

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ НАФТОГАЗОВОГО КОМПЛЕКСУ

УДК 502.17

Мандрик О.М.

*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ГЕОГРАФІЧНІ І ТЕХНІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ МОРСЬКИМИ ШЛЯХАМИ

Перспективним стратегічним напрямом покращення забезпечення України природним газом є розроблення і впровадження екологічно безпечних та економічно вигідних CNG (Compressed Natural Gas) - технологій транспортування стисненого природного газу. Запропоновано вибір варіантів транспортування газу на Україну з потужних родовищ цього енергоносія на Кавказі, Близькому Сході та Північній Африці.

Ключові слова: екологічна безпека, природний газ, морські шляхи.

Перспективным стратегическим направлением улучшения обеспечения Украины природным газом является разработка и внедрение экологически безопасных и экономически выгодных CNG (Compressed Natural Gas) - технологий транспортировки сжатого природного газа. Предложено выбор вариантов транспортировки газа на Украину из мощных месторождений этого энергоносителя на Кавказе, Ближнем Востоке и Северной Африке.

Ключевые слова: экологическая безопасность, природный газ, морские пути.

Perspective strategy of supplying Ukraine with natural gas is development and introduction of ecologically safe and economically profitable CNG technologies. Several options of gas transportation from the reservoirs in the Caucuses, Near East and South Africa have been offered.

Key words: ecological safety, natural gas, sea routes.

Актуальність проблеми. Для України, яка сьогодні шукає шляхи і способи диверсифікації газопостачання, найкоротші відстані до альтернативних джерел природного газу пролягають через морські акваторії. Крім того, Україна має власний промисловий потенціал і необхідні конструкторсько-технологічні розробки для вирішення цієї проблеми власними силами. Тому, при виборі варіанту транспортування газу зрідженого (LNG) чи стиснутого (CNG), перевагу слід надати останньому. Цей варіант є найбільш вигідним для організації доставки газу, тому що відстані між Україною і потужними родовищами цього енергоносія на Кавказі, Близькому Сході та Північній Африці цілком вкладається у визначені межі: Поті-Феодосія – 327,2 мор. миль; Поті-Одеса – 650 мор. миль; Одеса-Олександрія (АРЕ) – 1064 мор. миль; Одеса-Порт-Саїд (АРЕ) – 1128 мор. миль; Одеса-Бенгаузі (Лівія) – 1053 мор. миль; Одеса-Триполі (Лівія) – 1290 мор. миль; Одеса-Туніс (порт) – 1379 мор. миль; Одеса-Алжир (порт) – 1729 мор. миль. Деякі варіанти маршрутів наведені на рис.1 – 4.

Перспективне азербайджанське родовище Шахденіз знаходиться за горами Кавказу, а потужні поклади в Туркменістані ще й за Каспійським морем. Таким чином, шлях до азербайджанського газу пролягає через Чорне море і Кавказ, а туркменського – ще й через Каспій, а доступ до родовищ середземноморських родовищ – через вузькі і переповнені суднами протоки Босфор та Дарданелли, що вимагає особливо уважних підходів до організації безпечного плавання. Тому, транспортування стиснутого

природного газу в герметичній тарі безпечніше ніж танкерами LNG, більшість яких не мають запобіжних засобів проти випарування зрідженої фракції.

