

## МОДИФІКОВАНА ПАЛИВНО-БІТУМНА ВАННА

І.І. Чудик, М.І. Оринчак, О.С. Бейзик

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727137;  
e-mail: drill@nung.edu.ua

Основним ускладненням, яке зустрічається у процесі буріння нафтових і газових свердловин на родовищах України, є обвалювання та осипання стінок свердловини. Для ліквідації цих ускладнень на сьогоднішній день застосовують силікатну, силікатно-калієву, гідрофобно-адгезійну, гідрофобно-бітумну, модифіковану гідрофобно-бітумну та паливно-бітумну ванни. За результатами проведених лабораторних досліджень для підвищення стійкості стінок свердловини рекомендується модифікована паливно-бітумна ванна (МПБВ), застосування якої порівняно із вказаними вище забезпечує досягнення найбільшого ефекту. Основними компонентами, що входять до складу ванни, є пічне побутове паливо (89,0-93,5%), окислений бітум (5-9%) та сульфонол (1,5-2,0). Термін дії ванни, встановленої у свердловині навпроти горизонтів зі складними гірничо-геологічними умовами, становить 7-8 годин. Приріст міцності високопроникних взірців породи сягає 410%, а низькопроникних – 125-130%. Після встановлення ванни взірці гірських порід зберігають стійкість та високі міцнісні властивості у фільтраті соленасиченого розчину протягом тривалого часу, який коливається: від 50-58 діб – для високопроникних порід і до 68-76 діб – для низькопроникних порід. Результати, отримані експериментальним шляхом, знижують час на ліквідацію ускладнень у свердловині, що сприяє збереженню темпів проходки свердловини.

Ключові слова: пічне побутове паливо (ППП), окислений бітум, обвалювання та осипання стінок свердловини, рідинна ванна, модифікована паливно-бітумна ванна.

Наиболее распространенным осложнением, встречающимся при бурении нефтяных и газовых скважин на месторождениях Украины, являются осыпи и обвалы стенок скважины. Для ликвидации этих осложнений сегодня применяют силикатную, силикатно-калиевую, гидрофобно-адгезионную, гидрофобно-битумную, модифицированную гидрофобно-битумную и топливно-битумную ванны. По результатам проведенных лабораторных исследований с целью повышения устойчивости стенок скважины рекомендуется использование модифицированной топливно-битумной ванны (МПБВ), применение которой по сравнению с вышеперечисленными обеспечивает больший эффект. Главными компонентами, входящими в состав ванны, являются печное бытовое топливо (89,0-93,5%), окисленный битум (5-9%) и сульфонол (1,5-2,0). Срок действия ванны, установленной в скважине напротив пластов со сложными горно-геологическими условиями, составляет около 7-8 часов. Приращение прочности высокопроницаемых образцов горных пород достигает 410%, а низкопроницаемых – 125-130%. После установления ванны образцы горных пород сохраняют устойчивость и высокие прочностные свойства в фильтрате соленасыщенного раствора на протяжении длительного периода времени, который колеблется в пределах от 50-58 суток для высокопроницаемых пород и до 68-76 суток – для низкопроницаемых пород. Полученные экспериментальным путем результаты способствуют снижению времени на ликвидацию осложнений в скважине, что способствует сохранению темпов проходки скважины.

Ключевые слова: печное бытовое топливо (ПБТ), окисленный битум, обвалы и осыпи стенок скважины, жидкостная ванна, модифицированная топливно-битумная ванна.

The main problem occurred during oil and gas wells drilling in the fields of Ukraine is caving in and sloughing of borehole walls. To eliminate this problem the following bathes are currently applied: silicate, potassium-silicate, hydrophobic-adhesive, hydrophobic-bituminous, modified hydrophobic-bituminous and fuel-bituminous. According to the results of laboratory research, a modified fuel-bituminous bath (MFBB) is recommended to apply for the improvement of borehole walls' stability, because it gives better results in comparison with other above-mentioned bathes. The main components of the bath are household stove fuel (89,0-93,5%), oxidized bitumen (5-9%) and sulphonol (1,5-2,0%). The bath period, settled into the well opposite horizons with complicated mining-geological conditions, is 7-8 hours. The increase of endurance capability of high permeability rock samples reaches 410% and low permeability rock samples - 125-130%. When such a bath is settled the rock samples will preserve their stability and high endurance properties in the filtrate of salt-saturated drilling fluid for a long period of time, which ranges from 50 to 58 days for high permeability rocks and 68-76 days for low permeability rocks. The obtained experimental results reduce time for the elimination of well problems and in such a way decrease costs of the drilling company material and energy resources.

Key words: household stove fuel, oxidized bitumen, crumbling and collapse of the well's wall, silicate-potassium bath, liquid bath, modified fuel-bituminous bath

У процесі буріння глибоких нафтових і газових свердловин в нашій країні найчастіше трапляються обвалювання і осипання стінок свердловини. Більшість родовищ України мають потужні відклади аргілітів, алевролітів, глинистих сланців тощо, які залягають під кутом до горизонту, ускладнених тектонічними порушеннями.

