УДК 622.279.72

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ ВУГЛЕВОДНЕВИЛУЧЕННЯ З ВИСНАЖЕНИХ ГАЗОКОНДЕНСАТНИХ РОДОВИЩ

О. Р. Кондрат

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727141,
e-mail: alexkondratr@gmail.com

Охарактеризовано основні напрямки видобутку сконденсованих вуглеводнів з виснажених газоконденсатних родовищ. За результатами лабораторних досліджень підібрано нові композиції ПАР та хімічних реагентів з найкращими конденсатовитіснювальними властивостями.

Ключові слова: сконденсовані вуглеводні, поверхнево-активні речовини, полімер, хімічні реагенти.

Охарактеризированы основные направления добычи сконденсированных углеводородов с истощенных газоконденсатных месторождений. По результатам лабораторных экспериментов подобраны новые композиции ПАВ и химических реагентов с наилучшими конденсатовытесняющими свойствами.

Ключевые слова: сконденсированные углеводороды, поверхностно-активные вещества, полимер, химические реагенты.

The main directions of condensed hydrocarbons extraction from depleted gas condensate fields were characterized. According to the results of the laboratory studies, the new compositions of surfactants and chemical agents with the best condensate displacement characteristics were chosen.

Key words: condense hydrocarbons, surfactants, polymer, chemical agents.

Вступ. Всі газоконденсатні поклади на родовищах природних газів ПАТ „Укрнафта” і переважна більшість газоконденсатних покладів на родовищах ПАТ „Укргазвидобування” розробляються в режимі виснаження пластової енергії. Тільки на чотирьох газоконденсатних покладах ПАТ „Укргазвидобування” застосовується метод підвищення конденсатовилучення шляхом підтримування пластового тиску зворотним нагнітанням у пласт осушеного, відбензиненого природного газу. Вперше в колишньому Радянському Союзі сайклінг-процес впроваджено на газоконденсатному покладі горизонту С-5 Новотроїцького нафтогазоконденсатного родовища. Після завершення сайклінг-процесу газоконденсатний поклад на цьому родовищі дорозрорбляється на виснаження. Продовжується сайклінг-процес на газоконденсатних покладах горизонту Т-1 Куличихінського і Тимофіївського нафтогазоконденсатних родовищ та газоконденсатному покладі горизонту С-5 Котелевського газоконденсатного родовища [1, 2].

Розробка газоконденсатних покладів у режимі виснаження пластової енергії супроводжується випаданням з газу у пласті більшої частини вуглеводневого конденсату в межах зміни пластового тиску від тиску початку конденсації до тиску максимальної конденсації вуглеводневої суміші. При початковому вмісті стабільного конденсату в газі до 600 г/м^3 і дещо більше насиченість пор пласта сконденсованими вуглеводнями не перевищує 10-15 % і менша критичного значення, при якому конденсат може рухатися. В цих умовах конденсат, що випадає з газу в пласті, не рухається і, відповідно, не видобувається. Для підвищення коефіцієнта вуглеводневилучення виснажених газоконденсатних родовищ актуально забезпечити вилучення з них раніше сконденсованих вуглеводнів.

Можливими напрямками видобування конденсату, що випав з газу у пласті, є переведення його в газову фазу з подальшим видобуванням разом з газом, витіснення з пористого середовища різними робочими агентами та їх поєднання [3 – 5].

Іншим напрямком переведення конденсату в газову фазу є застосування незрівноваженого сухого газу низького тиску [6 – 8]. Згідно з результатами досліджень, виконаних у ВНДІгазі, тривале пропомповування через пласт низьконапірного сухого газу сприяє випаровуванню у газову фазу сконденсованих вуглеводнів. Цей метод успішно реалізується з кінця 1993 р. послідовно на різних ділянках Вуктильського нафтогазоконденсатного родовища.

Для витіснення конденсату з пористого середовища запропоновано використовувати воду, водні розчини поверхнево-активних речовин (ПАР) і полімерів, водогазові суміші, а також облямівки міцелярного розчину, діоксиду вуглецю, різних вуглеводневих розчинників, наприклад, скраплених газів, широкої фракції легких вуглеводнів, які пересувають по пласту нагнітанням газу чи води [9 – 15].

