширеність осадкових відкладів палеозою, перспективних на пошуки газу нетрадиційного типу у Східному регіоні України. *Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України.* 2012, Вип. 5. С. 174178.
16. Вакарчук С. Г. Ресурсний потенціал нетрадиційних вуглеводнів ущільнених карбонатних порід турнейського ярусу ДДЗ. *Нафтогазова галузь України.* 2015. № 5. С. 4649.
17. Бенько В. М. *Геологічна будова і перспективи нафтогазоносності глибокозанурених (57км) горизонтів центральної та південно-східної частини Дніпровсько-Донецької западини: дис. канд. геол. наук.* Івано-Франківськ, 2011. 228 с.
18. Гавриш В. К. *Глубинные разломы, геотектоническое развитие и нефтегазоносность рифтогенов.* Київ: Наукова думка, 1975. 160 с.
19. Гавриш В. К., Забелло Г. Д., Рябчун Л. І., і др. *Геология и нефтегазоносность Днепровско-Донецкой впадины (глубинное строение и геотектоническое развитие) / ред. В. К. Гавриш.* Київ: Наукова думка, 1988. 203 с.
20. Шнюков Е. Ф., Айзенберг Д. Е., Витенко В. А і др. *Геология и нефтеносность Днепровско-Донецкой впадины (стратиграфия).* Київ: Наукова думка, 1988. 147 с.
21. Кабышев Б. П., Шпак П. Ф., Бильк О. Д., і др. *Геология и нефтегазоносность Днепровско – Донецкой впадины (нефтегазоносность) / ред. П. Ф. Шпак.* Київ: Наукова думка, 1989. 204 с.
22. Возний В. Р., Дудра О. В. Аналіз методів інтенсифікації припливу вуглеводнів на родовищах НГВУ «Бориславнафтогаз» і оцінка коефіцієнта нафтогазовилучення. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* 2013. № 1(46). С. 215225.
23. Ткаченко М. В. Новітні рішення в ГРП. *Нафта і газ. Наука – освіта – виробництво: шляхи інтеграції та інноваційного розвитку.* Дрогобич: ТзОВ «Трек – ЛТД», 2019. С. 69.
24. Abdelaal A., Saleh Aljawad M., Zuhair Alyousef, Almajid M. M. A review of foam-based fracturing fluids applications: From lab studies to field implementations. *Journal of Natural Gas Science and Engineering.* 2021. № 95. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1875510021004352?via%3Dihub> (звернення 27.10.2021).
25. Shehzad Ahmed. CO2 Foam as an Improved Fracturing Fluid System for Unconventional Reservoir. *Exploitation of Unconventional Oil and Gas Resources.* 2019. URL: <https://www.intechopen.com/chapters/66559> (дата звернення 27.10.2021).
26. Бакиров І. М., Салимов В. Г., Салимов О. В., Насыбуллин А. В., Зиятдинов Р. З. Пат. №2457323, Російська Федерація. *Способ гидроразрыва низкопроницаемого пласта с глинистыми прослоями.* 2012.
27. Платонов С. Е. Технология пенного гидроразрыва пласта на территории Западной Сибири. *Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки: сб. ст. по мат. LIX междунар. студ. науч.-практ. конф. № 11(58).* Ч. 1. URL: [https://sibac.info/archive/technic/11\(58\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/11(58).pdf) (звернення 27.10.2021).
28. Wilk Klaudia. Experimental and Simulation Studies of Energized Fracturing Fluid Efficiency in Tight Gas Formations. *Energies.* 2019. № 12(23). URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/23/4465/htm#B19-energies-12-04465> (звернення 27.10.2021).
29. Кондрат Р. М., Дремлюх Н. С., Угриновський А. В., Ксеніч А. І. Експериментальні дослідження характеристик процесу винесення твердої фази з вибою газової свердловини застосуванням пенних систем. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ.* 2017. № 2(63). С. 9096.