Практика буріння нафтових і газових свердловин в Україні свідчить про численні випадки осипань та обвалювань стінок свердловини, випинання порід та звуження ствола.

Обвалювання та осипання стінок свердловини відбуваються найчастіше під час розбурювання сланців, глин, особливо, поблизу тектонічних порушень. Цей вид ускладнень трап-

ляється повсюди, окрім буріння в міцних породах.

Найчастіше обвалювання та осипання стінок свердловини відбуваються під час розбурювання пластичних сланцевих глин, що залягають під великими кутами, особливо поблизу тектонічних порушень. Однак, на значних глибинах обвалювання відбуваються в породах, незалежно є тектонічні порушення, чи немає. Багато науковців вважають, що їх причиною є геотехнологічні умови проведення, підкреслюючи, що ці ускладнення найчастіше відбуваються у сланцевих та лускатих глинах, в яких відслідковуються тонкі прошарки піску, слюдисті вклучення з вмістом піриту, марказиту тощо.

За іншою гіпотезою обвалювання та осипання стінок свердловини відбуваються за обставин, пов'язаних зі зниженням густини бурових розчинів, сповільненням темпів буріння та зупинкою буріння. Обвалювання є дуже вагомим видом ускладнень, особливо в інтервалах каверноутворень.

Природа обвалоутворень пов'язана з тим, що через зниження бокового тиску глина пружно розширюється і всмоктує фільтрат із бурового розчину. Фільтрат, проникаючи у тріщини глинистих порід, призводить до збільшення капілярного тиску в них, випучування глини, зменшення слабких сил зчеплення та її розклинювання, що спричиняє обвалювання та осипання стінок свердловини.

Значний вплив на інтенсивність обвалів та осипань стінок свердловини мають набухання і розмокання глинистих порід. При цьому ступінь розпадання глин зумовлений ступенем гідратації глинистих частинок, і швидкості гідратації маси глини, яка дорівнює швидкості дифузії води.

Гідратація та змочування мають вагомий вплив на зміну напруженого стану гірських порід, в яких спостерігається адсорбційне пониження твердості, область поширення якої у глинах дуже велика і з часом практично розповсюджується на весь об'єм вірця. У цьому випадку сили зчеплення між частинками глин екрануються, що призводить до самовільного диспергування без прикладання навантаження до вірця породи, або - до значних деформацій за умови створення навантаження.

Протидіяти руйнуванню стінок свердловини при розбурюванні тектонічно порушених порід дуже складно.

Вітчизняними та зарубіжними науковцями розроблялися різні способи запобігання цих ускладнень і основним способом вважалось застосування бурового розчину з мінімальною фільтрацією або безводного бурового розчину (розчину на вуглеводневій основі). Застосування емульсійних розчинів ситуацію не стабілізувало. Негативні результати від використання гідрофобних емульсій сприяли розробці бурових розчинів на водній основі з мінімальною водовіддачею, що формували тонку щільну фільтраційну кірку з низькими проникними властивостями, що протидіяли проникненню води з

розчину у породу. Однак спосіб запобігання обвалювань та осипань, який стосувався тільки зниження фільтрації, недостатньо дієвий. Тому розвиток наукових досліджень був спрямований ще і на збільшення густини бурових розчинів та застосування реагентів, що зменшували б інтенсивність гідратації глинистих порід.

Однак такі заходи не завжди запобігали обвалюванням та осипанням. Тому і на сьогоднішній день для вирішення цієї проблеми немає однозначних рішень. Застосування способів запобігання обвалювання та осипання стінок свердловини, відомих на даний час у літературі та практиці буріння свердловин (зменшення фільтрації, збільшення густини та регулювання реологічних параметрів бурових розчинів) бажаного відчутного ефекту не дають [1].

На серйозну увагу заслуговує застосування паливно-бітумної ванни [2], яку закачують у свердловину після відробки долота або під час ремонтних робіт і встановлюють навпроти горизонтів, схильних до самовільного руйнування у процесі буріння. Проникаючи у стінки свердловини, паливно-бітумна ванна підвищує сили зчеплення між частинками породи, протидіє проникненню фільтрату бурового розчину у стінку свердловини і зменшує інтенсивність осипання та обвалювання стінок свердловини.