В ІФНТУНГ виконано комплекс лабораторних досліджень на насипних і зцементованих моделях пласта з витіснення конденсату водою, водними і конденсатними розчинами поверхнево-активних речовин (ПАР), водними розчинами суміші ПАР і полімеру, водогазовими сумішами і облямівками діоксиду вуглецю та вуглеводневого розчинника з подальшим нагнітанням води або водогазової суміші [16 – 19]. Результати цих досліджень свідчать, що кон-

денсат витісняється водою з пористого середовища, починаючи з певного (критичного) значення конденсатонасиченості, яка для досліджених пористих середовищ становила від 2,5 % до 6 %. Залежно від фізико-літологічних характеристик пористого середовища, початкової конденсатонасиченості, типу і тривалості (об'єму) нагнітання витіснювального агенту коефіцієнт конденсатовилучення в окремих дослідах становив 65-85 %.

Результати наведених досліджень свідчать про можливість вилучення з пористого середовища сконденсованих вуглеводнів нагнітанням рідких і газоподібних витіснювальних агентів. Проте через значні фінансові витрати і технологічні труднощі масштаби впровадження методів вилучення сконденсованих вуглеводнів є недостатніми. Тільки на окремих ділянках Вуктильського нафтогазоконденсатного родовища використовується метод вилучення сконденсованих вуглеводнів нагнітанням в пласт незрівноваженого сухого газу низького тиску. Це і зумовлює необхідність проведення подальших досліджень з метою вдосконалення відомих і розроблення нових методів підвищення конденсатовилучення з виснажених газоконденсатних родовищ.

Мета роботи. Удосконалення технології вилучення сконденсованих вуглеводнів з виснажених газоконденсатних родовищ шляхом застосування нових розчинів композицій ПАР та хімічних реагентів.

Лабораторні дослідження витіснення сконденсованих вуглеводнів з моделей пласта розчинами різних ПАР і хімічних реагентів.

В ІФНТУНГ виконано експериментальні дослідження експрес-методом витіснення сконденсованих вуглеводнів з моделі пористого середовища розчинами різних ПАР і хімічних реагентів. Експериментальні дослідження з вивчення конденсатовитіснювальної властивості розчинів різних ПАР і хімічних реагентів проводили з використанням апаратури і методики, наведених в роботі [20]. На рисунку 1 зображено схему удосконаленої установки для проведення досліджень експрес-методом.

Модель пласта являє собою скляну термостатовану колонку, заповнену природним дезінтегрованим піском певної фракції. Дотримання цієї умови робить всі дослідження за критерієм порового простору ідентичними. При підготовці до дослідів колонку з породою вакуумували і заповнювали мінералізованою водою з вмістом 50 г/л NaCl, яку витісняли конденсатом для створення початкової насиченості пористого середовища зв'язаною водою. Потім конденсат витісняли мінералізованою водою. Цим моделюється заводнення газоконденсатного родовища зі створенням в обводненій зоні залишкової конденсатонасиченості. Дослідження проводили з конденсатом еоценового газоконденсатного покладу Битків-Бабчинського нафтогазоконденсатного родовища при атмосферному тиску і температурі 40°С.

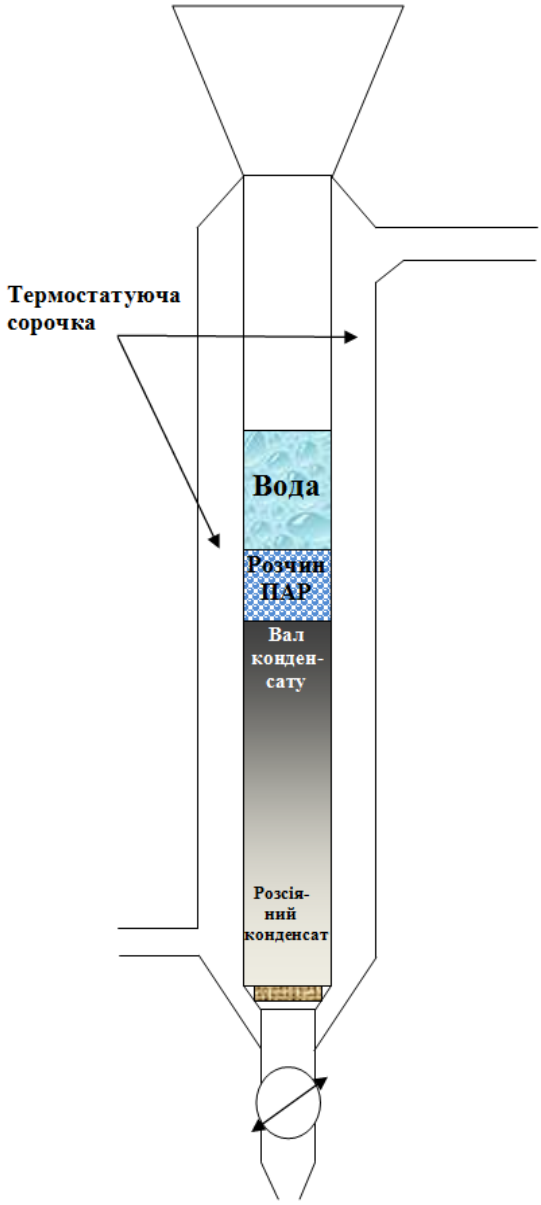

Рисунок 1 – Модель пласта для експресного вивчення конденсатовитіснювальних властивостей розчинів