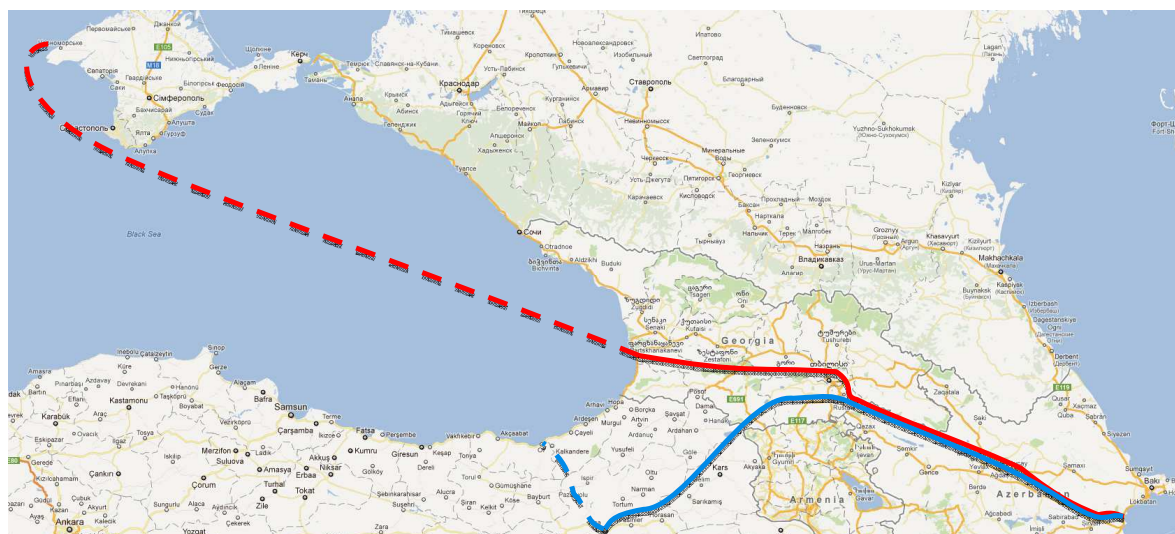


Рис. 1. Шлях з Азербайджану до України

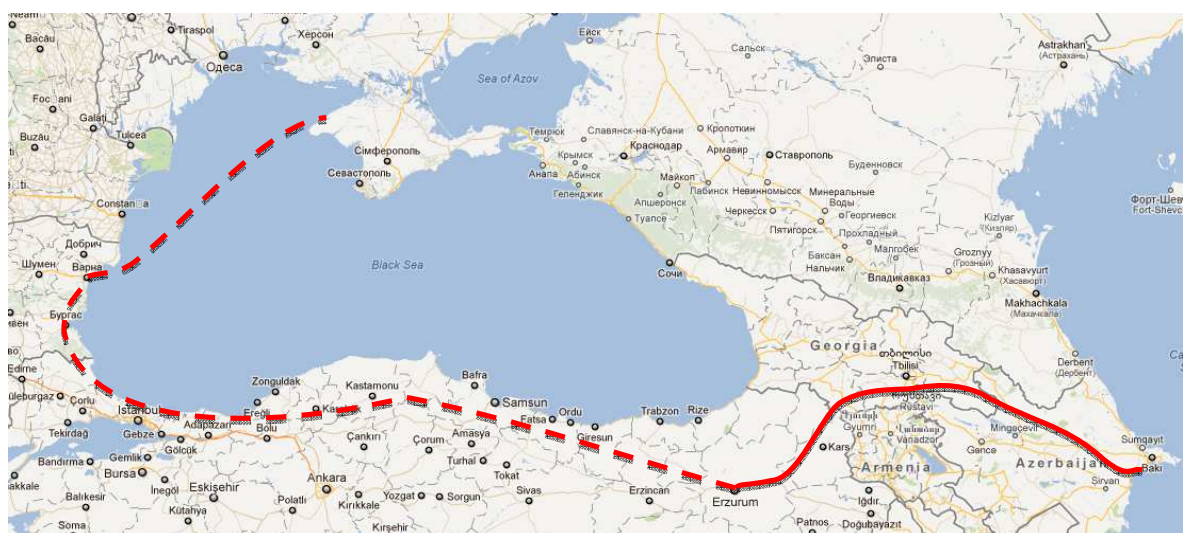


Рис. 2. Альтернативний шлях з Азербайджану до України

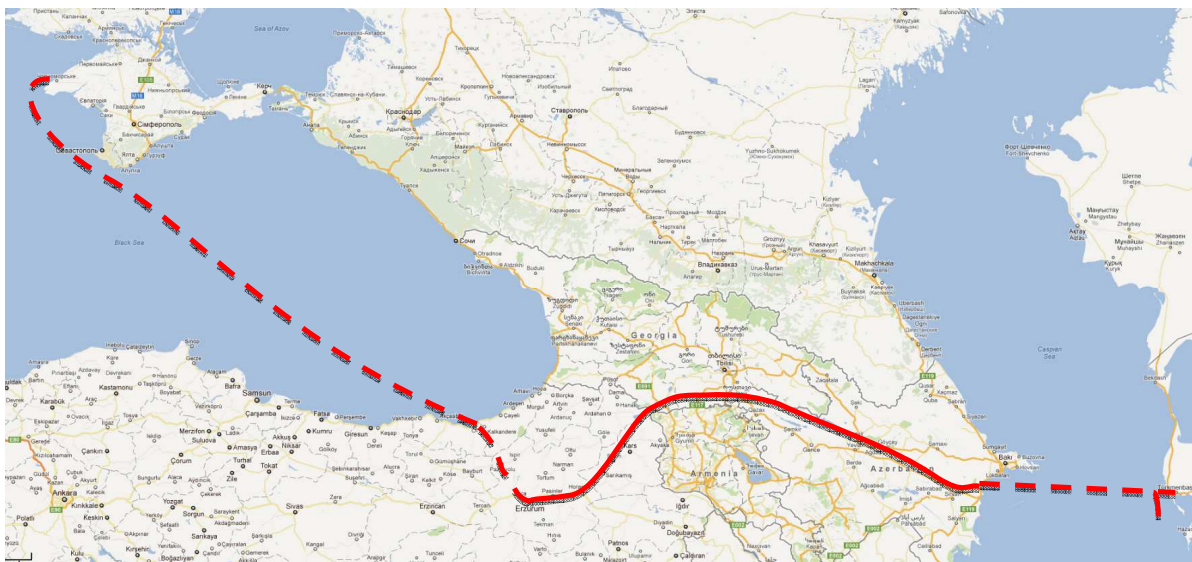


Рис. 3. Шлях з Туркменістану до України

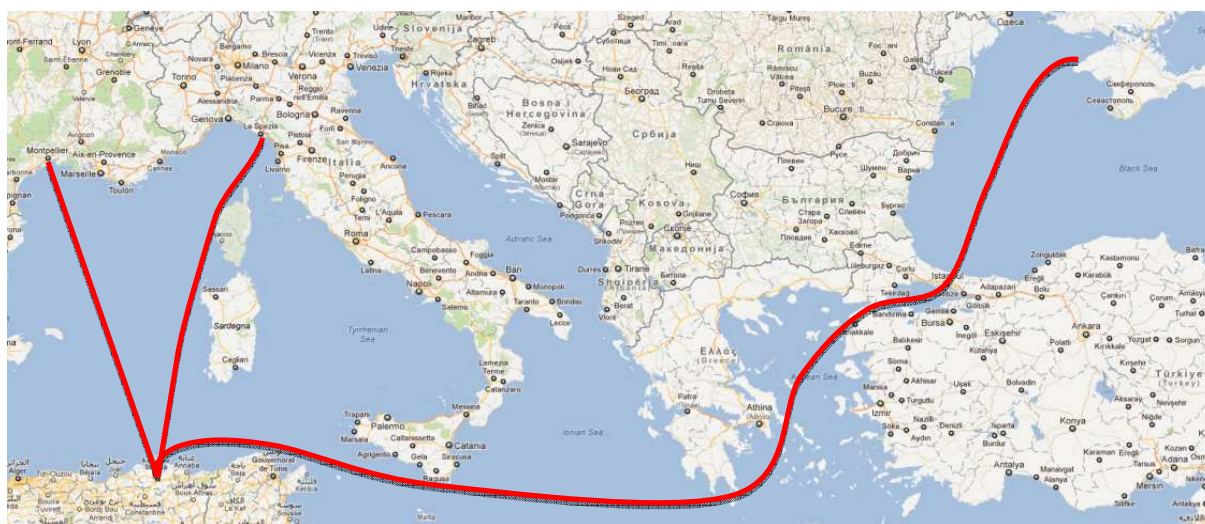
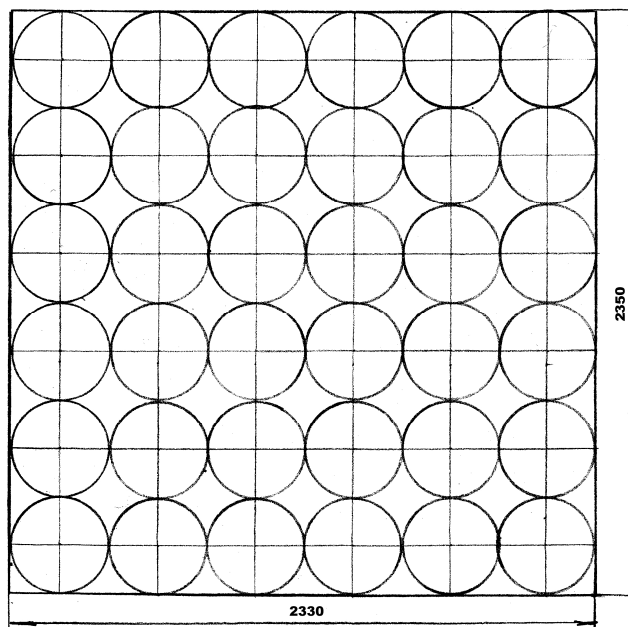
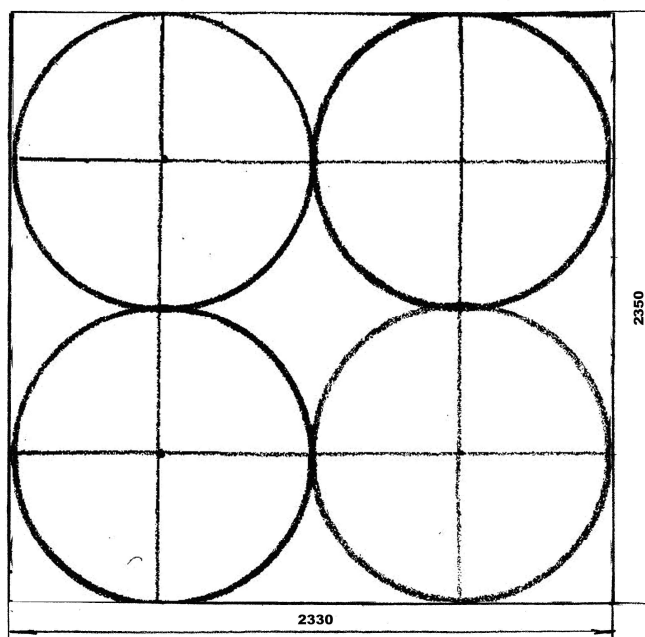


Рис. 4. Шлях з Африки до України

Виклад основного матеріалу. В Україні є можливість організувати доставку газу з альтернативних джерел за двома варіантами. Перший – це прискорений з використанням наявних контейнеровозів, а другий – перспективний з побудовою спеціалізованих суден-газовозів. В першому випадку використовуються морські контейнери розмірами 20 або 40 футів, оснащені балонами високого тиску діаметром від 390 до 1020 мм (рис. 5; табл. 1–2), в якості ємностей менших діаметрів можна використати автомобільні балони, виробництво і експлуатація яких досить добре освоєні. Для балонів більших діаметрів доцільно використати газові зварні труби, що теж добре освоєні. Балони в контейнерах сполучаються перехідними патрубками паралельно або послідовно. При послідовному сполученні балонів, а також контейнерів можна отримувати довгомірні посудини, які можливо трактувати як відрізки трубопроводів [1,2] і, таким чином, за прикладом проекту <Cosele>, претендувати на зменшення коефіцієнту запасу міцності від 2,5 до 1,75. Це дозволило б на 30% зменшити масу тари і збільшити відповідно об'єм вантажної системи і дедвейт судна. Аналогічне рішення прийнятне і для спеціалізованих суден-газовозів, особливо при укладці балонів вздовж корпусу судна.



