

Техніка і технології

УДК 622.244.442

МАЛОГЛИНИСТА ЕМУЛЬСІЙНА ПРОМИВАЛЬНА РІДИНА ДЛЯ ПЕРВИННОГО РОЗКРИТТЯ ПРОДУКТИВНИХ ПЛАСТІВ

Я.С. Коцкулич¹, Б.А. Тершак², А.М. Андрусак³, Є.Я. Коцкулич³

¹ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. 380956882141,
e-mail: drill@nuing.edu.ua

²ПАТ "Укрнафта"; 04053, м. Київ, Несторівський пров., 3-5,
тел. 380504146419

³Науково-дослідний і проектний інститут ПАТ "Укрнафта";
76019, м. Івано-Франківськ, Північний бульвар ім. О.Пушкіна, 2, тел. 380955310376

Сформульовано вимоги до промивальних рідин, призначених для первинного розкриття продуктивних пластів, обґрунтовано необхідність розроблення екологічно безпечних промивальних рідин для розкриття продуктивних пластів у свердловинах, територіально розташованих в рекреаційних зонах Бориславського нафтопромислового району.

Розроблено системи інгібованих малоглинистих емульсійних промивальних рідин, до складу яких сумісно вводяться неорганічні та органічні інгібітори і вуглеводні рослинного походження вітчизняного виробництва замість нафтопродуктів, що забезпечує екологічність їх застосування.

Дослідженнями властивостей малоглинистої емульсійної промивальної рідини з вмістом рицинової оливи підтверджено її структурно-реологічні, фільтраційні і масильні властивості, практично такі ж, як із вмістом нафти. Крім цього, вони володіють псевдопластичними властивостями, які посилюються при підвищенні температури і належать до екологічно безпечних.

Регулювання фільтраційних властивостей розробленої промивальної рідини здійснюється традиційними хімічними реагентами (КМЦ, КССБ). Для регулювання структурно-реологічних показників промивальної рідини застосовується розроблений авторами екологічно безпечний органоколід "Премікс О".

Встановлено, що промивальна рідина з вмістом екологічно безпечно складових забезпечує високу якість первинного розкриття продуктивних пластів з коефіцієнтом відновлення проникності ядра до 95-100%.

Ключові слова: інгібітори, вуглеводні, рицинова олива, фільтрація, проникність.

Сформулированы требования к промывочным жидкостям для первичного вскрытия продуктивных пластов. Обоснована необходимость разработки экологически безопасных жидкостей для вскрытия продуктивных пластов в скважинах, расположенных в рекреационных зонах Бориславского нефтепромышленного района.

Разработаны системы ингибированных малоглинистых эмульсионных промывочных жидкостей, обработанных совместно неорганическими и органическими ингибиторами, а также химреагентами, состоящими из углеводородов растительного происхождения вместо нефтепродуктов, что обеспечивает экологичность их применения.

Исследованиями свойств малоглинистой эмульсионной промывочной жидкости, содержащей в своем составе касторовое масло, подтверждено, что ее структурно-реологические, фильтрационные и смазывающие свойства не уступают промывочной жидкости с содержанием нефти. Кроме этого, они обладают псевдопластическими свойствами, усиливающимися при повышении температуры и относятся к экологически безопасным.

Регулирование фильтрационных свойств разработанной промывочной жидкости осуществляется традиционными химическими реагентами (КМЦ и КССБ). Для усиления ингибирующих и структурно-реологических свойств промывочной жидкости используется разработанный авторами экологически безопасный химический реагент органоколоид "Премикс О".

Установлено, что промывочная жидкость, содержащая экологически безопасные составляющие, обеспечивает высокое качество вскрытия продуктивных пластов с коэффициентом восстановления проницаемости керна до 95-100%.

Ключевые слова: ингибиторы, углеводороды, касторовое масло, фильтрация, проницаемость.

The requirements for drilling muds designed for primary drilling-in of producing formations were formulated; the necessity to work out the environmentally safe drilling muds for primary drilling-in of producing formations in the wells located in recreation zones of the Boryslav oil field region was grounded.

The systems of inhibited thin clay emulsion drilling muds were worked out and domestic non-organic and organic inhibitors and carbohydrates of vegetable origin were jointly introduced into their composition instead of oil products, which ensures environmental friendliness of their usage.

The study of the properties of thin clay emulsion drilling mud containing castor oil confirmed it's structural-rheological, filtration, and lubricating properties, which are practically the same as the ones of the oil containing muds. Besides, they have pseudo-plastic properties that could be enhanced by temperature increasing and are environmentally friendly.

Regulation of the developed drilling mud filtration properties is conducted with the help of the traditional chemical reagents (CMC, SWL). In order to regulate the drilling mud structural-rheological properties, the environmentally safe organic colloid "Premiks O" developed by the authors is used.

It was found out that drilling mud containing environmentally friendly ingredients provides high qualitative primary drilling-in of producing formations with core permeability reconstitution coefficient up to 95-100%.

