

ИЗСЛЕДВАНЕ ВИСКОЗИТЕТА НА ВОДОНЕФТЕНИ ЕМУЛСИИ ОТ НАХОДИЩА ТЮЛЕНОВО И ДОЛНИ ЛУКОВИТ

Л. Геров, Л. Георгиев, Р. Кулев

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", София 1700; IOGIN@intech.bg; lucho_sdng1@yahoo.com

РЕЗЮМЕ. Изследвани са реологичните свойства на водонефтни емулсии от находища Тюленово и Долни Луковит. Анализирани са изменението на вискозитета при различно съдържание на вода. Резултатите могат да се използват при проектиране съоръженията за деемулсация.

STUDY OF WATER-CRUDE-OIL EMULSION FROM TULENOVO AND DOLNI LUKOVIT FIELDS

L. Gerov, L. Georgiev, R. Kulev

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia 1700; IOGIN@intech.bg; lucho_sdng1@yahoo.com

ABSTRACT. Rheology properties of water-crude-oil emulsion from Tulenovo and Dolni Lukovit fields were studied. The change of rheology properties of the emulsion with different content of water was analyzed. Results are used for design of deemulsion process.

Увод

Тюленовското и Долнолуковитското нефтени находища се намират в така наречения краен стадий на разработка. Този стадий се характеризира обикновено със значителна оводненост на добиваната продукция. Оводнеността на добиваната продукция в съчетание с множество фактори води към образуване на стабилни водонефтни емулсии в помпено-компресорните тръби на сондажите, шлейфите и събирателните пунктове.

Оразмеряването на съоръженията, използвани за транспортиране на водонефтените емулсии и на съоръженията, участващи в технологичните операции за деемулсация на емулсиите се свежда основно към определяне на разхода на енергия. От своя страна основния разход на енергия е свързан с преодоляване на хидравличните съпротивления при движение на емулсиите. Хидравличните изчисления на движението на водонефтените емулсии са свързани с определянето на тяхното реологично поведение. Математическата връзка между градиента на скоростта и напрежението на срязване е реологичния модел на това поведение.

В теорията са известни много реологични модели на флуидите. Най-общо флуидите се делят на две основни групи:

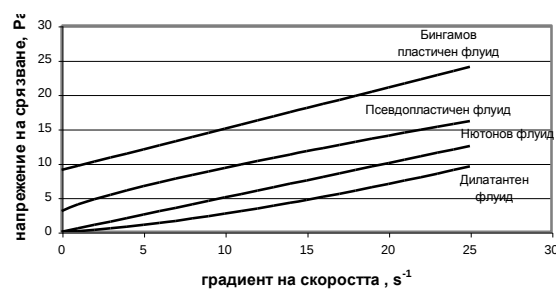
Нютонови флуиди – флуиди при които вискозитетът не зависи от градиента на скоростта.

Ненютонови флуиди – флуиди при които вискозитета зависи от градиента на скоростта т.е. флуиди при които

изменението на напрежението на срязване не е пропорционално на градиента на скоростта.

На фигура 1 са показани типични зависимости на поведението на Нютонови и Ненютонови флуиди.

Типови зависимости на Нютонови и Ненютонови флуид



Фиг. 1

Зависимостта на напрежението на срязване от градиента на скоростта не определя напълно поведението на разглежданите системи. Изследванията на поведението на водонефтни емулсии показва, че ако в течение на времето се наруши равновесието в структурата е възможно да се получат хистерезисни зависимости.

Направеният анализ на литературните данни за поведението на водонефтни емулсии показва следното:

1. Типа на водонефтените емулсии се определя от множество фактори: физико-химични свойства на нефта и пластовата вода; наличие на механични примеси, газ, съотношение на фазите, режим на движение и други (Николов, 1993; Романенко, 1991).

2. В почти всички публикации се подчертава, че не е възможна типизация на свойствата на емулсиите и прилаганите методи за тяхното разрушаване от отделните находища (Андриасов, 1983; Ифутина, 1986).

3. Цитираните корелационни зависимости, от които могат да се определят най-важните реологични параметри се отнасят за конкретни нефтени находища и нямат универсален характер (Сахаров, 1982; Амбразона, 1972).

4. За оптимизиране на деемулсационните технологии е необходимо провеждане на комплексни изследвания във всеки конкретен случай.

5. Като правило водонефтените емулсии, особено в зоната на ниски температури се проявяват като неньютонови флуиди.