В експериментах здійснювали витіснення конденсату з обводненої моделі пористого середовища 20% облямівкою розчину ПАР, полімеру, чи їх суміші, приготовленої на мінералізованій воді, яку проштовхували мінералізованою водою.

Досліджено широкий асортимент ПАР і полімерів та їх сумішей (карпатол УМ-1, карпатол УМ-2, савенол SWP, жиринокс, стінол, стінол НГ, сольпен 10Т, сульфанол, біополімер А-1, біополімер С-1, полімер AN-125, аубазидан А-1, суміш карпатолу УМ-2 і сульфанолу, карпатолу УМ-2 і савенолу SWP, суміш полімер AN-125 і карпатолу УМ-2, суміш савенолу SWP і сульфанолу, суміш полімеру AN-125, савенолу SWP і карпатолу УМ-2). Концентрація ПАР у робочому розчині становила 0,05, 0,5 і 5%, концентрація полімеру – 0,03, 0,05 і 0,1%.

Результати досліджень. Результати досліджень витіснювальної здатності розчинів різних ПАР і полімерів наведено в таблиці 1.

За результатами досліджень експрес-методом отримано такі значення коефіцієнта конденсатовитіснення для розчинів різних ПАР і хімічних реагентів (в порядку зменшення).

Для 0,05% розчинів індивідуальних ПАР: стінол НГ – 11,08%, савенол SWP – 9,8%, карпатол УМ-2-7,64%, стінол – 7%, карпатол УМ-1 – 6,3%, жиринокс – 2,34%, сольпен 10Т-1,27%, сульфанол – 0,75%.

Для 0,03% розчинів полімерів: полімер AN-125 – 3,11%, біополімер А-1- 2,68%, біополімер С-1 – 1,54%.

Для 0,05% розчину суміші двох ПАР: савенол SWP + карпатол УМ-2 – 19,68%, савенол SWP + сульфанол – 12,7%, карпатол УМ-2 + сульфанол – 5,26%.

Для розчину 0,03% полімеру і 0,05% ПАР: полімер AN-125 + стінол – 13,91%, полімер AN-125 + савенол SWP – 11,0%, полімер AN-125 + карпатол УМ-2 – 9,96%, аубазидан А-1 + стінол – 8,56%.

Для розчину 0,03% полімеру AN-125 і 0,05% савенолу SWP + 0,05% карпатолу УМ-2 – 15,38.

Для всіх ПАР із збільшенням концентрації їх в розчині підвищується коефіцієнт конденсатовитіснення.

У дослідах з карпатолом УМ-2 отримували досить стійку емульсію ПАР з конденсатом. При запомповуванні цієї емульсії в модель пласта отримали більший коефіцієнт коденсатовитіснення, ніж при застосуванні індивідуальних ПАР.

Таблиця 1 – Результати визначення експрес-методом коефіцієнта конденсатовитіснення розчинами ПАР та полімерів