Key words: inhibitors, carbohydrates, castor oil, filtration, permeability

Вступ. Характерною особливістю нафтових і газових родовищ України є значна виснаженість основних запасів нафти і газу, що вимагає створення і впровадження нових вітчизняних технологій, технічних засобів та матеріалів, спрямованих на підвищення ефективності бурових робіт.

Основні запаси покладів нафти і газу у Карпатській нафтогазоносній провінції приурочені до родовищ, які літологічно представлені низькопроникними піщаноалевролітовими пісковиками з чергуванням аргілітів і глин. Загально визнаною умовою якісного первинного розкриття продуктивних пластів на родовищах із складними гірничо-геологічними умовами, до яких належать родовища Бориславського нафтопромислового району (БНПР), є застосування таких методів і технологій первинного розкриття продуктивних пластів, які забезпечують збереження колекторських властивостей порід. Родовища БНПР характеризуються низькими пластовими тисками, малою проникністю та великим вмістом материнських глин. Окрім цього, окремі родовища БНПР територіально розташовані в рекреаційних зонах (санаторний комплекс курорту "Східниця", водозабірні зони рік Дністер і Стрий), що висуває додаткові вимоги з екологічної безпеки бурових робіт.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень. На основі аналізу стану первинного розкриття продуктивних пластів на родовищах БНПР та результатів досліджень вітчизняних і зарубіжних вчених розроблено такі вимоги, що спрямовані на підвищення ефективності робіт з розкриття продуктивних пластів [1]:

– забезпечення максимального обмеження гідратації і набрякання глинистих мінералів розбурюваних порід;

– запобігання утворенню водяної та емульсійної блокади, наслідком якої є закупорювання порового простору між зернами породи і тріщин;

– обмеження гідростатичних і гідродинамічних репресій на продуктивні пласти;

– попередження кольматації компонентами твердої фази колоїдної дисперсності (колоїдні глини);

– забезпечення виконання вимог екологічної безпеки під час первинного розкриття продуктивних пластів.

З метою збереження фільтраційних властивостей порід-колекторів під час їх первинного розкриття бурінням при компонуванні складу промивальних рідин враховуються такі чинники: фізико-механічні характеристики гірських порід, фізико-хімічні властивості пластових флюїдів, тривалість контакту рідини з породами-колекторами, величина репресії на пласт, екологічна безпека застосування промивальних рідин [2, 3]. Оскільки проникність порід-колекторів родовищ БНПР знаходиться в межах від $5 \cdot 10^{-3}$ до $20 \cdot 10^{-3}$ мкм² і для більшості з них не характерна тріщинність, то спричинювачем кольматації є фільтрат промивальної рідини.

Авторами [4] розроблені системи подвійноінгібованих малоглинистих емульсійних промивальних рідин (МЕПР), до складу яких входять неорганічні (KCl, CaCl₂) та органічні (ПЕГ-400) інгібітори. Сумісне введення до МЕПР неорганічних та органічних інгібіторів позитивно позначилось не тільки на обмеженні гідратації порід та підвищенні стійкості стовбура свердловини, але й на контролі фільтрації, покращенні реологічних і мастильних властивостей промивальної рідини, фільтраційних властивостей порід-колекторів.

При додатковому введенні в систему промивальної рідини вуглеводневої фази (нафти, природних олів) створюються передумови одержання малоглинистих емульсійних систем з псевдопластичними властивостями, поведінку яких описують рівнянням Оствальда. Такі промивальні рідини з величиною показника ньютонівської поведінки (показника нелінійності $n < 1$) характеризуються мінімальними гідравлічними втратами тиску у свердловині, забезпечують ефективне винесення шламу, запобігають розміщенню порід, забезпечують збереження фільтраційних властивостей колекторів [5].

Таблиця 1 – Характеристики рослинних олив

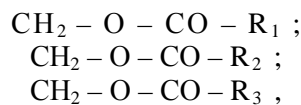
Олива	Густина при 15°C, кг/м ³	Коефіцієнт рефракції при 20°C	Число омилення	Йодне число
Ріпакова	917-918	1,48	171-180	95-103
Рицинова	950 - 974	1,46	176-187	81-90
Соняшникова	920 - 927	1,47	185-194	119-144

Висвітлення невирішених раніше частин загальної проблеми. Під час спорудження свердловин, розташованих в рекреаційних зонах, особлива увага акцентується на підвищенні екологічної безпеки виконання бурових робіт, і у зв'язку з цим законодавчими актами заборонено використання нафтових вуглеводнів в системі промивальних рідин. Керуючись вказаними вимогами нами випробувано можливість використання в складі МЕРП вуглеводнів рослинного походження, таких як рицинова і ріпакова оливи та продуктів виробництва соняшникової оливи.