а)



б)

а – діаметр балона 390 мм; б – діаметр балона 1020 мм

Рис. 5. Горизонтальне розташування балонів на робочий тиск 20, 25 і 30 МПа в контейнері типу Dry Cube. Матеріал лейнера – термооброблена сталь 30ХГСА ($\sigma_{\text{в}}=960$ МПа). Матеріал оболонки – односпрямований склопластик

Таблиця 1

**Характеристики морського контейнера типу Dry Cube ($D = 390$ мм , сталь
30ХГСА ($\sigma_B = 960$ МПа))**

Робочий тиск, МПа	20		25		30	
	20 ft	40 ft	20 ft	40 ft	20 ft	40 ft
Розмір контейнера	20 ft	40 ft	20 ft	40 ft	20 ft	40 ft
Довжина балона, мм	5800	11700	5800	11700	5800	11700
Маса балона, кг	377	787	423	873	476	984
Об'єм балона, л	580	1230	580	1230	580	1230
M/V балона, кг/л	0,65	0,64	0,73	0,71	0,82	0,80
Маса балонів, кг	13572	28332	15264	31428	17136	35424
Маса контейнера з балонами, кг	15772	32232	17464	35328	19336	39324
Об'єм газу в контейнері при 20°C, нм3	4176	8814	5220	11018	6264	13222

Таблиця 2

**Характеристики морського контейнера типу Dry Cube ($D = 1020$ мм , сталь
30ХГСА ($\sigma_B = 960$ МПа)).**

Робочий тиск, МПа	20		25		30	
	20 ft	40 ft	20 ft	40 ft	20 ft	40 ft
Розмір контейнера	20 ft	40 ft	20 ft	40 ft	20 ft	40 ft
Довжина балона, мм	5800	11700	5800	11700	5800	11700
Маса балона, кг	2214	4947	2456	5411	2802	6184
Об'єм балона, л	3460	7730	3460	7730	3460	7730
M/V балона, кг/л	0,64	0,64	0,71	0,70	0,81	0,80
Маса балонів, кг	8856	19788	9824	21644	11208	24736
Маса контейнера з балонами, кг	11056	23688	12024	25544	13408	28636
Об'єм газу в контейнері при 20°C, нм3	2770	6184	3460	7730	4152	9276

Балони для зберігання і транспортування стиснутого природного газу прийнято класифікувати наступним чином:

- **CNG-1** - суцільнометалеві балони (такі балони виготовляються зі сталей або алюмінієвих сплавів зазвичай без застосування зварювання);

- **CNG-2** – полегшені металеві балони (сталеві або алюмінієві) із кільцевою обмоткою скловолокном. В даному випадку металева частина і обмотка поділяють навантаження між собою;

- **CNG-3** – балони з тонким металевим лейнером, як правило, алюмінієвим, повністю обмотаним пропитаним безперервним волокном. Пропитка і волокно утворюють композит. У якості композиту можуть бути склопластики, органопластики, вуглепластики. Основне навантаження несе композитна обмотка;

- **CNG-4** – балони з неметалічним лейнером, армованим безперервними волокнами, що пропитані смолою. Пропитка і волокно утворюють композит. У якості композиту можуть бути склопластики, органопластики, вуглепластики. Основне навантаження несе композитна обмотка.

