

Інформаційні технології

УДК 622.267+622.324.5

ЗМЕНШЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВТРАТ НАФТИ НА РОДОВИЩАХ ПРИКАРПАТТЯ

Р.М. Кондрат¹, Т. В. Шумілін²

¹ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727141,
e-mail: rengr@nung.edu.ua

²Науково-дослідний і проектний інститут ПАТ “Укрнафта”;
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Північний бульвар, 2, тел. (0342) 776151,
e-mail: shumilintaras@gmail.com

Запобігання технологічним втратам нафти є актуальним завданням сучасних нафтовидобувних підприємств. Для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище особливої актуальності набуває розробка нових технологічних рішень та перспективних технологій із застосуванням високоефективного обладнання. В даній роботі проведено дослідження нафтової емульсії Старосамбірського родовища. Виконані лабораторні дослідження хвильової обробки нафтової емульсії з метою вилучення легких фракцій нафти (ЛФН) та зменшення втрат нафти. Запропоновано застосування методу хвильової обробки нафт для її ефективної сепарації та деемульсації.

Ключові слова: легка фракція нафти, втрати нафти, нафтова емульсія, сепарація, дегазація, хвильове поле.

Предупреждение технологических потерь нефти является актуальной задачей современных нефтедобывающих предприятий. С целью уменьшения негативного влияния на окружающую среду особо актуальной становится разработка новых технологических решений и перспективных технологий с использованием высокоэффективного оборудования. В данной работе проведено исследование нефтяной эмульсии Старосамбирского месторождения. Выполнены лабораторные исследования волновой обработки нефтяной эмульсии с целью извлечения легких фракций нефти (ЛФН) и уменьшения потерь нефти. Предложено применение метода волновой обработки нефти для ее эффективной сепарации и деэмульсации.

Ключевые слова: легкая фракция нефти, потери нефти, нефтяная эмульсия, сепарация, дегазация, волновое поле.

The Prevention of oil technological losses is a burning task of the modern oil extracting enterprises. Of great significance is the development of new technological decisions and perspective technologies with application of high-efficiency equipment to diminish the negative influence on the environment.

The article deals with the research of oil emulsion of Starosambir field. The laboratory researches of wave treatment of oil emulsion have been conducted to remove oil light and to reduce oil losses. The application of wave oil treatment method has been offered for its effective separation and demulsification.

Key words: oil light, oil losses, oil emulsion, separation, degassing, wave field.

Вступ

Запобігання технологічним втратам нафти на всіх стадіях технологічних процесів виробничої діяльності - від її промислового збирання, підготовки до транспортування є актуальним завданням сучасних нафтовидобувних підприємств. Враховуючи той факт, що ці процеси призводять до техногенних навантажень на навколишнє середовище, зменшення негативного

впливу діяльності нафтогазовидобувних підприємств, як забруднювачів навколишнього середовища, стає одним з актуальних питань.

Для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище особливої актуальності набуває розробка та удосконалення існуючих та впровадження нових технологічних рішень і перспективних технологій із застосуванням високоефективного обладнання.

Для умов розробки родовищ Прикарпаття не всі технології зменшення втрат нафти можуть бути економічно ефективними у зв'язку з тим, що фізико-хімічні властивості нафт погіршуються, видобуток нафти з родовищ Прикарпаття стабільно знижується, енергетичні характеристики родовищ також зменшуються. Частина родовищ Прикарпаття знаходиться в рекреаційній зоні, тому застосування хімічних реагентів на даних родовищах обмежений.

Основні наукові праці і літературні джерела, в яких обґрунтовуються причини технологічних втрат нафти, наведені в роботах Тронова В.П. [1], Персіянцева М.М.[2], Бикова В.А. [3] та інших. Основною причиною втрат є неефективна технологія сепарації та попередньої підготовки продукції свердловин в наслідок чого відбуваються технологічні втрати нафти. Також вагомим чинником при цьому є існуючий стан промислового обладнання сепараторів, трапів, резервуарів тощо.

За технологічною класифікацією переважна більшість нафт родовищ Прикарпаття відносяться за густиною до середніх та легких нафт, за в'язкістю до нафт з середньою в'язкістю, за вмістом парафінів до високопарафіністих нафт, за вмістом смол і асфальтенів до малосмолистих, за вмістом базових масел до типу Т1. Оскільки нафти родовищ Прикарпаття є середніми та легкими нафтами за густиною, то дані нафти містять значну кількість легких фракцій нафти (ЛФН). Необхідно також зазначити наступне: нафти Прикарпаття містять парафінів 6-8 % мас.час. в наслідок чого температура застигання таких нафт становить 15-20 °С, що і обумовлює існуючі проблеми при її сепарації та підготовці. Для підготовки високопарафіністих та високозастигаючих нафт до товарних показників на УПН родовищ емульсії даних нафт вимушено нагрівають для ефективного їх зневоднення та знесолення вище температури плавлення парафінів 55-65 °С при цьому відбуваються втрати ЛФН.

ЛФН - це суміш важких газоподібних вуглеводнів та рідких вуглеводнів (C₃ - C₆), яка при незначній зміні нормальних умов є легкокиплячою і легкозаймистою рідиною. ЛФН міститься як в нафті, так і в нафтових газах. Вміст ЛФН у нафтах визначається переважно хроматографічним методом. ЛФН містить в собі товарний продукт – широку фракцію легких вуглеводнів (ШФЛВ), яка є цінною вуглеводневою сировиною і використовується нафтохімічними підприємствами для отримання індивідуальних вуглеводнів при первинній переробці і широкого ряду продукції при подальшій переробці індивідуальних вуглеводнів. ШФЛВ основна сировина нафтохімічних підприємств для виробництва цілого спектру продуктів: каучуку, пластмаси, етанолу. Температура кипіння ШФЛВ становить 20-30 °С. З ШФЛВ на ГПЗ виділяється і виробляється газомоторне паливо (СПБТ) та інші продукти ПТ, БТ. При стабілізації нафти ШФЛВ переходить в газоподібний стан.

Згідно проведених промислових досліджень, нафти Прикарпаття містять від 4 до

10 % мас. часток ЛФН. Частина ЛФН, яка міститься в нафтових емульсіях родовищ Прикарпаття безповоротно втрачається при існуючих методах збору, сепарації та підготовки нафти на промислових об'єктах родовищ. На сьогодні одним із перспективних методів боротьби з втратами нафти може стати хвильова обробка нафтових емульсій і нафт.