Рицинова олива належить до сполук біологічно і екологічно безпечних. В складі рицинової оливи переважає вміст складних ефірів жирних кислот (R-O-R), які забезпечують їх ефективність в аеробних і анаеробних умовах, що свідчить про їх сумісність з навколишнім середовищем. Рицинова і ріпакова оливи характеризуються антиоксидантними і антиспінюючими властивостями, вогнестійкістю і пожежобезпечністю.

Оливи рицинові вилучають із рослинної сировини, що на 95-97% складається із тригліцеридів – органічних сполук складних ефірів гліцерину і жирних кислот. До складу олив можуть входити воски, фосфатиди, вільні жирні кислоти, ліпохромі, токоферолі та інші речовини.

Загальна будова олив відповідає такій структурі:



де R – радикали жирних кислот.

Властивості олив рослинного походження визначаються, передусім, складом і вмістом жирних кислот. Зазвичай, це насичені і ненасичені (з одним, двома, трьома подвійними зв'язками) одноосновні жирні кислоти із нерозгалуженими ланцюгами. Залежно від вмісту ненасичених жирних кислот змінюється консистенція і температура застигання олив.

Переваги вуглеводневих сполук рослинного походження порівняно із нафтою полягають у тому, що вони характеризуються більш стабільними значеннями фізико-хімічних характеристик

Як видно з табл. 1 оливи рослинного походження більшою мірою різняться між собою значенням йодного числа, тобто кількістю ненасичених сполук.

Йодне число (як і бромне число) характеризує вміст ненасичених сполук в аналізованій речовині і рівне масі йоду (г), що приєднується до 100 г даної речовини.

Цілі статті. Хімічні властивості рослинних олив пов'язані з реакційною здатністю тригліцеридів, які здатні розкладатися з утворенням гліцерину і жирних кислот, особливо при підвищених температурах і тисках. Тригліцериди омилюються лугами.

За оцінкою американського нафтового інституту (American Petroleum Institute -API) ці сполуки відповідають стандартам вимог для їх випуску і застосування. У світовій практиці відомі розробки технологічних рідин з використанням рицинової і ріпакової олив. Так, компанія "Baroid" (США) у співавторстві з компанією "Henkel KGaA" (Німеччина) практикували використання системи рідин із назвою "Petrofee", подібні системи пропонує компанія "British Petroleum Development" (Великобританія), певні елементи новизни з досвіду застосування рицинової оливи внесено ВАТ "Бурение" (РФ) [6].

Щодо розроблення методик дослідження умов створення і стабілізації емульсій з використанням вуглеводневих сполук як дисперсної фази в емульсіях на водній основі значний внесок належить Кістеру С.Г. [7]. Стабільність гідрофільних емульсій визначають за часом існування глобул вуглеводневої фази та їх відділення у стані спокою. Кістером С.Г. встановлено, що кількість нафтових глобул у розмірі 10-100 мкм становить більше 90 %. Зменшення дисперсності глобул вуглеводневої фази забезпечує покращення мастильних і фільтраційних властивостей, зменшення міжфазного натягу, підвищення стабільності емульсій. При цьому суттєва роль належить також реагентам-емульгаторам і глинистій фазі. Емульсійні системи за характером структурування з врахуванням глинистої фази називають суспензійно-емульсійними.

Основний матеріал дослідження. В табл. 2 наведено результати дослідження властивостей МЕРП з концентраціями бентонітового глинопорошку від 2 до 7% та з використанням однакової кількості (5%) різних за природою вуглеводнів (нафта, рицинова олива, продукти виготовлення соняшникової оливи).

З даних табл. 2 видно, що структурно-реологічні, фільтраційні і мастильні властивості МЕРП з різними вуглеводневими фазами за значеннями показників близькі між собою. Із збільшенням вмісту бентоніту в глинистій суспензії, на базі якої отримували МЕРП, підвищуються значення структурно-реологічних параметрів. Оптимальні значення показників забезпечуються при вмісті в МЕРП 5% бентоніту.

Таблиця 2 – Властивості МЕПР з різними видами вуглеводневої фази

№	Досліджувана рідина (МЕПР)		Показники							
	Глиниста фаза, %	Вуглеводнева фаза	Умовна в'язкість, с	Густина, кг/м ³	СНЗ _{1/10} , дПа	Пластична в'язкість, мПа·с	Динамічне напруження зсуву, дПа	Фільтрація за 30 хв, см ³	Товщина фільтраційної кірки, мм	Коефіцієнт тертя кірки
1	2,0	нафта	24	1020	1/1	9	3	9	0,5	0,15
2	3,0	нафта	28	1030	1/36	12	13	9	0,5	0,07
3	4,0	нафта	40	1030	18/54	17	25	5,5	0,5	0,052
4	5,0	нафта	52	1030	28/70	18	49	5	0,5	0,048
5	7,0	нафта	116	1040	137/186	22	71	5,5	1	0,035
6	2,0	рицинова олива	28	1020	3/4	13	10	9	0,5	0,19
7	3,0	рицинова олива	34	1025	10/41	14	38	7,5	0,5	0,123
8	4,0	рицинова олива	44	1030	18/54	16	58	5,5	1	0,052
9	5,0	рицинова олива	46	1030	32/67	19	67	4,5	1	0,035
10	7,0	рицинова олива	156	1040	143/204	22	73	5,5	1	0,035
11	2,0	соняшникова олива	30	1020	1/5	13	6	8,5	0,5	0,136
12	3,0	соняшникова олива	36	1025	17/59	14	11	6	0,5	0,039
13	4,0	соняшникова олива	56	1030	47/104	16	23	5,5	0,5	0,035
14	5,0	соняшникова олива	72	1030	117/178	19	31	5,5	0,5	0,035
15	7,0	соняшникова олива	232	1040	184/234	21	49	4	1	0,035