30. Kondrat R. M., Dremliukh N. S., Uhrynovskiy A. V. Study of foam formation process with use of water solutions of foam-forming pairs and foam stabilizers. *Науковий вісник НГУ.* 2017 № 3. С. 2026.
31. Elgibaly A. A., Salem A. M., Soliman Y. A. Improving hydraulic fracturing effectiveness in depleted and low pressure reservoirs using N2 energized fluids. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology.* 2021. № 1. С. 857873.
32. Сизов Н. П., Сизов Р. А., Сизов А. З., Уталиев А. З. Применение пенокислот при проведении гидравлического разрыва пласта. *Символ науки.* 2019. № 1. С. 1820.
33. Барышников А. В., Ямилов Р. П., Сурков А. В., Верещагин С. А., Опарин М. В., Мельников Д. В. Результаты проведения пенного гидроразрыва пласта на Южно-Приобском месторождении. *Нефтяное хозяйство.* 2011. № 1. С. 7677

References (transliterated)

1. Bajdak M. V., Budonyj O. P. Suchasni tehnologiyi dobuyannya slancevogo gazu [Modern technologies for shale gas extraction]. *Suchasni tehnologiyi u promyslovomu vyrobncztvi: materialy ta programa III Vseukrayinskoyi mizhvuzivskoyi naukovo-texnichnoyi konferenciyi.* Ch. 1. (22-25 kvitnya 2014 r., Sumy) [Modern technologies in industrial production: materials and program of the III All-Ukrainian interuniversity scientific and technical conference. Part 1. (April 2225, 2014, Sumy)] Sumy: SumDU [Sumy State University], 2014. pp. 2728.
2. Nagornyj V. P., Denysyuk I. I. *Tehnologiyi intensyfikaciyi vydobutku vuglevodniv* [Technologies of intensification of hydrocarbon production]. / red. Nagornyj V. P. [ed. Nagorny V. P.]. NAN Ukrayiny, Instytut geofizyky im. S. I. Subbotina [NAS of Ukraine, Institute of Geophysics. S. I. Subbotin.]. Kyiv, 2013. p. 268.
3. Krasnozhon M. D. Palyvno-energetychni resursy ta perspektyvy yix naroshhuvannya [Fuel and energy resources and prospects for their increase]. *Mineralni resursy Ukrayiny* [Mineral resources of Ukraine.]. 2015. no. 4. pp. 36.
4. Kurovecz I. M., Myxajlo V. A. Zejkan O. Yu., Krupskyy Yu. Z. ta in. *Netradycijni dzhherela vuglevodniv Ukrayiny: monografiya. U 8 kn. Kn. 1.* [Unconventional sources of hydrocarbons of Ukraine: monograph. In 8 books. Book 1]. *Netradycijni dzhherela vuglevodniv: oglyad problemy* [Unconventional sources of hydrocarbons: a review of the problem] / nauk. red. O. Yu. Lukin,

- D. S. Gurskyj [science. ed. O. Yu. Lukin, D. S. Gurskyj]. Kyiv: Nika-Centr, 2014. 208 p.
5. Vakarchuk S. G., Dovzhok T. Ye., Filyushkin K. K. Ocinka resursnogo potencialu slancevogo gazu naftogazonosnykh basejnyv Ukrainy [Estimation of resource potential of shale gas of oil and gas basins of Ukraine]. *Naftogazova galuz Ukrainy* [Oil and gas industry of Ukraine]. 2014. no. 3. pp. 38.
 6. Lukin A. E. O pryrode y perspektyvax gazonosnosti nyzkopronycaemykh porod osadochnoj obolochky Zemly [On the nature and prospects of gas bearing capacity of low-permeability rocks of the Earth's sedimentary shell]. *Dopovidi Nacionalnoyi akademiyi nauk Ukrainy* [Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine]. 2011. no. 3. pp. 114123.