Аналіз попередніх досліджень

Сучасні технології ліквідації втрат ЛФН в основному полягають у герметизації системи збору та попередньої підготовки продукції свердловин, зміні технології сепарації нафтових емульсій, (перехід на багатоступеневу сепарацію, застосування технології "гарячої" сепарації), застосування сучасних гідро циклонних сепараторів, компресорів тощо [3].

Один з методів покращення дегазації та зменшення втрат ЛФН нафти родовищ Прикарпаття може стати дія на нафтові емульсії хвильовим полем з заданими характеристиками. Застосування хвильового поля може покращити ефективність сепарації нафтових емульсій та підвищити ефективність стабілізації нафт.

В нафтовій промисловості один напрямок технологій хвильової дії направлений на інтенсифікацію припливу нафти до вибою свердловини - обробка привибійної зони пластів, інший на обробку хвильовим полем свердловини з поверхні. Дані методи не враховують фазовий стан продукції свердловин.

В процесі дії хвильового поля в рідині, на яку впливають хвильові коливання, зменшується кількість газу як розчиненого, так і того що перебуває у вигляді пухирців. Цей ефект знаходить застосування в промисловій практиці при дегазації розплавів металів і скла, розчинів смол, масел, різного роду напоїв та ін. Крім того, хвильова дегазація є однією із причин прискорення електрохімічних процесів у звуковому полі. Також за останніми дослідженнями [4] хвильове поле може інтенсивно впливати на пластову воду, яка в переважній більшості знаходиться у видобувній продукції свердловин.

Дослідження дії хвильового поля на нафти наведено в роботах [5-6]. Перші роботи, які проводилися на нафтових емульсіях родовищ Прикарпаття, наведені в [5]. Переважно у всіх роботах досліджується вплив хвильових полів на зневоднену нафту. Також в [6] наведено дослідження хвильового поля на в'язкість нафти і досліджена зміна в'язкості від "фізичної дози" хвильового поля.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Дослідження дегазації нафтових емульсій Прикарпаття в хвильовому полі з метою вилучення ЛФН та зменшення втрат нафти практично не проводилися. Механізм дегазації нафтових емульсій високопарафіністих та високозастигаючих нафт в хвильовому полі докладно недосліджений. Недосліджена залежність

основних якісних і кількісних характеристик цього процесу від параметрів поля в залежності від складу нафтової емульсії її властивостей та температури. Хвильова дія при сепарації нафти може призводити як до покращення ефективності сепарації нафти та її підготовки (покращується глибина сепарації, дозволяє послабити механічну міцність бронюючих шарів глобул води та збільшити імовірність злиття крапель води), так і погіршити умови сепарації та підготовки (створити стійкі емульсії, розчинити газ в нафті) в залежності від інтенсивності застосовуваного хвильового поля. Це залежить від умови дії і характеристик хвильового поля та емульсії на яку діє поле.

На сьогодні невирішеним є питання дегазації нафтової емульсії хвильовим полем з заданими характеристиками на кінцевих ступенях сепарації при тисках близьких до атмосферного. Малодосліджені процеси дії хвильових полів різної інтенсивності на нафтові емульсії при різних температурах та вплив дії хвильового поля на вилучення ЛФН. На родовищах Прикарпаття переважно видобуваються високопарафіністи нафти [7] температура застигання яких залежить від концентрації парафіну. При вмісті парафінів 6-7% мас.час. температура застигання становить більше +10 °С.

Формулювання цілей статті

Основна задача проведених досліджень полягала у визначенні впливу хвильового поля з заданими характеристиками на високозастигаючу нафтову емульсію Старосамбірського родовища. Нафтова емульсія була відібрана в герметичний контейнер безпосередньо з першої ступені сепарації нафти після установки попередньо скиду на нафтозбірному пункті (НЗП) "Старий Самбір-3" НГВУ "Бориславнафтогаз". В подальшому емульсія була переведена з контейнера в установку для дослідження. Нафта Старосамбірського родовища містить близько 10 % мас. часток фракцій C₂-C₆. На сьогодні більше половини ЛФН родовища втрачається в сировинних і товарних резервуарах НЗП.

Висвітлення основного матеріалу дослідження

За типом система збирання та транспортування нафти і газу переважної більшості родовищ Прикарпаття відноситься до двотрубною самопливної системи збору [7]. В таких системах збору газ під власним тиском направляється споживачам на КС або ГПЗ. Рідина накопичується на установках попередньої підготовки (НЗП, ГУ) і в подальшому насосами відкачується на центральний пункт підготовки нафти. Дана система збору характеризується такими особливостями:

- низьким тиском в трубопроводах;
- малими швидкостями руху, в наслідок чого проходить парафінізація трубопроводів, що призводить до зниження їх пропускної здатності;

- багаточисельністю проміжних технологічних об'єктів і як наслідок великою металоємкістю;

- нерациональним використанням енергії пласта через негерметичність резервуарів і труднощами з використанням газів другої ступені сепарації та значними втратами газу і легких фракцій нафти, які досягають 2-3 % від загального видобутку нафти.

На рисунку 1 наведено принципову схему збору продукції свердловин родовищ Прикарпаття, яка також характерна для Старосамбірського родовища. Продукція свердловин по шлейфах від діючих свердловин надходить на групові замірні установки (ГЗУ) для індивідуального заміру. Після ГЗУ продукція свердловин надходить на першу ступінь сепарації нафти. Нафтовий газ, який відсепарувався на першій ступені сепарації надходить на першу ступінь сепарації газу, де додатково очищується від крапельної рідини. А рідина (нафтоводяна емульсія) після першої ступені сепарації нафти надходить в сировинний резервуар, де накопичується.

В подальшому нафтова емульсія транспортується трубопроводами на установку підготовки нафти (УПН) (рис. 2). Після підготовки нафта має відповідати ГОСТу 9965-76, вміст солей в товарній нафті не має перевищувати 900 мг/л, вміст води до 1%.

На УПН зневоднення з одночасним видаленням механічних домішок і розчинених у воді солей здійснюють переважно термохімічним методом, тобто гравітаційним відстоєм з попереднім підігрівом емульсії (для нафт родовищ Прикарпаття це 60-65°C) та з обробкою її хімічними реагентами-деемульгаторами.