Малоглинисті емульсійні промивальні рідини (з альтернативними нафті вуглеводневими продуктами) вирізняються високим значенням коефіцієнта коагуляційного структуроутворення (τ/η), в т.ч. з підвищенням температури, що важливо для забезпечення ефективного винесення вибуреної породи.

Дослідження реологічних характеристик МЕПР з різною вуглеводневою фазою від температури (табл. 3) свідчать, що значення пластичної в'язкості промивальних рідин з 5%-им вмістом нафти, рицинової та соняшникової оливи підвищуються із збільшенням вмісту глинистої фази в МЕПР, а з підвищенням температури знижуються, що характерно для всіх типів псевдопластичних рідин. Показовим є те, що для МЕПР спостерігається тенденція до стабільності і/або підвищення значень динамічного напруження зсуву, що свідчить про збереження коагуляційних характеристик структуроутворення ($\tau/\eta > 1$) і проявлення псевдопластичних властивостей МЕПР.

Особливими відмінностями від інших вуглеводнів рослинного походження вирізняється рицинова олива, яка належить до рідких невисихаючих олив. Вона містить 3-9 % олеїнової кислоти, 3-5 % лінолевої кислоти і не менше 80 %

рицинової кислоти, що забезпечує їх підвищену кінематичну в'язкість (при 50°C > 110·10⁻⁶ м²/с) і густину (при 15 °C – в межах 950-974 кг/м³). Рицинова олива як суміш складних ефірів і жирних кислот містить, головним чином, кислоти рициноолеїнову C₁₇H₃₂(OH)COOH і діоксистеаринову C₁₇H₃₃(OH)₂COOH. Температура застигання рицинової оливи від -10 до -18 °C.

Важливою властивістю рицинової оливи є здатність змішуватися у будь-яких співвідношеннях з більшістю органічних розчинників (гексан, бензол, дихлоретан та ін), що пов'язано з її низькою полярністю, вона добре розчиняється у спиртах. Діелектрична проникність рицинової оливи, порівняно з іншими оливами рослинного походження найвища і рівна 4,7 (проти 3,0-3,2 для інших). Рицинова олива характеризується вогнестійкістю і пожегобезпечністю, антиспінюючими і антиоксидантними властивостями, а особливо важливо те, що вона екологічно безпечна.

Особливості фізико-хімічних властивостей рицинової оливи стали предметом досліджень у створенні систем емульсійних промивальних рідин на водній і вуглеводневій основі. МЕПР слід розглядати як пряму емульсію, в якій рицинова олива є вуглеводневою фазою.

Таблиця 3 – Результати дослідження впливу температури на реологічні показники МЕРП

№	Досліджувана рідина (МЕРП)		Показники при температурі, °С							
			20		40		60		80	
	Глиниста фаза, %	Вуглеводнева фаза	Пласт. в'язкість, мПа·с	ДНЗ, дПа	Пласт. в'язкість, мПа·с	ДНЗ, дПа	Пласт. в'язкість, мПа·с	ДНЗ, дПа	Пласт. в'язкість, мПа·с	ДНЗ, дПа
1	2,0	нафта	9	3	8	19	6	23	2	24
2	3,0	нафта	12	13	10	24	8	29	3	32
3	4,0	нафта	17	25	13	28	10	32	7	38
4	5,0	нафта	18	49	16	58	11	67	10	73
5	7,0	нафта	22	71	19	86	13	92	12	96
6	2,0	рицинова олива	13	10	11	12	6	19	2	34
7	3,0	рицинова олива	14	38	12	43	7	48	6	59
8	4,0	рицинова олива	16	58	15	60	9	67	8	74
9	5,0	рицинова олива	19	67	18	75	12	82	9	86
10	7,0	рицинова олива	22	73	21	86	17	92	16	97
11	2,0	соняшникова олива	13	6	11	14	9	18	6	22
12	3,0	соняшникова олива	14	11	12	24	10	34	7	41
13	4,0	соняшникова олива	16	23	13	29	11	33	9	49
14	5,0	соняшникова олива	19	31	16	53	14	64	12	72
15	7,0	соняшникова олива	21	49	18	64	16	73	14	89