Определяне реологичните свойства на водонефтени емулсии от находища Тюленово и Долни луковит

1. Методика на изследване

За определяне на реологичните свойства на проби на водонефтени емулсии от Тюленово и Долни Луковит е използван вискозиметър тип RN. Принципът на измерване на вискозитета с вискозиметъра тип RN се базира на протичането по принципа на Сирл-Кюет. По време на измерването емулсията се намира в пръстеновидното пространство между въртящ се цилиндър и коаксиален към него неподвижен цилиндър. Измерената стойност се отчита директно като измерване на въртящ момент. Вискозиметърът има шест комбинации от въртящи и неподвижни цилиндри, което позволява измерване на вискозитета в границите 10 mPa.s - 250000 mPa.s. Грешките на вискозиметъра са

Таблица 1

Градиент s ⁻¹	Напрежение на срязване, Pa										
	85,6	115,3	115,5	115,4	115,2	115,1	115,4	115,6	115,4	115,2	115,3
№ на замера	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Обработката на данните от таблица 1 показва, че погрешността, с която е определено напрежението на срязване при първите три опита в сравнение с резултатите от 10 опита е 0,05 %. След провеждане на подобни изследвания и в другите тестови точки бе прието, че за получаване на коректни резултати са достатъчни три опита от всяка проба за всяка изследвана температура.

При тестовите изследвания бе установено, че в зоната на най-ниските температури 0°C÷1,5°C постигането на добра повтаряемост на експерименталните резултати е почти невъзможно. Това вероятно е свързано с частично разрушаване на емулсията в процеса на изследване, особено при ниска минерализация на пластовите води.

малки и са $\pm 3\%$ от абсолютната стойност. Динамичния вискозитет се изчислява както следва:

$$\mu = k \cdot \alpha \cdot N \quad (1)$$

където: μ е динамичният вискозитет, mPa.s; k - константа, mPa.s /skt;

N - факторът за честотата на въртене, %

α - факторът за отклонение на скалата, skt

Напрежението на срязване се определя по следната формула:

$$\tau = z \cdot \alpha \quad (2)$$

където: τ е напрежението на срязване, Pa; z - константата на цилиндъра, Pa, α - фактор за отклонение на скалата, skt.

Основната цел на проведения комплекс от изследвания е изучаване влиянието на температурата върху реологичното поведение на водонефтените емулсии в диапазона 0°C - 20°C. Този диапазон на температурно изменение е свързан с извършването на определени технологични операции при събирането, транспорта и предварителната обработка на добиваните водонефтени емулсии. Преди започване на същинските изследвания са направени тестови изследвания на чист нефт от находище Тюленово и контролна проба на водонефтен емулсия в три точки на изследвания интервал (0°C, 10°C и 20°C). Целта на тези експерименти за повтаряемост на получаваните резултати е установяване на необходимия брой от опити при провеждането на същинските изследвания. В табл. 1 са дадени показанията при провеждането на експеримент с Тюленовски нефт при температура 10°C.

2. Експериментални изследвания

2.1. Подготовка на пробите

Експерименталните изследвания са извършени със следните проби от естествено образувани воденефтени емулсии:

находище Тюленово: проби със съдържание на вода 0%, 12% и 49%.

находище Долни Луковит: проби със съдържание на вода 2%, 13% и 54%.

Представителният характер на взетите проби е постигнат последния начин:

С пробоотборник от резервоарите за съхраняване на емулсия са взети проби, всяка от която е с обем от 2000 cm³ водонефтен емулсия. След темперирание на пробите при температура 20°C и отстояване в течение на 5 дни е

отделена свободната вода. От всяка взета проба са отделени 500 см³, с които са направени серия опити по метода на Дина-Старк за определяне на съдържанието на вода. С останалата част от водонефтената емулсия са правени изследвания при различни температури.

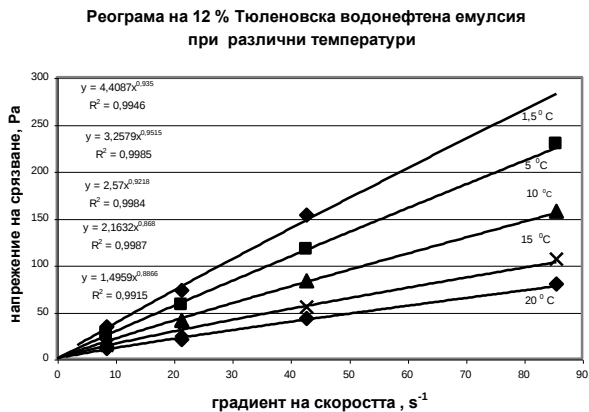
3. Резултати

3.1. Резултати от реологични изследвания на водонефтни емулсии от находище Тюленово.