Нафта Старосамбірського родовища за технологічною класифікацією відноситься до легких за густиною, за вмістом парафінів до високопарафіністих та високозастигаючих нафт, за вмістом смол і асфальтенів до малосмолистих. Обводненість нафтової емульсії становить 30-40 %. Емульсія родовища є стійкою, температура застигання її становить 15-18 °С. Руйнування емульсії проходить при підвищеній температурі та із застосуванням деемульгатора. Тиск сепарації становить 0,4-0,5 МПа, залишковий газовміст після УПС становив 6-7 м³/м³. В таблиці 1 наведено вміст у нафтові емульсії Старосамбірського родовища легких фракцій до сировинного резервуару, після сировинного резервуару та з товарного резервуару. На рисунку 3 наведено нафтову емульсію Старосамбірського родовища за технологічною ланкою від сепаратора до товарного парку.

Для ліквідації втрат легких фракцій нафти в існуючій системі збору Старосамбірського родовища пропонується після УПС на НЗП встановити установку вилучення ЛФН (рис. 5).

Вилучення ЛФН на даній установці буде здійснюватися за рахунок сумісної дії хвильового поля та температури. Також на вхід установки буде подаватися деемульгатор для покращення зневоднення та знесолення нафти

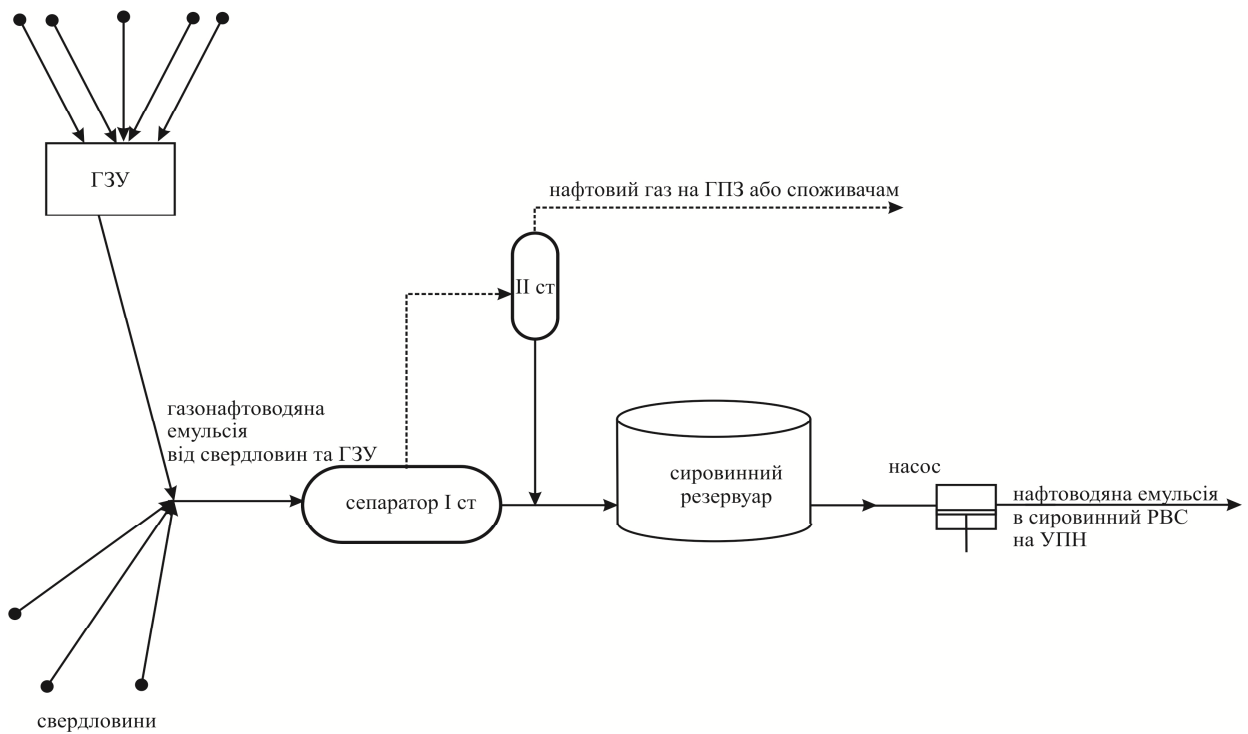


Рисунок 1 – Принципова схема збору продукції свердловин родовищ Прикарпаття

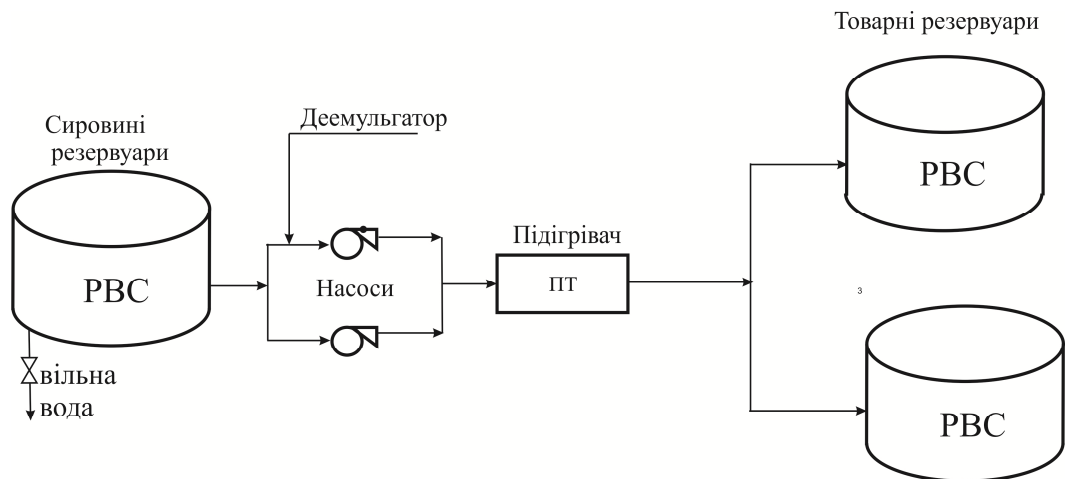
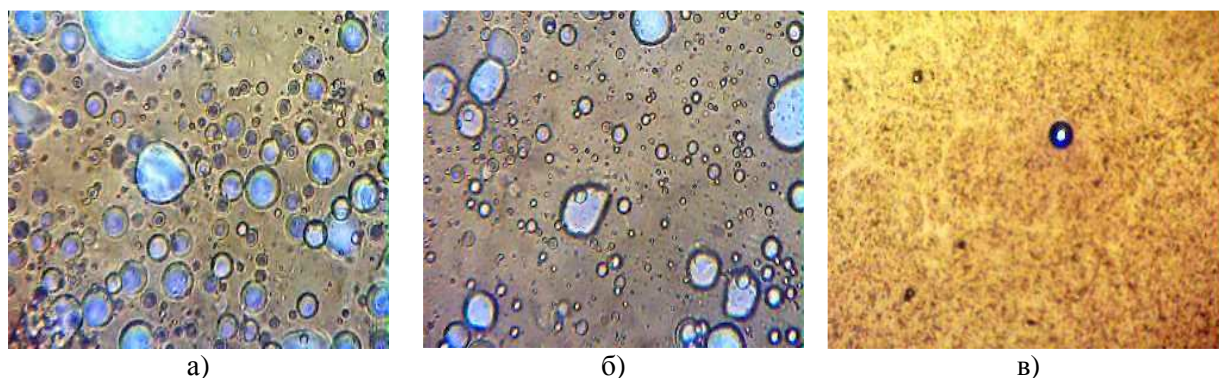