Таблиця 4 – Властивості МЕРП з рициновою оливою

№	Вміст рицинової оливи в МЕРП, %	Показники								
		Умовна в'язкість, с	Густина, кг/м ³	СНЗ _{1/10} , дПа	Пластична в'язкість, мПа·с	Динамічне напруження зсуву, дПа	Фільтрація за 30 хв, см ³	Товщина фільтраційної кірки, мм	Коефіцієнт тертя кірки	Коефіцієнт неоднорідності
1	базовий склад МЕРП	64	1040	113/133	15	126	8,0	плівка	0,045	0,6
2	№1+1%	44	1040	72/83	16	50	7,0	1,0	0,035	0,38
3	№1+3%	38	1030	58/71	17	57	5,5	1,0	0,035	0,4
4	№1+5%	46	1030	32/67	19	67	4,5	1,0	0,035	0,41
5	№1+7%	72	1020	60/76	19	72	5,0	1,0	0,032	0,42
6	№1+10%	52	1010	76/82	20	78	5,0	1,0	0,032	0,43

При розробленні рецептури МЕРП з вмістом рицинової оливи як вуглеводневої фази враховували наукові засади праць Клейтона, Абрамзона [8]. Особливу увагу звернено на вибір ПАР-емульгаторів і їх модифікацію. Жиринокс виявився найбільш ефективним як у разі використання в якості вуглеводневої фази нафти, так і у разі використання рицинової оливи. В подальшому удосконалювалися способи введення жириноксу в систему МЕРП та методи

його модифікації з метою підвищення стабільності промивальної рідини.

В табл. 4 наведено результати дослідження технологічних властивостей промивальних рідин залежно від вмісту рицинової оливи, з яких видно, що вони відповідають вимогам до промивальних рідин для первинного розкриття продуктивних пластів на родовищах Прикарпаття, в тому числі і Бориславського НПР, які розташовані в рекреаційних зонах. Стабільність