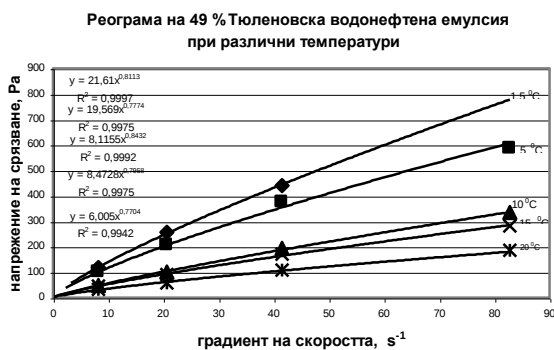
На фигури 2-4 са показани зависимостите между напрежението на срязване и градиента на скоростта за изследваните проби на чист нефт и водонефтни емулсии от находище Тюленово при различна температура.



Фиг. 2

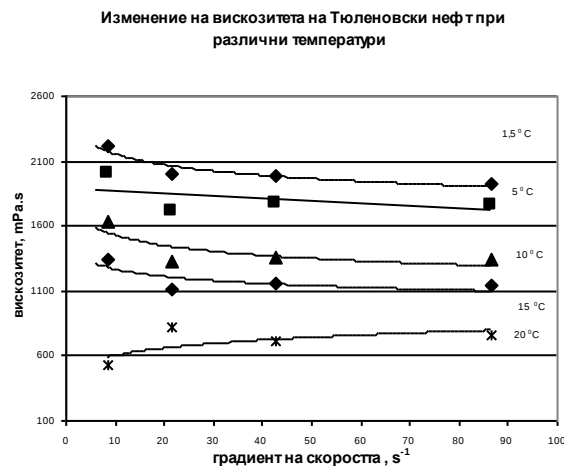


Фиг. 3

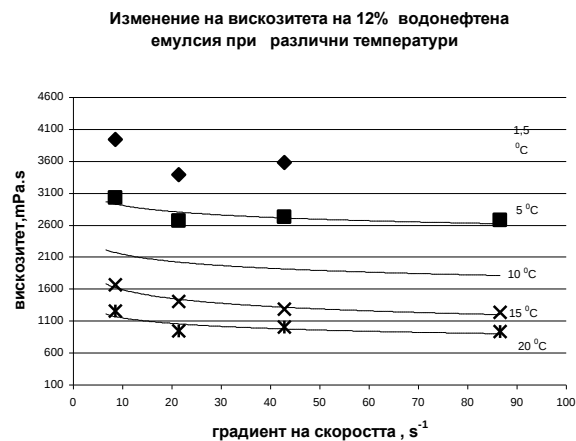


Фиг. 4

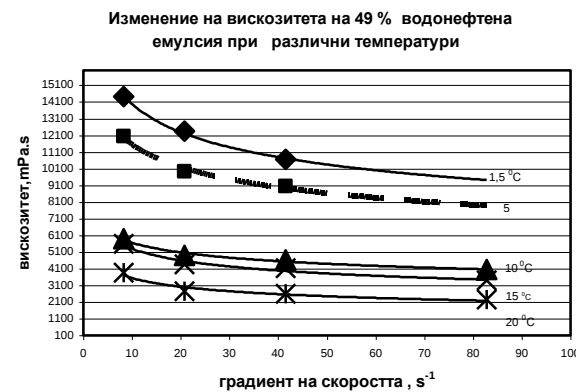
На фигури 5-7 са показани зависимостта между динамичния вискозитет и градиента на скоростта при различни температури на изследваните водонефтни емулсии.



Фиг. 5



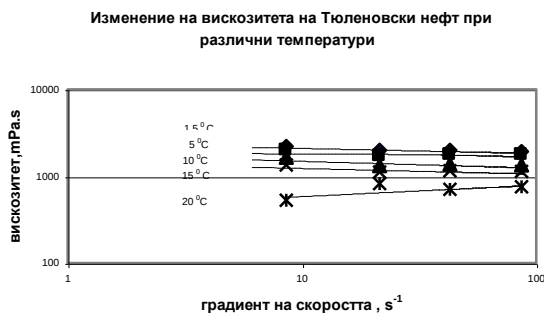
Фиг. 6



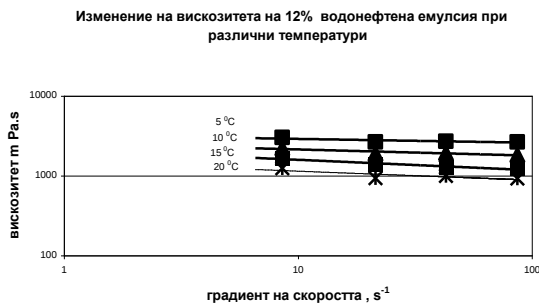
Фиг. 7

На фигури 8-10 е показано изменението на вискозитета на изследваните флуиди от градиента на скоростта в двойно логаритмична координатна система.