Рисунок 2 – Принципова схема підготовки нафти родовищ Прикарпаття

Таблиця 1 – Вміст легких фракцій C₂-C₆ в нафтовій емульсії Старосамбірського родовища

Назва компонентів		Компонентний склад нафти, масова частка, %			
		з I ст. (на вході в РВС)	На виході з сировинного РВС	Товарна нафта (з товарного РВС на НЗП)	Товарна нафта, отримана в лабораторії
Етан	C ₂ H ₆	0,050	0,041	0,030	0,014
Пропан	C ₃ H ₈	1,031	0,922	0,453	0,304
ізо-Бутан	i-C ₄ H ₁₀	0,913	0,701	0,534	0,228
н-Бутан	n-C ₄ H ₁₀	1,620	1,417	0,932	0,799
ізо-Пентан	i-C ₅ H ₁₂	1,447	1,954	1,053	0,771
н-Пентан	n-C ₅ H ₁₂	2,388	1,995	1,328	0,841
Гексан	C ₆ H ₁₄	5,270	1,777	1,453	1,158
Разом		12,719	7,807	5,783	4,115
Залишок		87,281	92,193	94,217	95,885
Всього		100	100	100	100



а – емульсія відібрана після сепаратора; б – емульсія відібрана з сировинного резервуару (верх); в – емульсія з вмістом води до 1% - товарна нафта

Рисунок 3 – Емульсія Старосамбірського родовища

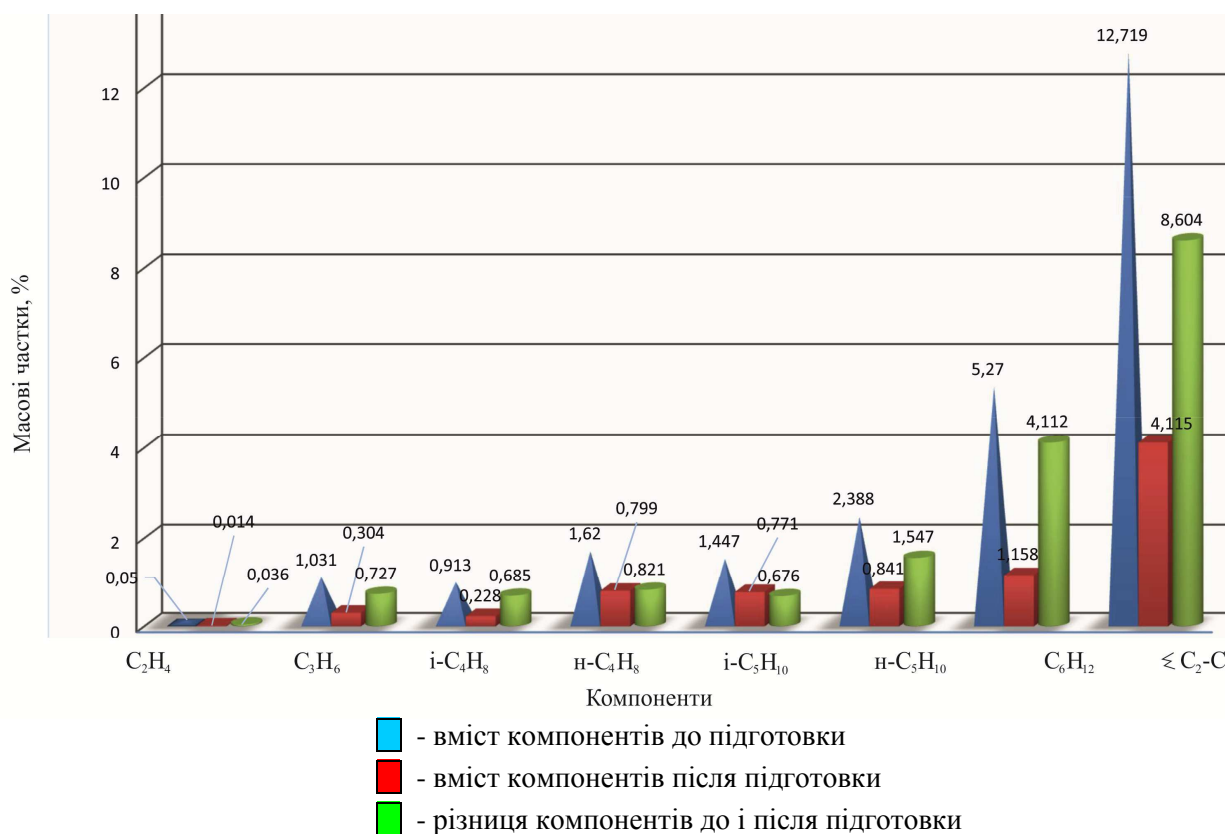


Рисунок 4 – Вміст компонентів ЛФН нафти Старосамбірського родовища до і після підготовки

уже в сировинному РВС. ЛФН після проходження холодильника конденсуються в сепараторі з якого виводяться в підземну ємність. З ємності ЛФН можна подавати в свердловини для інтенсифікації і очистки вибоїв свердловин та боротьби з АСПВ. Отже, проаналізувавши компонентний склад нафти Старосамбірського родовища до і після підготовки, можна стверджувати, що втрати легких фракцій нафти становлять більше 3% мас.часток. При розроблянні технології вилучення ЛФН має розраховуватися фазовий стан вуглеводнів.