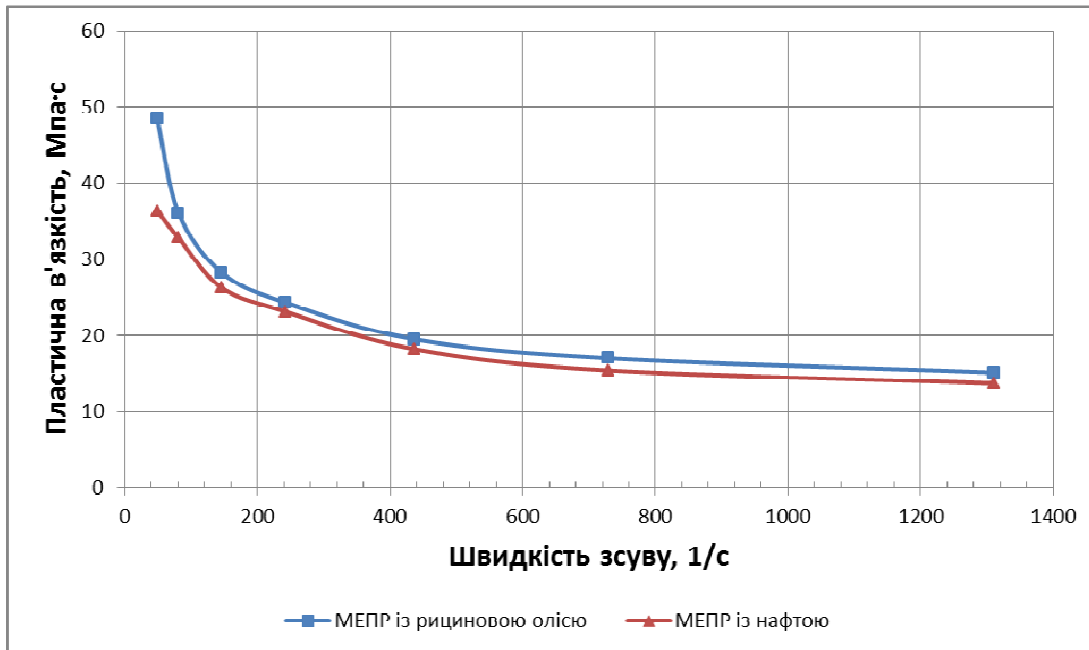


Рисунок 1 – Залежність пластичної в'язкості від швидкості зсуву

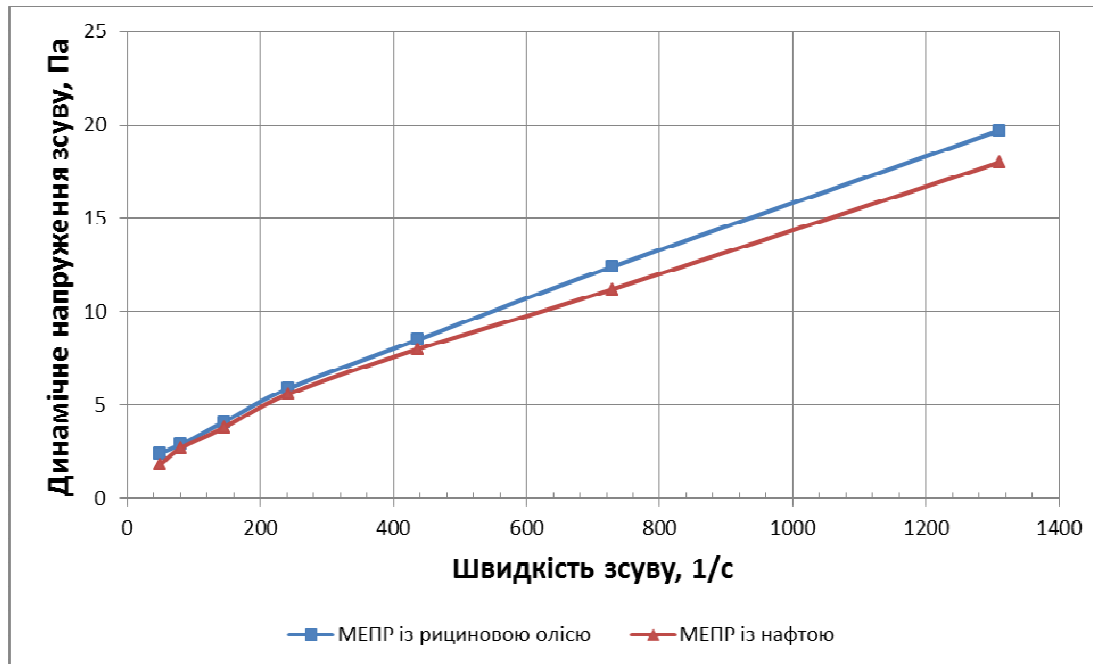


Рисунок 2 – Залежність динамічного напруження від швидкості зсуву

структурно-реологічних параметрів МЕРП зберігається із збільшенням вмісту ріщинової оливи від 1 до 10%. З додаванням до МЕРП ріщинової оливи покращується її тиксотропність, коагуляційна стабільність, показник фільтрації, коефіцієнт тертя фільтраційної кірки та інші характеристики.

Дослідження структурно-реологічних характеристик базової МЕРП з вмістом в якості вуглеводневої фази нафти (5%) і ріщинової оливи (5%) за програмою Reotest 2.1 свідчать, що зі зміною швидкості зсуву рідини характер зміни пластичної в'язкості і динамічного напруження зсуву для обох рідин майже однаковий (рис.1).

З наведеної на рис. 1 залежності пластичної в'язкості від швидкості зсуву можна зробити висновок, що промивальна рідина, як з вмістом нафти так і ріщинової оливи, відноситься до неньютонівської і володіє псевдопластичною в'язкістю. Однак при низькій швидкості зсуву показник пластичної в'язкості МЕРП з вмістом ріщинової оливи на 30% перевищує цей показник промивальної рідини з вмістом нафти.

Підтвердженням псевдопластичності промивальної рідини є характер зміни динамічного напруження зсуву МЕРП залежно від швидкості зсуву (рис. 2). Композиція МЕРП з вмістом нафти має коефіцієнт консистенції 0,13 при ко-

Таблиця 5 – Залежність властивостей МЕПР з рициновою оливою від вмісту КМЦ

№	Досліджу-вана рідина	Умовна в'язкість, с	Густина, кг/м ³	СНЗ _{1/10} , дПа	Пластична в'язкість, мПа·с	Динамічне напруження зсуву, дПа	pH	Коефіцієнт нелінійності	Коефіцієнт консистентності	Коефіцієнт пластичності	Фільтрація за 30 хв, см ³	Товщина фільтраційної кірки, мм	Коефіцієнт тертя кірки
Додавання КМЦ у вигляді 2%-го водного розчину													
1	МЕПР без КМЦ	52	1050	24/70	17	20	9,28	0,76	0,11	106	7	1,0	0,052
2	№1+2,5% КМЦ	48	1050	26/75	16	23	9,16	0,68	0,17	162	5,5	0,5	0,052
3	№1+5% КМЦ	52	1050	24/76	16	25	9,14	0,65	0,15	144	5	0,5	0,048
4	№1+15% КМЦ	60	1050	33/77	22	48	9,14	0,60	0,38	214	4,5	0,5	0,048
5	№1+25% КМЦ	66	1050	34/83	25	53	9,13	0,50	0,42	212	4,5	0,5	0,039
6	№1+35% КМЦ	78	1050	39/88	28	67	9,12	0,48	0,56	233	4,5	0,5	0,039