Основними елементами типового балона типу CNG-4 є:

- лейнер з поліетилену високої щільності;
- силова оболонка з композиційного матеріалу;
- закладний елемент з алюмінієвого сплаву для приєднання запірної арматури;

- покриття з пінополіуретану для захисту сферичних поверхонь від ударів;
- зовнішнє покриття зі склопластику для захисту від абразивного зносу;
- поліуретанове покриття зовнішньої поверхні, що наноситься в декоративно-косметичних цілях.

Основні переваги балонів типу CNG-4 у порівнянні з іншими типами балонів наступні:

- менша вага;
- більша надійність;
- нижчий рівень вибухонебезпеки (при вогневому впливі лейнер розплавляється і газ просочується крізь силову оболонку, що розпушилася, що дозволяє балону горіти без вибуху) (рис.6).



Рис. 6. Лейнер при вогневому впливі

Одним із основних показників балонів для транспортування газу морським шляхом є їх масогабаритний показник (M/V), тобто відношення маси балону до його корисного об'єму. За даними компанії "Интари" (Росія), виготовлений із високоміцної трубної сталі X80 балон має цей показник 1,7. Оснащене такими балонами судно місткістю 80 тис. тонн зможе перевезти за один рейс до 12 млн. m^3 газу. Це вважається добрим показником для компанії, яка видобуває і постачає газ своїми засобами, тому що навіть при ціні 135 \$ за $1000 m^3$ газу рентабельність її перевозок складатиме більше 10%.

Наші розрахунки [3,4] показують, що вказаний показник можна значно покращити, застосувавши комбіновані балони – сталевий лейнер з оболонкою із композиційного матеріалу. Як видно із табл. 5, композиційний матеріал сформований із скловолокна на епоксидній основі дозволяє покращити відношення M/V в 2,5-2,1 рази та підвищити місткість вантажної системи в 1,5-2 рази, залежно від міцності сталі. Великою перевагою композиційної оболонки є її надійність. Випробування засвідчують, що утворення втомної тріщини не викликає руйнування балону. Тріщина утворюється тільки в сталевому корпусі балону, що призводить до спаду тиску і наступного закриття тріщини. Тобто газ не повністю викидається в атмосферу. А та частка, що вийшла з балону, просочується крізь стінки оболонки не руйнуючи її.

Таблиця 5

Порівняльні параметри транспортування CNG на відстань 1000 км суднами-контейнеровозами, укомплектованими циліндричними балонами під тиском 20 МПа

№№ ч/ч	Показники	Стальні балони	Металопла- стикові
1	Вантажопід'ємність судна, тис. т	92,2	
2	Маса погонного метра труби, т	0,288	0,179 0,147 - метал 0,032
3	Місткість п/м труби, м ³	0,184	
4	Довжина труби, м	15	
5	Маса труби, т	4,32	2,685
6	Місткість труби, м ³	2,76	
7	Труб в контейнері, шт.	120	
8	Маса балону, т у тому числі: – труби – пластику	518 518 518	322,2 264,6 57,6
9	Місткість балону, м ³	331,2	
10	Щільність газу при 200 атм, 20°С, кг/м ³	156	
11	Маса газу в балоні, т	51,67	
12	Об'єм газу в балоні, тис. м ³	73,802	
13	Сумарна маса балону з газом, т	569,67	373,9
14	Балонів на судні, шт.	162	246
15	Маса балонів на судні, тис. т	83,9	79,28
16	Маса газу на судні, тис. т	8,36	12,92
17	Об'єм газу на судні, млн. м ³	11,95	18,15
18	Вартість матеріалів для балону, млн. \$ в тому числі: – труби – склопластик	0,259 0,259 –	0,362 0,132 0,230
19	Вартість балона, млн. \$	0,389	0,543
20	Вартість балонів на танкері, млн. \$	63,0	133,5
21	Вартість танкера, млн. \$	45	
22	Вартість танкера з балонами, млн. \$	108	178,5
23	Вартість експлуатації танкера за рік, млн. \$	10,5	
24	Середня кількість рейсів танкера за рік при відстані перевезення 1000 км	57,7	
25	Експлуатаційна вартість 1 рейсу, млн. \$	0,18	
26	Експлуатаційна вартість перевезення 1 млн м ³ газу, тис. \$	15,1	9,9

Висновки. Об'єм перевезення газу танкером за один рейс на відстані 1000 км збільшується в 1,52 рази (18,15:11,95). Вартість танкера збільшена в 1,65 рази (178,5:108).