В таблиці 1 наведено зміну вмісту ЛФН від сировинного РВС до товарного парку. Необхідно зазначити, що згідно наведеної технологічної схеми на шляху від сировинного до товарного резервуару нафтовий газ з нафтової емульсії не відбирається, отже втрати легких фракцій нафти на цьому шляху є значними. Також в таблиці 1 наведено товарну нафту, яка була отримана з відібраної нафтової емульсії в лабораторних умовах, що були наближені до промислових умов підготовки нафти (температура та час відстою) (рис. 6). На рисунку 7 наведено діаграму розгазування даної емульсії в лабораторних умовах, швидкість нагрівання при цьому становила 1 °C за 1 хвилину. Також при нагріві нафти відбиралася нафтовий газ, компонентний склад якого наведено в таблиці 2.

У вилученому газі Старосамбірського родовища, який виділився при нагріванні нафти до 60 °C міститься:

- пропан-бутанової фракції – 1695 г/м³;
- пентан-гексанової фракції – 355 г/м³.

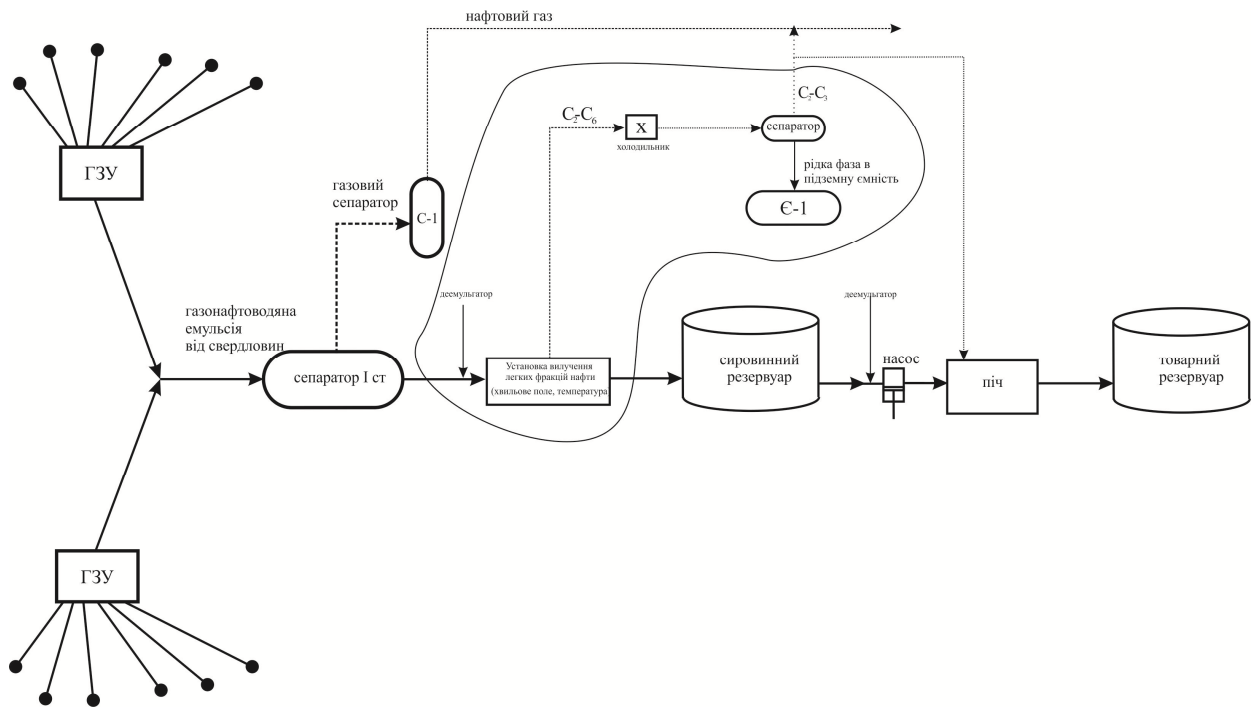
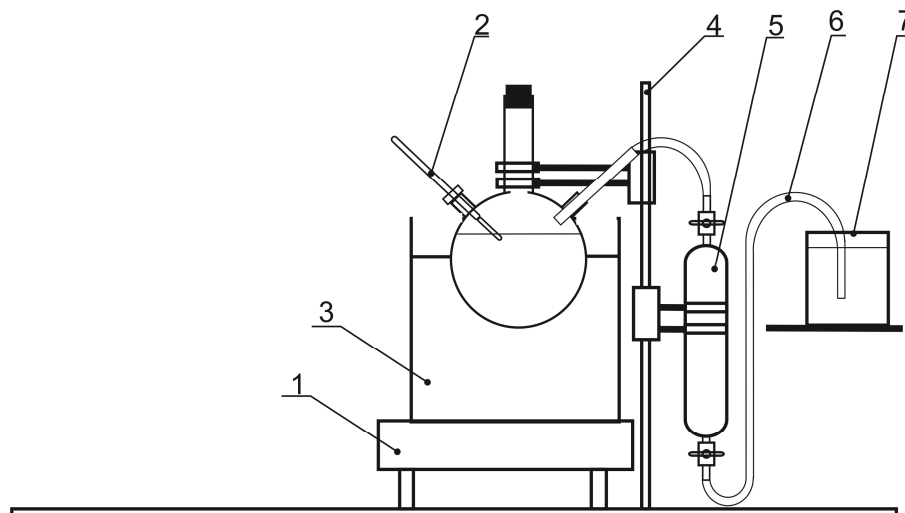


Рисунок 5 – Принципова схема ліквідації втрат ЛФН на Старосамбірському родовищі



1 - нагрівач, 2 - термометр, 3 - водяна баня, 4 - штатив, 5 - газомірна колба, 6 - шланг з солевим розчином, 7 - місткість з солевим розчином

Рисунок 6 – Принципова схема лабораторної установки промислової підготовки нафти

Наступним етапом роботи було дослідження дії хвильового поля на дану нафтову емульсію. Проба нафтової емульсії Старосамбірського родовища була переведена в установку для дослідження впливу дії хвильового поля. Принципову схему лабораторної установки наведено на рисунку 8.