Таблиця 6 – Залежність властивостей МЕПР з рициновою оливою від вмісту КССБ

№	Досліджу-вана рідина	Умовна в'язкість, с	Густина, кг/м ³	СНЗ _{1/10} , дПа	Пластична в'язкість, мПа·с	Динамічне напруження зсуву, дПа	pH	Коефіцієнт нелінійності	Коефіцієнт кон-систентності	Коефіцієнт пластичності	Фільтрація за 30 хв, см ³	Товщина фільтраційної кірки, мм	Коефіцієнт тертя кірки
1	МЕПР без КССБ	96	1050	65/100	23	63	9,57	0,57	0,59	267	6	1,0	0,0437
2	№1+2,5% КССБ	86	1050	54/91	23	64	9,48	0,57	0,57	258	5	0,5	0,0437
3	№1+5% КССБ	80	1050	44/79	23	53	9,27	0,6	0,46	233	5	0,5	0,0437
4	№1+15% КССБ	60	1050	41/70	20	49	9,17	0,56	0,55	275	4,5	0,5	0,0437
5	№1+25% КССБ	70	1050	36/62	20	42	9,14	0,63	0,34	200	4,5	0,5	0,0437
6	№1+35% КССБ	56	1050	27/51	20	38	9,11	0,63	0,31	200	4,5	0,5	0,0437

ефіцієнті нелінійності 0,68, а з вмістом рицинової оливи 0,17 і 0,65, відповідно.

Регулювання фільтраційних властивостей МЕПР із 5%-им вмістом рицинової оливи здійснювали за допомогою реагентів-стабілізаторів КМЦ і КССБ. З результатів дослідження властивостей МЕПР (табл. 5) видно, що при збільшенні вмісту КМЦ підвищується умовна в'язкість, реологічні показники, коефіцієнти консистентності і пластичності, а показник фільтрації та коефіцієнт нелінійності зменшуються.

Мінімального значення (4,5 см³/30хв.) показник фільтрації досягає при додаванні 15% КМЦ 2%-ої концентрації (0,3% у сухому вигляді) із забезпеченням задовільних структурно-реологічних показників та мастильних властивостей.

Результати дослідження властивостей МЕПР (табл.6) свідчать, що при додаванні КССБ 25%-ої концентрації в кількості від 2 до 12% умовна в'язкість знижується у 1,5 рази, а структурно-реологічні показники змінюються не суттєво. Показник фільтрації зменшився з 6,0 до 4,5 см³/30хв., а коефіцієнт нелінійності, товщина фільтраційної кірки і коефіцієнт тертя кірки практично не змінюються. Аналіз результатів свідчить, що найкращими фільтраційними властивостями володіють МЕПР при додаванні 8-12% КССБ 25%-ої концентрації (2-3% у сухому вигляді) і 0,3% КМЦ.

За результатами дослідження властивостей МЕПР при додаванні органічного інгібітора ПЕГ-400 (табл. 7) виявлено, що збільшення концентрації ПЕГ-400 від 1 до 7% практично не впливає на структурно-реологічні та фільтра-

Таблиця 7 – Залежність властивостей МЕПР з рициновою оливою від вмісту ПЕГ-400

№	Досліджувана рідина	Умовна в'язкість, с	Густина, кг/м ³	СНЗ _{1/10} , дПа	Пластична в'язкість, мПа·с	Динамічне напруження зсуву, дПа	pH	Коефіцієнт нелійності	Коефіцієнт консистентності	Коефіцієнт пластичності	Фільтрація за 30 хв, см ³	Товщина фільтраційної кірки, мм	Коефіцієнт тертя кірки
1	МЕПР без ПЕГ-400	98	1050	74/74	18	95	9,44	0,4	1,7	523	5,5	0,5	0,0524
2	№1+1% ПЕГ-400	84	1050	61/106	20	80	9,51	0,54	0,64	300	5	0,5	0,048
3	№1+2% ПЕГ-400	78	1050	55/105	20	72	9,44	0,55	0,62	289	4,5	0,5	0,0437
4	№1+3% ПЕГ-400	76	1050	51/92	21	66	9,44	0,55	0,64	283	4,5	0,5	0,0437
5	№1+5% ПЕГ-400	74	1050	49/82	22	56	9,37	0,53	0,48	241	4,5	0,5	0,0437
6	№1+7% ПЕГ-400	72	1050	48/76	22	50	9,36	0,61	0,41	220	4,5	0,5	0,0437

ційні властивості промивальної рідини. В той же час додання вже 1% ПЕГ-400 призводить до зміни окремих параметрів МЕПР у порівнянні з параметрами у разі його відсутності. Так, наприклад, умовна в'язкість знижується з 98 до 84 с, динамічне напруження зсуву з 95 до 60 дПа, коефіцієнт консистентності (з 1,7 до 0,64), відношення τ_0/η високе і дорівнює близько 3,0, що характеризує високу виносну здатність вибраної породи рідиною.