Розчин ПАР і полімеру	Концентрація, ПАР і полімеру, %	Коефіцієнт конденсатовитіснення, %			
		водою	приріст дією ПАР і полімеру	загальний	від залишкового конденсату
1	2	3	4	5	6
Карпатол УМ-1	0,05	47,2	6,3	53,5	8,32
	0,5	52,4	8,27	60,67	10,97
	5	49,4	13,12	67,52	37,8
Карпатол УМ-2	0,05	46,99	7,64	54,63	9,09
	0,5	49,37	10,06	59,43	15,0
	5	61,06	18,6	79,66	41,5
Емульсія карпатолу УМ-2 з конденсатом	5	59,56	17,65	77,21	23,92
Савенол SWP	0,05	49,39	9,8	59,19	29,61
	0,5	54,77	17,58	72,35	38,88
	5	52,98	23,11	76,09	49,17
Жиринокс	0,05	52,47	2,34	54,81	4,92
	0,5	51,17	6,51	57,68	13,33
	5	52,1	13,44	65,54	28,07
Стінол	0,05	51,5	7	58,5	14,03
	0,5	40	18,2	58,2	30,38
	5	52,65	29,36	82,01	62,03
Стінол НГ	0,05	49,77	11,08	60,85	22,07
	0,5	54,2	18,22	72,42	39,39
	5	58,46	23,59	82,05	56,79
Сольпен- 10Т	0,05	42,68	1,27	43,95	2,22
	5	49,07	4,63	53,7	9,09
Сульфанол	0,05	42,8	0,75	43,55	1,32
	5	42,06	23,2	65,26	39,72
Біополімер А-1	0,03	51,79	2,68	54,47	5,56
	0,05	59,8	5,98	65,78	14,88
	0,1	61,03	4,94	65,97	12,67
Біополімер С-1	0,03	51,7	1,54	53,24	3,19
	0,1	62,38	1,77	64,15	4,71
Полімер AN-125	0,03	57,51	3,11	60,62	7,31
	0,1	49,4	6,37	55,77	12,59

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
суміш 0,03% полімер AN-125 (0,1%) + 0,05% Карпатол УМ-2	0,03	64,68	9,96	74,64	20,88
суміш 0,03% полімер AN-125 (0,1%) + 0,05% Савенол (50%)	0,03	64	11	75	32
суміш 0,03% полімер AN-125 (0,1%) + 0,05% Стінол (25%)	0,03	51	13,91	54,91	26,42
суміш 0,03% Аубазидан А-1 + 0,05% Стінол (25%)	0,03	63,8	8,56	72,36	23,72
суміш 0,05% Карпатол УМ-2 + 0,05% Сульфанол	0,05	40,6	5,26	45,86	8,86
суміш 0,05% савенол SWP + 0,05% Карпатол УМ-2	0,05	39,5	19,68	59,18	26,0
Суміш 0,05% савенол SWP + 0,05% Сульфанол	0,05	37,3	12,7	45,86	20,27
суміш 0,03% полімер AN-125 + 0,05% савенол SWP + 0,05% Карпатол УМ-2	0,05	40,5	15,38	55,8	18,3

З досліджених ПАР найкращими конденсатовитіснювальними властивостями володіють стінол НГ, савенол SWP і карпатол УМ-2. Додавання до розчинів ПАР полімерів невисокої концентрації (0,03%) з метою створення так званих поверхнево-активних полімервмісних систем (ПАПС) призводить до підвищення їх конденсатовитіснювальних властивостей. При більших концентраціях полімеру (понад 0,03%) істотно знижуються фільтраційні характеристики моделі пласта внаслідок закупорювання і блокування частини пор полімерними частинками.

Найбільший коефіцієнт конденсатовитіснення отримано при застосуванні 0,05% розчину суміші неіоногенного ПАР (савенолу SWP) і аніонного ПАР (карпатолу УМ-2). Додавання до них 0,03% полімеру AN-125 понижує коефіцієнт конденсатовитіснення на 4,3%.

Висновки. Таким чином, за результатами лабораторних досліджень експрес-методом витіснення сконденсованих вуглеводнів з обводнених моделей пласта найкращими конденсатовитіснювальними властивостями володіє 0,05% розчин суміші неіоногенного ПАР (савенолу SWP) і аніонного ПАР (карпатолу УМ-2). В окремих випадках можуть застосовуватися 0,05% розчини індивідуальних ПАР (стінолу НГ, савенолу SWP, карпатолу УМ-2) з додаванням або без додавання 0,03% полімеру AN-125. Запропоновані досліджені композиції ПАР і хімічних реагентів можуть бути використані для застосування на одному з виснажених газоконденсатних родовищ України.

Література

1 Фик І. М. Наукові основи підвищення ефективності розробки газоконденсатних родовищ України / І. М. Фик, І. Й. Рибчич // Наука та інновації. – 2005. – 1, № 5. – С. 40-49.

2 Фик І. М. Проблеми збільшення конденсатовилучення з газоконденсатних родовищ України і шляхи їх вирішення / І. М. Фик // Питання розв. газ. пром-сті України. – 1999. – Вип. 27[1]. – С. 164-170.

3 Гуревич Г. Р. Способы повышения конденсатоотдачи пластов / Г. Р. Гуревич // Ежегодник: Итоги науки и техники, сер. Разработка нефтяных и газовых месторождений. – М.: ВИНИТИ. – 1985. – Т. 16. – С. 132-184.