В переважній більшості у технологічних процесах хвильове поле задають акустичними коливаннями ультразвукової частоти – ультразвуком.

До особливостей і відмінностей хвильового поля ультразвукового діапазону можна віднести: коротку довжину хвиль, що дозволяє фокусувати коливання і формувати спрямоване випромінювання, дані коливання можуть по-

ширюватися у будь-яких матеріальних середовищах (у прозорих і непрозорих середовищах, провідниках і діелектриках); потужність ультразвукових коливань, пропорційна квадрату частоти, може досягати сотень кіловат, а інтенсивність – $1 - 1000 \text{ Вт/см}^2$ [4].

Як наведено в [4] ефективність ультразвукових дій на різні технологічні процеси підтверджено численними дослідженнями. Застосування ультразвукових коливань забезпечує багаторазове прискорення процесів, що проходять між неоднорідними середовищами (розчинення, очищення, знежирення, дегазація, фарбування, подрібнення, просочення, емульгування, деемульгування, екстрагування, кристалізація, полімерізація, запобігання утворенню накипу,

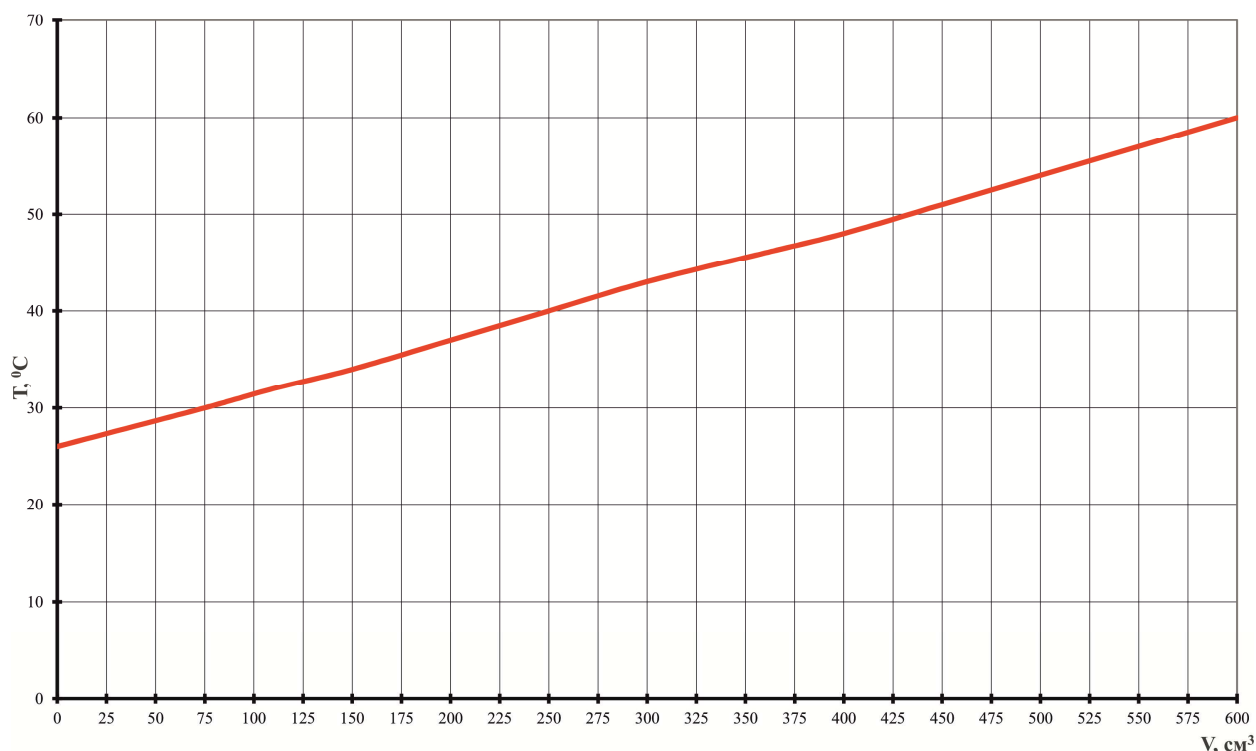


Рисунок 7 – Динаміка виділення газу з нафтової емульсії Старосамбірського родовища залежно від температури нагрівання (об’єм нафти 100 мл)

Таблиця 2 – Фізико-хімічні показники газу, який виділюється з нафти Старосамбірського родовища при її нагріванні до 60 °С

Компонентний склад газу		Об’ємна концентрація, %
Метан	(CH ₄)	1,7622
Етан	(C ₂ H ₆)	8,4163
Пропан	(C ₃ H ₈)	38,1627
ізо-Бутан	(C ₄ H ₁₀)	11,9613
н-Бутан	(C ₄ H ₁₀)	27,4668
ізо-Пентан	(C ₅ H ₁₂)	5,8046
н-Пентан	(C ₅ H ₁₂)	4,4716
нео-Пентан	(C ₅ H ₁₂)	0,0420
Гексан+вищ	(C _{6+В})	0,7638
Діоксид вуглецю	(CO ₂)	0,2200
Кисень	(O ₂)	0,2521
Азот	(N ₂)	0,6766
Густина газу при 20 °С і 101,325 кПа, кг/м ³		2,1718
Відносна густина газу по повітрю		1,8031
Вища теплотворна здатність, Ккал/м ³		107,46
Нижча теплотворна здатність, Ккал/м ³		99,07
Вище число Воббе, Ккал/м ³		80,02
Нижче число Воббе, Ккал/м ³		73,78

гомогенізація, ерозія, хімічні і електрохімічні реакції). Використання ультразвукових коливань дає змогу здійснювати технологічні процеси, що не реалізуються або складно реалізуються традиційними методами.