Після прокачування МЕПР з вмістом рицинової оливи через керни встановлено, що для низькопроникних колекторів (2,5 та 7,0 мкм²·10⁻³) початкові значення коефіцієнту відновлення проникності становили 47,5 та 57% відповідно, що свідчить про створення бар'єру фільтрації на торці керну, оскільки після зрізу торця керну на 1 мм значення коефіцієнтів відновлення проникності підвищилися майже до 100%. Характерно, що для кернів з більшою проникністю (56,8 і 137,4 мкм²·10⁻³) спостерігалось майже повне відновлення проникності (до 100%) без зрізу торця керна.

Отримані результати виконаних досліджень є підтвердженням високих відновлювальних властивостей розробленої системи малоглинистої емульсійної промивальної рідини з вмістом рицинової оливи.

Дослідженнями обґрунтовано переваги використання рицинової оливи в якості вуглеводневої фази МЕПР, показано, що вона володіє здатністю змішуватися у будь-яких співвідношеннях з більшістю розчинників, має найвищу діелектричну проникність порівняно з іншими оливами рослинного походження, характеризується вогнестійкістю і пожегобезпечністю, антиспінюючими та антиоксидантними властивостями, екологічно безпечна у використанні.

Результатами експериментальних досліджень фізико-хімічних властивостей МЕПР із вмістом рицинової оливи замість нафти підтверджено доцільність її використання при спорудженні свердловин на родовищах Бориславського НПР, територіально розташованих в рекреаційних зонах.

дженні свердловин на родовищах Бориславського НПР, територіально розташованих в рекреаційних зонах.

Висновки

1. Обґрунтовано вимоги до промивальних рідин для первинного розкриття продуктивних пластів у свердловинах, що споруджуються на родовищах, розташованих в рекреаційних зонах.

2. Розроблено рецептуру екологічно безпечної малоглинистої емульсійної промивальної рідини, до компонентного складу якої входять вуглеводи рослинного походження.

3. Проведено дослідження з регулювання фільтраційних, інгібуючих, структурно-реологічних та мастильних властивостей мало глинистої емульсійної промивальної рідини з використанням в якості вуглеводневої фази рицинової оливи та хімічного реагента-органоколоїда "Премікс О".

Наукова новизна матеріалу статті полягає в розробленні екологічно безпечної малоглинистої промивальної рідини, до складу якої входить вуглеводнева фаза рослинного походження – рицинова олія – замість нафти. Результатами досліджень підтверджено екологічність промивальної рідини із вмістом рицинової олії, і вона рекомендована до застосування в рекреаційних зонах.

Практичне значення полягає в розробленні компонентного складу і технології приготування малоглинистої промивальної рідини для спорудження свердловин на родовищах, розташованих в рекреаційних зонах.

Література

1. Коцкулич Є.Я. Особливості первинного розкриття продуктивних пластів на родовищах Бориславського нафтопромислового району / Є.Я.Коцкулич // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология изготовления и применения. Сб. научн. тр., вып.17. – Киев, 2014. – С. 41-46.
2. Коцкулич Я.С. Аналіз ефективності промивальних рідин для первинного розкриття продуктивних пластів / Я.С. Коцкулич, Є.Я. Коцкулич // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2012. – №1(31)– С. 21-28.
3. Мислюк М.А. Система вибору оптимальних рецептур обробки бурових розчинів / М.А.Мислюк, Ю.М.Салижин // Нафтова і газова промисловість. – 2007. – №5. – С. 25-28.
4. Андрусак А.М. Застосування подвійно-інгібованих бурових промивальних рідин для розкриття продуктивних пластів / А.М.Андрусак, Б.А.Тершак, Є.Я.Коцкулич // Наукові праці ДонНТУ. Серія "Гірничо-геологічна". – 2012. – Вип. 16 (206). – С. 61-64.
5. Кошелев В.Н. Основные тенденции развития полигликолевой технологии совершенствования буровых растворов / В.Н.Кошелев, А.П.Вахрушев, Е.В.Беленко, А.И.Пеньков // Бурение скважин. – 2001. – №12. – С. 29-32.
6. Филиппов Е.Ф. Управление реологическими свойствами буровых растворов / Е.Ф. Филиппов, Ю.А. Нифонтов, Н.И. Николаев, З.З.Шарафутдинов // Сб. научн. тр.: ОАО НПО Бурение. – Вып.12. – Краснодар, 2004. – С. 83-95.
7. Кистер Е.Г. О набухании глин / Е.Г.Кистер // Нефтяное хозяйство. – 1947. – №12. – С. 23-28.
8. Абрамзон А.А. Поврехностно-активные вещества, свойства и применение / А.А.Абрамзон. – Л.: Химия, 1981. – С. 230-265.

Стаття надійшла до редакційної колегії

01.02.16

Рекомендована до друку

професором Кондратом Р.М.

(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)

професором Давиденком О.М.

*(Національний гірничий університет,
м. Дніпропетровськ)*