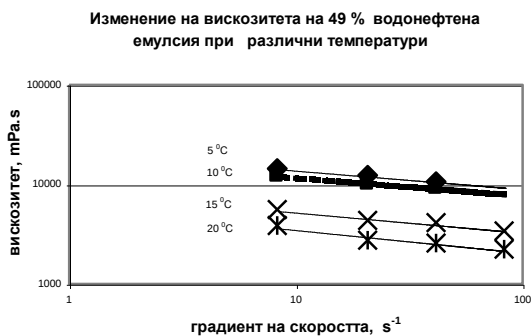
На фигура 11 е показано изменението на вискозитета на изследваните водонефтни емулсии в зависимост от съдържанието на вода.



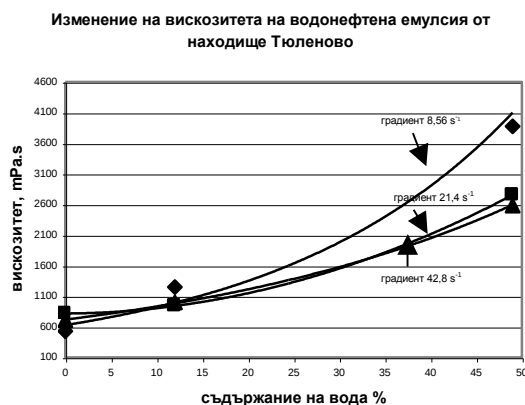
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11

От анализа на получените резултати и изведените корелационни зависимости произтичат следните изводи:

1. Изследваният чист нефт от находище Тюленово при температури в диапазона 0-15 °C е с поведение на псевдопластичен ненютонов флуид. С висока степен на корелация това поведение се описва със закона на Освалд ди Вале.

2. При температура 20 °C чистият тюленовски нефт има поведение на дилатантен флуид с индекс на консистентност 0,4772 Pa.sⁿ и степенен показател 1,13.

3. С увеличаване на градиента на скоростта вискозитетът на изследвания чист тюленовски нефт намалява. В координатна система Log(μ)-Log(dV/dR) изменението на вискозитета от градиента на скоростта е линейно (Фиг. 8), което също потвърждава псевдопластичния характер на поведение.

4. Изследваните водонефтен емулсии са с поведение на псевдопластични ненютонови флуиди в целия изследван температурен диапазон. С нарастването на оводнеността псевдопластичния характер на поведение се засилва. С увеличаване на градиента на скоростта вискозитетът на изследваните емулсии намалява значително. В координатна -система Log(μ)-Log(dV/dR) изменението на вискозитета на водонефтените емулсии от градиента на скоростта е също линейно, с значително по-изявен ъгъл на наклона в сравнение с чистия нефт.

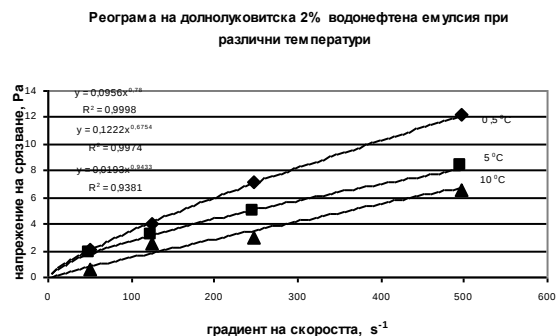
5. При ниски температури (0-5 °C) и ниски градиенти на скоростта (8,28 s⁻¹) изследваната емулсия с водно съдържание 49 % е с максимален вискозитет 12000-14000 mPa.s, превишаващ значително този на чистия нефт.

6. При ниски температури (0-5 °C) и високи градиенти на скоростта (82,8 s⁻¹) изследваната емулсия с водно съдържание 49 % е с променящ се структурен характер, което затруднява измерванията.

7. При един и същ градиент на скоростта се наблюдава значително нарастване на вискозитета на емулсиите с нарастването на съдържанието на вода (Фиг. 11).