 7. Xomn V., Czomko V., Goptarova N., Broniczka N., Trubenko A. Geologo-promyslovi osoblyvosti rozkryttya ta vyprobuvannya slabopronyknnykh gazonasychenykh vidkladiv [Geological and industrial features of discovery and testing of low-permeability gas-saturated sediments]. *Visnyk Kyivskogo nacionalnogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka. Geologiya, 2019. Vyp. 1(84)* [Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology, 2019. Issue. 1(84)]. pp. 4248.
 8. Xomyn V. R., Klyuka A. R., Monchak L. S. Pro perspektyvy vidkryttya pokladiv slancevogo gazu na Prykarpatti [On the prospects for the discovery of shale gas deposits in the Carpathians]. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i gazovykh rodovyshh* [Exploration and development of oil and gas fields]. 2013. no. 1. pp. 1321.
 9. Suchasni problemy derzhavnoyi polityky u sferi vydobutku netradycijnykh vuglevodniv v Ukraini: zb. nauk. pr. [Modern problems of state policy in the field of unconventional hydrocarbons in Ukraine: Coll. Science. ex] / za red. G. L. Ryabceva, S. V. Sapyegina [ed. G. L. Ryabtseva, S. V. Sapieha]. Kyiv: Psixyeya, 2013. 240 p.
 10. Zimin O. L., Zezekalo I. G., Bondar G. M., Yevdoshhuk M. I. Perspektyvy rozrobky ushhilnenykh karbonatnykh kolektoriv u mezhax Dniprovsko-Donetskoyi zapadyny [Prospects for the development of compacted carbonate reservoirs within the Dnieper-Donetsk basin]. *Naftogazova galuz Ukrainy* [Oil and gas industry of Ukraine]. 2019. no. 2. pp. 1418.
 11. Golub P. S., Panchenko S. I., Golub O. G., Sira N. V., Aliyeva Yu. O., Shulga L. A. Unconventional Exploration and Production (Netradycijna rozvidka i vydobutok) [Unconventional Exploration and Production (Unconventional exploration and production)]. Poltava, 2013. 293 p.
 12. Vakarchuk S. G., Dovzhok T. Ye., Filyushkin K. K., Kabyshev Yu. B. ta in. Netradycijni dzherela vuglevodniv Ukrainy. Knyga VI. Perspektyvy osvoyennya resursiv gazu ushhilnenykh porid u Sxidnomu naftogazonosnomu regioni Ukrainy [Unconventional sources of hydrocarbons in Ukraine. Book VI. Prospects for the development of gas resources of compacted rocks in the Eastern oil and gas region of Ukraine] / nauk. red. O. Yu. Lukin, D. S. Gurskyj [science. ed. O. Yu. Lukin, D. S. Gurskyj]. Kyiv: TOV «VTS PRY NT», 2014. 208 p.
 13. Strategiya vyvchennya netradycijnykh dzherel vuglevodniv (gazu slancevykh tovshh, gazu centralno-basejnovoogo typu, metanu vugilnykh plastiv) [Strategy for studying non-traditional sources of hydrocarbons (shale gas, gas of the central basin type, methane from coal seams)]. DP «Ukrayinskyj geologichnyj naukovy-vyrobnychyj centr» [SE "Ukrainian Geological Research and Production Center"]. Poltava: 2013. 14 p.
 14. Law B. E., Spencer C. W. Gas in tight reservoirs – an emerging major source of energy. The future of energy gases. Washington, 1993. pp. 233252.
 15. Vakarchuk S. G., Dovzhok T. Ye., Filyushkin K. K., Vertyux A. M. Stratygrafichna pryurochenist, litologichna charakterystyka ta terytorialna poshyrenist osadovykh vidkladiv paleozoyu, perspektyvnykh na poshuky gazu netradycijnogo typu u Sxidnomu regioni Ukrainy [Stratigraphic timing, lithological characteristics and territorial distribution of Paleozoic sediments, promising for the search for unconventional gas in the Eastern region of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh pracz Instytutu geologichnykh nauk NAN Ukrainy* [Collection of scientific works of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine.]. 2012, issue 5. pp. 174178.