4 Закиров С. Н. Теория и проектирование разработки газовых и газоконденсатных месторождений: учебн. пос. для вузов / С. Н. Закиров. – М.: Недра, 1980. – 334 с.

5 Кондрат Р. М. Газоконденсатоотдача пластов / Р. М. Кондрат. – М.: Недра, 1992. – 255 с.

6 Методическое руководство по применению методов извлечения конденсата, выпавшего в процессе разработки (вторичные методы повышения конденсатотдачи) / А. И. Гриценко, Р. М. Тер-Саркисов, О. Ф. Андреев [и др.]. – М.: ВНИИгаз, 1987. – 106 с.

7 Вуктыл на этапе освоения новой технологии повышения углеводородоотдачи пласта / А. И. Гриценко, Р. М. Тер-Саркисов, В. Г. Подюк [и др.] // Газовая промышленность. – 1993. – № 4. – С. 32-33.

8 Степанова Г. С. Фазовые превращения углеводородных смесей газоконденсатных месторождений / Г. С. Степанова. – М.: Недра, 1974. – 224 с.

9 Тер-Саркисов Р. М. Новая концепция воздействия на газоконденсатную залежь / Р. М. Тер-Саркисов // Газовая промышленность. – 1997. – № 6. – С. 16-18.

10 Довідник з нафтогазової справи / За заг. ред. докт. техн. наук В. С. Бойка, Р. М. Кондрата, Р. С. Яремійчука. – К.: Львів, 1996. – 620 с.

11 Закачка жидких углеводородов в пласт для повышения нефтеконденсатоотдачи / А. И. Гриценко, Р. М. Тер-Саркисов, О. В. Клапчук [и др.] // Обз. инф.: сер. Разраб. и экспл. газ. и газоконденс. месторожд. – М: ВНИИЭгазпром. – 1980. – Вып. 6. – 39 с.

12 Закачка сухого неравновесного газа на Вуктыльском НГКМ / А. И. Гриценко, Р. М. Тер-Саркисов, В. А. Николаев [и др.] // Газовая промышленность. – 1996. – № 11-12. – С. 30-32.

13 Закиров С. Н. Повышение конденсатоотдачи пласта / С. Н. Закиров, Б. А. Алиев // Обз. инф.: сер. Разраб. и експл. газ. и газоконденс. месторожд. – М.: ВНИИЭгазпром. – 1985, – Вып. 4. – 46 с.

14 Кондрат Р. М. Підвищення газонафтоконденсатовіддачі родовищ / Р. М. Кондрат // Нафтова і газова промисловість. – 1992. – № 2. – С. 35-38.

15 Тер-Саркисов Р. М. Исследование смешивающегося вытеснения флюида из неоднородного пласта / Р. М. Тер-Саркисов, В. А. Николаев, С. Г. Рассохин [и др.] // Газовая промышленность. – 1993. – № 1. – С. 28-29.

16 Кондрат О. Р. Експериментальні дослідження витіснення сконденсованих вуглеводнів з газоконденсатних родовищ розчинами ПАР / О. Р. Кондрат // Нафтова і газова промисловість. – 2000. – № 1. – С. 34-38.

17 Кондрат Р. М. Підвищення вуглеводневилучення з частково виснажених родовищ природних газів / Р. М. Кондрат, О. Р.Кондрат // Розвідка та розробка нафтових і газових свердловин. Сер.: Геологія, розробка та експлуатація нафтових і газових родовищ. – 1995. – Вип. 32. – С. 54-62.

18 Кондрат Р. М. Повышение конденсатоотдачи продуктивных пластов с применением заводнения / Р. М. Кондрат // Обз. инф.: сер. Разраб. и экспл. газ. и газоконденс. месторожд. – М.: ВНИИЭгазпром. – 1982. – Вып. 7. – 58 с.

19 Рудий С. М. Використання карпатолу для дії на продуктивні пласти нафтових і газоконденсатних свердловин / С. М. Рудий, М. І. Рудий, О. Р. Кондрат // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2014. – № 2(51). – С. 156-164.

20 Свердловини на нафту і газ. Обробка свердловин з використанням розчинів поверхнево-активних речовин і їх композицій: СОУ 11.1-00135390-023:2006. - [Чинний від 2006-06-01]. – Івано-Франківськ, 2006. – 70 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії 14.08.15
Рекомендована до друку професором ***Коцкуличем Я.С.*** *(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ) д-р геол.-мінерал. наук, д-ром географ. наук, д-ром техн. наук* ***Рудьком Г.І.*** *(Державна комісія України по запасах корисних копалин, м. Київ)*