3.2. Резултати от реологичните изследвания на водонефтен емулсии от находище Долни Луковит

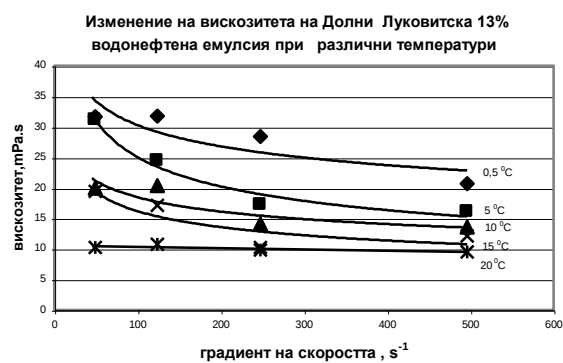
Изследвания на 2% водонефтен емулсия са направени при температури 0,5°C, 5°C и 10 °C. Резултатите от измерванията на напрежението на срязване при тези температури и различни градиенти на скоростта са показани на фигура 12. На фигури 13 и 14 е показано изменението на вискозитета в зависимост от градиента на скоростта при изследваните температури.



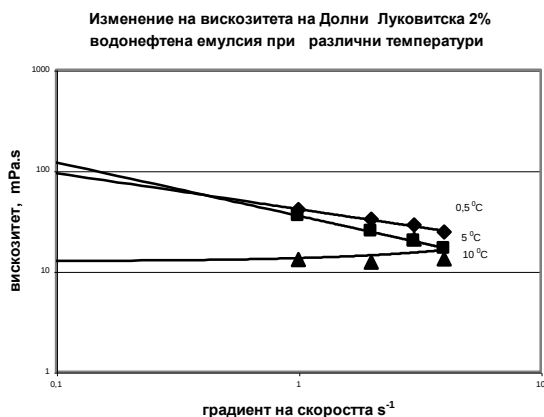
Фиг. 12



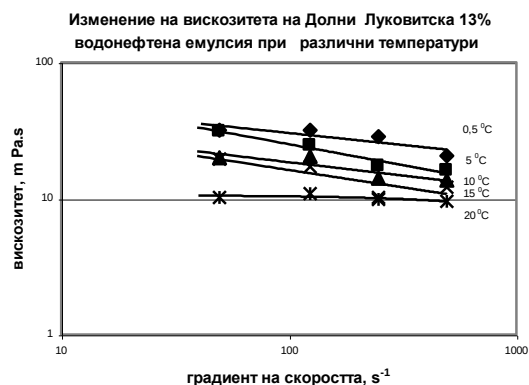
Фиг. 13



Фиг. 16



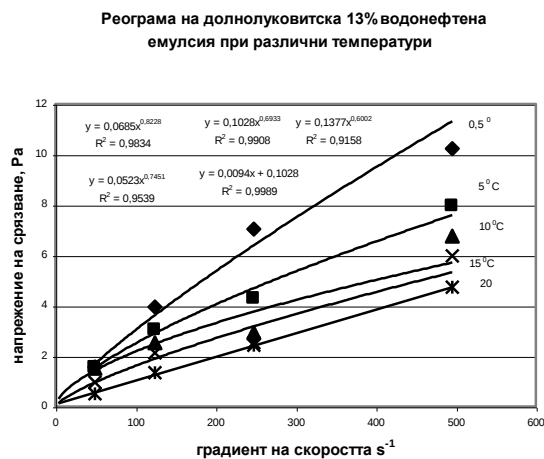
Фиг. 14



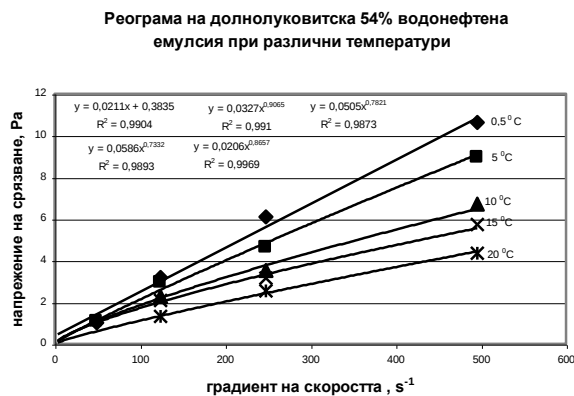
Фиг. 17

Резултатите от измерванията на напрежението на срязване на водонефтенa емулсия с 13% вода при различни температури и градиенти на скоростта са показани на фигура 15. На фигури 16 и 17 е показано изменението на вискозитета при различни температури и градиенти на скоростта.