 16. Vakarchuk S. G. Resursnyj potencial netradycijnykh vuglevodniv ushhilnenykh karbonatnykh porid turnejskogo yarusu DDZ [Resource potential of unconventional hydrocarbons of compacted carbonate rocks of the Tournai layer of DDZ]. *Naftogazova galuz Ukrainy* [Oil and gas industry of Ukraine]. 2015. no. 5. pp. 4649.
 17. Benko V. M. *Geologichna budova i perspektyvy naftogazonosnosti glybokozanurenykh (57km) goryzontiv centralnoyi ta pivdenno-sxidnoyi chastyny Dniprovsko-Donetskoyi zapadyny: dys. kand.geol.nauk* [Geological structure and prospects of oil and gas potential of deep-submerged (57 km) horizons of the central and south-eastern part of the Dnieper-Donetsk basin: dis. Candidate of Geological Sciences (Ph.D)]. Ivano-Frankivsk, 2011. 228 p.
 18. Gavrysh V. K. Glubynnie razlomy, geotektonycheskoe razvytye y neftegazonosnost ryftogenov [Deep faults, geotectonic development and oil and gas potential of rift]. Kyiv: Naukova dumka, 1975. 160 p.
 19. Gavrysh V. K., Zabello G. D., Ryabchun L. Y., y dr. Geologyya y neftegazonosnost Dneprovsko-Donetskoj vpadyny (glubynnoe stroenye y geotektonycheskoe razvytye) [Geology and oil and gas potential of the Dnieper-Donetsk basin (deep structure and geotectonic development)] / red. V. K. Gavrysh [ed. V. K. Gavrysh]. Kyiv: Naukova dumka, 1988. 203 p.
 20. Shnyukov E. F., Ajzenverg D. E., Vytenko V. A. y dr. Geologyya y neftenosnost Dneprovsko-Donetskoj vpadyny (stratygrafyya) [Geology and oil potential of the Dnieper-Donetsk basin (stratigraphy)]. Kyiv: Naukova dumka, 1988. 147 p.
 21. Kabishev B. P., Shpak P. F., Bylik O. D. y dr. Geologyya y neftegazonosnost Dneprovsko – Donetskoj vpadyny (neftegazonosnost) [Geology and oil and gas potential of the Dnieper - Donetsk basin (oil and gas potential)] / red. P. F. Shpak [ed. P. F. Starling]. Kyiv: Naukova dumka, 1989. 204 p.
 22. Voznyj V. R., Dudra O. V. Analiz metodiv intensyfikaciyi pryplyvu vuglevodniv na rodovyshhax NGVU «Boryslavnaftogaz» i ocinka koeficyienta naftogazovyluchennya [Analysis of methods of intensification of hydrocarbon inflow at NGVU fields "Boryslavnaftogaz" and estimation of oil and gas recovery coefficient]. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i gazovykh rodovyshh* [Exploration and development of oil and gas fields]. 2013. no. 1(46). pp. 215225.
 23. Tkachenko M. V. Novitni rishennya v GRP [The latest solutions in fracturing]. Nafta i gaz. Nauka – osvita – vyrobnyctvo: shlyaxy integraciyi ta innovacijnogo rozvytku. Drogobych [Oil and gas. Science - education - production: ways of integration and innovative development]: TzOV «Trek- LTD» [Trek-LTD LLC], 2019. pp. 6–9.
 24. Abdelaal A., Saleh Aljawad M., Zuhair Alyousef, Almajid M. M. A review of foam-based fracturing fluids applications: From lab studies to field implementations. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 2021. no. 95. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1875510021004352?via%3Dihub> (accessed 27.09.2021).
 25. Shehzad Ahmed. CO2 Foam as an Improved Fracturing Fluid System for Unconventional Reservoir. *Exploitation of Unconventional Oil and Gas Resources*. 2019. Available at: <https://www.intechopen.com/chapters/66559> (accessed 27.09.2021).