Отже, експлуатаційна вартість перевезення 1 млн м³ газу на відстань 1000 км зменшується в 1,53 рази, а досягнуті показники масової досконалості балонів $M/V = 0,65 \text{ кг/л}$ дозволяють збільшити об'єми вантажної системи газовозів та підвищити їх ефективність і безпеку як на суші, так і на морі.

Література

1. Крижанівський Є. І. Конструювання CNG-модуля для транспортування природного газу суднами-контейнеровозами / Є. І. Крижанівський, В. І. Артим, О. М. Мандрик, М. М. Савицький // Нафтогазова енергетика. – 2012.–№ 1 (17). – С. 28-34.
2. Мандрик О. М. Визначення техніко-економічних параметрів модуля судового рухомого трубопроводу / О. М. Мандрик, Вал. В. Зайцев // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2013. - №1(46).– С. 179-187.
3. Kryzhanivskyy Ye. I. About the possibility of transportation of compressed natural gas by submarine carriers of mobile pipelines in arctic / Ye. I. Kryzhanivskyy, Val. V. Zaytsev, O. M. Mandryk // Scientific Bulletin Seria C – Baia Mare. –Volume XXVI No.1. – 2012 – p. 28-31.
4. Мандрик О. М. Аналіз методів зміцнення замкнутих ємностей для безпечного транспортування природного газу / О. М. Мандрик, О. М. Савицький, В. І. Артим // Наукові нотатки: міжвузівський збірник. – Луцьк: Луцьк. держ. техн. ун-т, 2013. – Вип. 40. – С. 176-186. – (напрямок “Інженерна механіка”).

Поступила в редакцію 25 квітня 2014 р.

УДК 504.064.4:665.6/.7

¹Семчук Я.М., ¹Адаменко Я.О.,
²Дригулич П.Г., ³Пукіш А.В.
¹Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу
²ПАТ „Укрнафта”
³Науково-дослідний і проектний інститут ПАТ „Укрнафта”

ДОСЛІДЖЕННЯ НОВИХ ДЕЕМУЛЬГАТОРІВ ДЛЯ УТИЛІЗАЦІЇ НАФТОВІСНИХ ВІДХОДІВ

У статті проаналізовано проблемні аспекти поводження з нафтовмісними відходами, розглянуто методи перероблення нафтошламів та стійких нафтових емульсій, досліджено ефективність флокулянтів і деемульгаторів в технологічних процесах утилізації відходів

Ключові слова: нафтовмісні відходи, нафтошлами, стійкі нафтові емульсії, супутньо-пластові води, механічні домішки, деемульгатори, флокулянти.

В статье проанализированы проблемные аспекты обращения с нефтесодержащими отходами, рассмотрены методы переработки нефтешламов и стойких нефтяных эмульсий, исследована эффективность флокулянтов и деэмульгаторов в технологических процессах утилизации отходов.

Ключевые слова: нефтесодержащие отходы, нефтешламы, стойкие нефтяные эмульсии, попутно-пластовые воды, механические примеси, деэмульгаторы, флокулянты.

The article studies oil-contaminated waste handling issues, presents oil sludge and stable oil emulsion processing methods, analyses flocculent and demulsifier effectiveness in waste treatment process.

Key words: oil-contaminated waste, oil sludge, stable oil emulsions, associated reservoir water, mechanical impurities, demulsifiers, flocculents.

Актуальність проблеми. Проблема екологічної безпеки в нафтовидобувній промисловості є однією з основних і пріоритетних для успішного ведення промислової