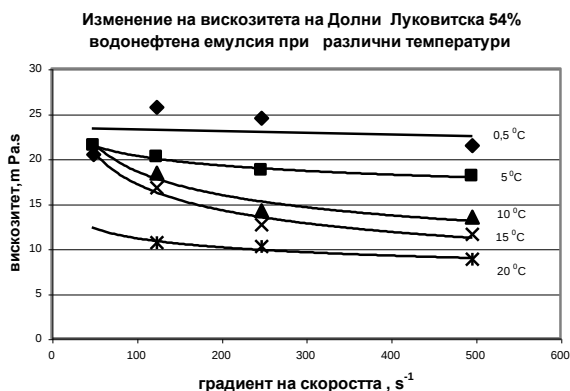
Резултатите от измерванията на напрежението на срязване на водонефтенa емулсия с 54% вода при различни температури и градиенти на скоростта са показани на фигура 18. Изменението на вискозитета при различни температури и градиенти на скоростта е показано на фигури 19 и 20.



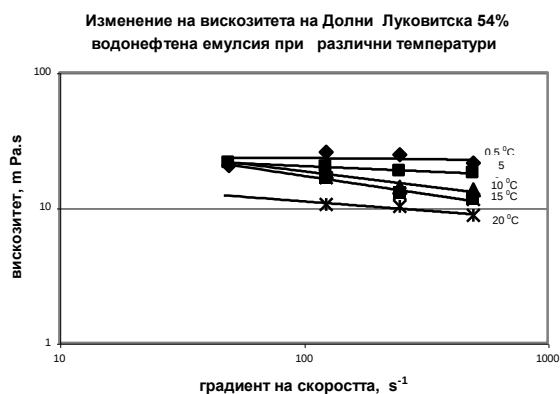
Фиг. 15



Фиг. 18



Фиг. 19



Фиг. 20

От анализа на получените резултати и изведените корелационни зависимости на изследваните водонефтенни емулсии от находище Долни Луковит могат да се направят следните изводи:

1. Изследваните водонефтенни емулсии от находище Д.Луковит се характеризират със сложен характер на реологично поведение в зависимост от съдържанието на вода и температурата.

2. При ниско съдържание на вода 2-13 % и ниски температури водонефтените емулсии са с поведение на псевдопластични флуиди. С увеличаване на температурата до 15–20 °C псевдопластичния характер намалява и поведението на емулсиите се приближава до това на нютонови флуиди. Този характер на поведение се вижда добре от фигури 12-17.

Препоръчана за публикуване от
Катедра "Сондиране и добив на нефт и газ", ГПФ

3. При ниски температури (0-5 °C) изследваната емулсия с водно съдържание 54 % има реологично поведение на Нютонов флуид. С увеличаване на температурата поведението придобива характер на псевдопластичен флуид, следващ модела на Освалд ди Вале.

4. В изследвания диапазон на температури 0-20 °C и съдържание на вода 2-54 % изследваните емулсии са с вискозитет в границите 40–9 mPa.s. Съществува тенденция за намаляване на вискозитета с увеличаване на съдържанието на вода.

Заклучение

В резултат на направените изследвания и получени резултати е изяснено реологичното поведение на водонефтените емулсии от находища Тюленово и Долни Луковит. Получени са корелационни зависимости на изменението на вискозитета при различни температури и съдържание на вода които с достатъчна за практиката точност могат да се използват при проектирането на процесите на деемулсация в находища Тюленово и Долни Луковит.

Литература

- Абрамзона, А. 1972. *Эмульсии*. М., Химия.
- Андрисов, Р. С, И. Мищенко. 1983. *Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений. Добыча нефти*. М., Недра.
- Ифутина С. А., Ю. Вердеревский. 1986. Изучение вязкостных характеристик эмульсий, стабилизированных масло и водорастворимыми неионогенными ПАВ. – *Известия высших учебных заведений. Нефть и газ*.
- Николов, Г. К. 1993. *Транспорт и съхраняване на нефта и газа*. С.
- Романенко, Н. В. 1991. Экспериментальное исследование реологических свойств нефти Жирновского месторождения. – *Информационный сборник нефтяная и газовая промышленность*, 6, 28-30.
- Сахаров, В. А., М. А. Мохов. 1982. Определение вязкости водонефтяных эмульсий. – *Нефтепромышленное дело*, 8, 16-19.