 26. Bakytov Y. M., Salymov V. G., Salymov O. V., Nasybullyn A. V., Zyyatdyrov R. Z. Sposob gydrorazryva nyzkopronycaemogo plasta s glynystymy prosloyamy [The method of hydraulic fracturing of a low-permeability layer with clay layers]. Patent RF, no. 2457323, 2012.
 27. Platonov S. E. Texnologyya pennogo gydrorazryva plasta na terrytoriy Zapadnoj Sybyry [Technology of foam fracturing in Western Siberia]. *Nauchnoe soobshhestvo studentov XXI stolyetya. Texnycheskye nauky: sb. st. po mat. LIX mezhdunar. stud. nauch.-prakt. konf. no. 11(58). Ch. 1* [Scientific community of students of the XXI century. Technical sciences: Sat. Art. on the mat. LIX international stud. scientific-practical conf. no.11(58). Part 1]. Available at: [https://sibac.info/archive/technic/11\(58\).pdf](https://sibac.info/archive/technic/11(58).pdf) (accessed 27.09.2021).
 28. Wilk Klaudia. Experimental and Simulation Studies of Energized Fracturing Fluid Efficiency in Tight Gas Formations. *Energies*. 2019. no. 12(23). Available at: <https://www.mdpi.com/1996-1073/12/23/4465/htm#B19-energies-12-04465> (accessed 27.09.2021).
 29. Kondrat R. M., Dremlyux N. S., Ugrynovskij A. V., Ksenych A. I. Eksperymentalni doslidzhennya karakterystyk procesu vnesennya tverdoyi fazy z vyboyu gazovoyi sverdlonnyy zastosuvannam pinnykh system [Experimental researches of characteristics of process of removal of a firm phase with a bottom of a gas well by application of foam systems]. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i gazovykh*

- rodovyskh* [Exploration and development of oil and gas fields]. 2017. no. 2(63). pp. 9096.
30. Kondrat R. M., Dremlukh N. S., Uhrynovskyi A. V. Study of foam formation process with use of water solutions of foam-forming pairs and foam stabilizers. *Naukovyj visnyk NGU* [Scientific Bulletin of NMU]. 2017. no. 3. pp. 2026.
31. Elgibaly A. A., Salem A. M., Soliman Y. A. Improving hydraulic fracturing effectiveness in depleted and low pressure reservoirs using N₂ energized fluids. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*. 2021. no. 1. pp. 857873.
32. Syzov N. P., Syzov R. A., Syzov A. Z., Utalyev A. Z. Prymenenye penokyslot pry provedenyy gydravlycheskogo razryva plasta [Application of foam acids during hydraulic fracturing]. *Symvol nauky* [Symbol of science]. 2019. no. 1. pp. 1820.
33. Barishnykov A. V., Yamylov R. R., Surkov A. V., Vereshhagyn S. A., Oparyn M. V., Melnikov D. V. Rezultati provedeniya pennogo gydrorazryva plasta na Yuzhno-Pryobskom mestorozhdenyy [The results of foam fracturing at the South Priobskoye field.]. *Neftyanoe khozyajstvo* [Oil industry.]. 2011. no. 1. pp. 76-77.

Надійшла (received) 28.10.2021

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Лазебна Юлія Віталіївна (Лазебна Юлия Витальевна, Laziebnna Yuliya Vitaliyivna) – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», аспірантка кафедри нафтогазової інженерії та технологій, асистент кафедри буріння та геології; м. Полтава, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3863-006X>; e-mail: jully93@gmail.com

Зезекало Іван Гаврилович (Зезекало Иван Гаврилович, Zezekalo Ivan Gavrilovich) – доктор технічних наук, професор, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», професор кафедри нафтогазової інженерії та технологій; м. Полтава, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9962-6905>; e-mail: 2012nadra@gmail.com

Дмитренко Вікторія Іванівна (Дмитренко Виктория Ивановна, Dmitrenko Victoria Ivanovna) – кандидат технічних наук, доцент, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», доцент кафедри нафтогазової інженерії та технологій; м. Полтава, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000000216782575>; e-mail: dmytr.v@gmail.com