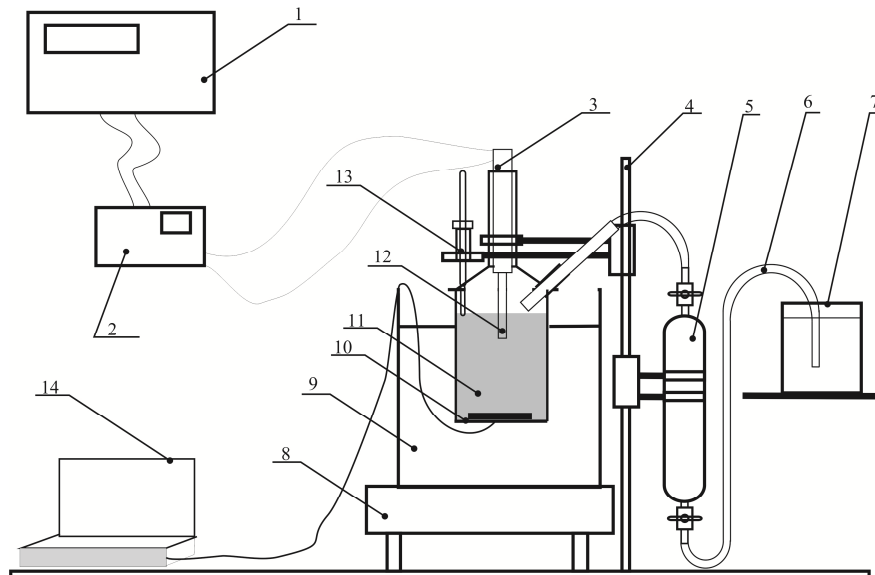
Дія ультразвуку на рідині породжує велику кількість ефектів вторинного порядку, що, у

свою чергу, також забезпечують інтенсифікацію технологічних процесів [4]. Ці обставини призвели до того, що ультразвукова дія має широке поширення при реалізації технологічних процесів, пов’язаних з рідким станом середовища та реагентів. Це найбільш актуально для нафтовидобувної промисловості.

Обладнання даної установки передбачає можливість хвильової обробки нафтових емульсій різного компонентного складу в широкому діапазоні частот. Ультразвукову обробку емульсії проводили з використанням випромінювача магнітострикційного типу.

Принцип роботи установки наступний: вхідний хвильовий сигнал подається з генератора 1 на підсилювач 2. З підсилювача сигнал надходить на випромінювач 3 який через робочу частину 12 передається безпосередньо в рідину, яка знаходиться в колбі 11. Інтенсивність сигналу заміряється безпосередньо в рідині за допомогою гідрофона 10, потім сигнал передається для обробки на комп’ютер 14. Для проведення дослідження деемульсації рідин при різних температурах використовують ємність з водою 9, температура рідини заміряється термометром 13.

На даній лабораторній установці проведено дослідження впливу хвильового поля на нафтову емульсію Старосамбірського родовища. Хвильове поле задавалося ультразвуковими коливаннями з частотою 19 кГц та змінною інтенсивністю. При дії хвильового поля спостерігалася інтенсивна дегазація емульсії. На рисунку 9 наведено діаграму розгазування нафтової емульсії при дії хвильового поля. Оскільки температура застигання емульсії родовища становить близько 18 °С, інтенсивне розгазування



1 - генератор, 2 - підсилювач, 3 - випромінювач, 4 - штатив, 5 - газомірна колба, 6 - шланг з соленим розчином, 7 - місткість з соленим розчином, 8 - нагрівач, 9 - ємність з водою, 10 - гідрофон, 11 - досліджувана емульсія, 12 - випромінювач, 13 - термометр, 14 - комп'ютер

Рисунок 8 – Принципова схема лабораторної установки

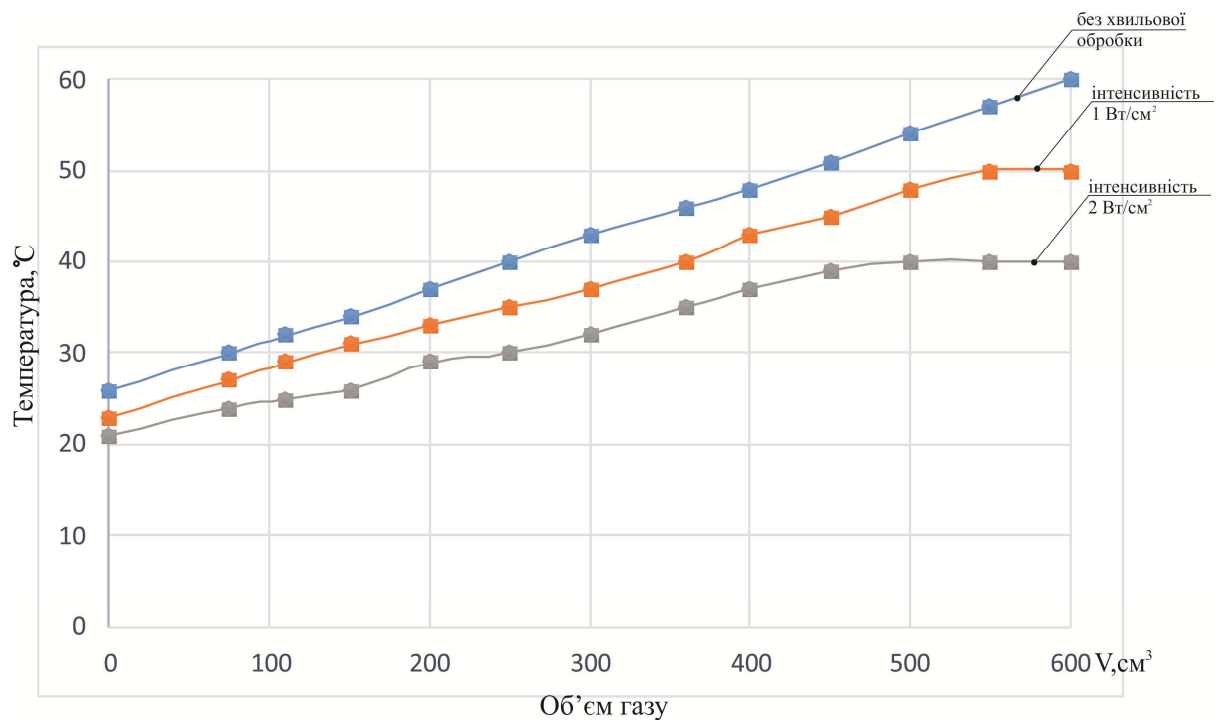


Рисунок 9 – Розгазування нафтової емульсії Старосамбірського родовища при дії хвильового поля

емульсії розпочиналося вже при 25 °С. На рисунку 10 наведено частотний діапазон дії хвильового поля та його інтенсивність, заміряно безпосередньо в нафтовій емульсії (2D спектральний аналіз діючого хвильового поля) за допомогою вище наведеної лабораторної установки. Даний спектральний аналіз вказує на те, що при дії хвильового поля однієї частоти (19 кГц) в рідині фактично виникають коливання в широкому діапазоні частот, які по різному можуть впливати на рідину.

Висновки

Ліквідація втрат нафти на родовищах Прикарпаття є актуальною задачею для нафтової промисловості України. Одним з можливих методів ліквідації втрат ЛФН може бути хвильова дія на нафтовій емульсії полем з заданими характеристиками. Необхідність та доцільність обробки хвильовим полем з заданими характеристиками обумовлюється різною дією хвильового поля навіть при різних інтенсивностях [8].

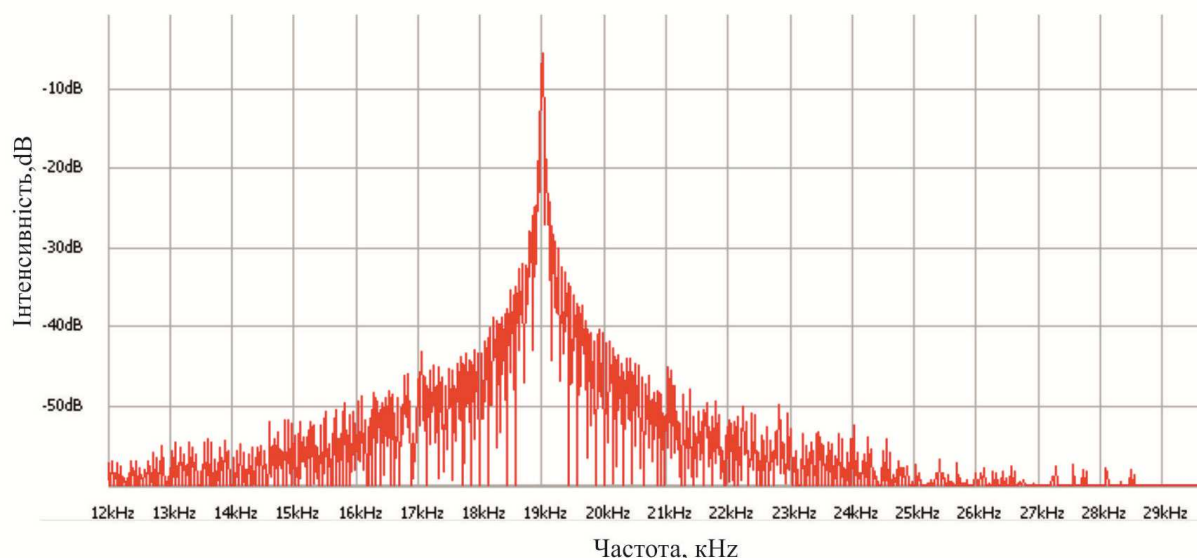


Рисунок 10 – 2D спектральний аналіз діючого хвильового поля (частота 19 кГц)

Дія хвильового поля на нафтові емульсії Прикарпаття з різним вмістом води є перспективним напрямком при деемульсації нафт. Хвильове поле з різними характеристиками по різному діють на хімічні процеси які відбуваються під час підготовки нафт [9]. Хвильове поле дає можливість інтенсифікувати процес: сепарації нафти, зменшити залишковий газовміст, стабілізації нафти, вилучення легких фракцій, а також деемульсацію нафтових емульсій зменшивши витрату деемульгатора.

Проведено дослідження нафтової емульсії Старосамбірського родовища. Встановлені основні причини виникнення технологічних втрат нафти. Запропоновано на НЗП Старосамбірського родовища застосувати технологію зменшення втрат ЛФН з використанням дії хвильового поля, температури, та деемульгатора. На лабораторній установці проведені дослідження дії хвильового поля різної інтенсивності на нафтову емульсію і встановлено залежність вилучення нафтового газу (ЛФН) від інтенсивності хвильового поля. Проведено спектральний аналіз діючого хвильового поля. При дії хвильового поля на нафтову емульсію Старосамбірського родовища вуглеводні від C_2 до C_4 які містилися в ЛФН практично всі вилучалися, зростала глибина стабілізації нафти. Проведені дослідження свідчать про можливість застосування даної технології хвильової дії для зменшення технологічних втрат нафти.

Література

1 Тронов В.П. Сепарация газа и сокращение потерь нефти / В.П. Тронов. – Казань: Фэн, 2002. – 408 с.

2 Персиянцев М.Н. Совершенствование процессов сепарации нефти от газа в промышленных условиях / М.Н. Персиянцев. – М.: Недра-Бизнесцентр, 1999. – 283 с.

3 Быков В.А. Технологические методы предотвращения потерь углеводородов на промысле / В.А. Быков. – М.: Недра, 1988. – 110 с.

4 Хмелев В.Н. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности: курс лекций / В.Н. Хмелев, А.Н. Сливин, Р.В. Барсуков, С.Н. Цыганок, А.В. Шалунов. – Бийск: Изд-во Алт. гос. тех. ун-та. 2010. – 203 с.

5 Кузнецов О.Л. Применение ультразвука в нефтяной промышленности / О.Л. Кузнецов, С.А. Ефимова. – М.: Недра, 1983. – 192 с.

6 Падалка Е.С. Ультразвук в нефтяной промышленности / Е.С. Падалка. – Киев: Гос-ое из-во техн. лит. 1962. – 66 с.

7 Довідник з нафтогазової справи / За ред. В. С. Бойка, Р. М. Кондрата, Р. С. Яремійчука. – Київ-Львів, 1996. – 620 с.

8 Красильников В.А. Введение в физическую акустику / В.А. Красильников, В.В. Крылов. – М.: Наука, 1994. – 403 с.

9 Маргулис М.А. Основы звукохимии (химические реакции в акустических полях) / М.А. Маргулис. – М.: Высшая школа, 1984. – 272 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії
31.07.17

Рекомендована до друку
професором **Кондратом О.Р.**
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
канд. техн. наук **Рудим С.М.**
(НДПІ ПАТ «Укрнафта», м. Івано-Франківськ)