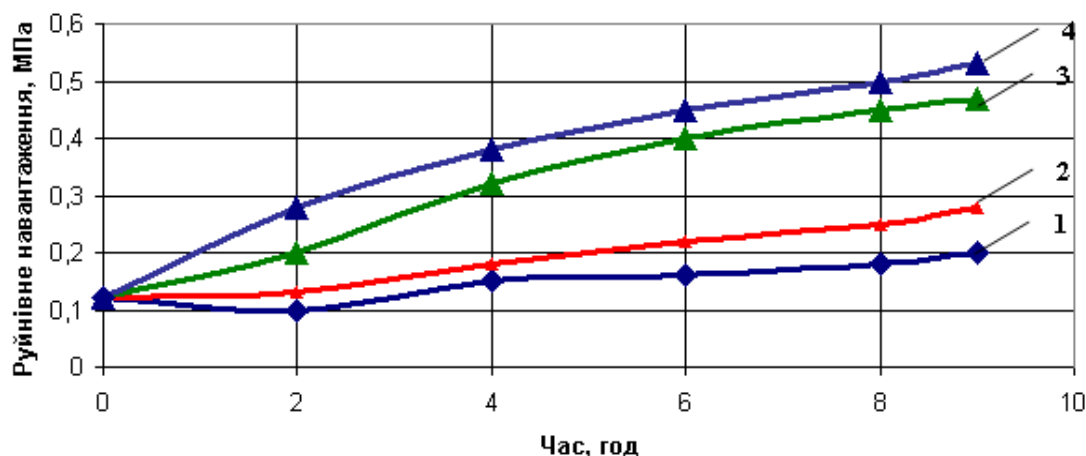
За даними попередніх досліджень [3, 4] паливно-бітумна ванна є ефективним способом підвищення стійкості стінок свердловини і забезпечує збереження міцності гірських порід в окремих випадках протягом 45-50 діб. Проте, не зважаючи на можливість досягнення такої ефективності, промислові підприємства потребують збільшення терміну дії рідинної ванни.

Метою цієї роботи є підвищення стійкості стінок свердловини за рахунок збільшення сил поверхневого натягу між ванною і гірською породою, що забезпечить більш глибоке проникнення паливно-бітумної ванни у стінки свердловини, покращить сили зчеплення між частинками гірської породи і протидіятиме руйнуванню стовбура свердловини.

Із літературних джерел [3, 4] відомо два способи зменшення сил поверхневого натягу між рідинною ванною і стінками свердловини – це застосування поверхнево-активних речовин (ПАР) та домішка до ванни солей. Зважаючи на те, що сіль нерозчинна у пічному побутовому паливі (ППП), то основний акцент було зроблено на застосуванні ПАР. Найпоширенішими ПАР, які розчиняються в гідрофобній рідині, є емультал, укрामін, емульсин та сульфонол. Враховуючи, що сульфонол застосовується найчастіше не тільки у практиці буріння, але і під час освоєння свердловин, тому дослідження проведено з його застосуванням.

Отже, до складу модифікованої паливно-бітумної ванни входять ППП, сульфонол та окислений бітум.

Пічне побутове паливо – гідрофобна рідина від світло-коричневого до чорного кольору з різким запахом, випускається згідно галузевого стандарту України (ДСТУ 320. 001 19943.010-98),



- 1 - 1% високоокисленого бітуму та 99% ППП;
- 2 - 3% високоокисленого бітуму та 97% ППП;
- 3 - 5% високоокисленого бітуму та 95% ППП;
- 4 - 9% високоокисленого бітуму та 91% ППП

**Рисунок 1 – Динаміка руйнування високопроникних взірців породи (85% піску+15% глини) залежно від часу та адгезійних властивостей ванни**

застосовується для комунально-побутових потреб. Особливістю ППП є підвищений вміст смолистих фракцій, оскільки 90 % палива отримують у процесі прямої перегонки дистильованої фракції між дизельним паливом і мазутом за температури від 160 до 360 °С.

Сульфонол – порошок від світло-жовтого до світло-коричневого кольору, розчинний у воді та вуглеводневій рідині. Масова частка алкилбензолсульфонатів натрію становить не менше 80%, масова частка нессульфованих вуглеводнів в перерахунку на активну речовину не перевищує 10%. Показник рН 1% водного розчину становить 7,0-9,0, вологість допускається до 3%, масова частка сульфатів натрію в перерахунку на активну речовину не перевищує 17%, насипна маса 110-170 кг/м<sup>3</sup>. Сульфонол транспортують усіма видами транспорту, окрім повітряного, у закритих транспортних засобах, зберігають у закритих сухих неопалювальних приміщеннях у поліпропіленових мішках масою 8,0±0,1 кг. Гарантійний термін зберігання 6 місяців з дати виготовлення.

Адгезійну функцію у модифікованій паливно-бітумній ванні виконує окислений бітум, температура розм'якшення якого становить біля 140-160°С.

Вплив сульфонолу на підвищення стійкості стінок свердловини оцінювали на глинисто-піщаних взірцях породи чотирьох типів:

- 1) 15% глини та 85% піску;
- 2) 50% глини та 50% піску;
- 3) 85% глини та 15% піску;
- 4) 100% глини.

Зміною концентрації глини регулювали проникність взірців у широких межах. Технологія виготовлення глинисто-піщаних взірців та методика підготовки до лабораторних досліджень аналогічна як і при розробці рецептури та дослідженні паливно-бітумної ванни.

Оптимальну рецептуру модифікованої паливно-бітумної ванни визначали з досліджень,

проведених нами раніше, результати яких наведено на рис. 1, 2, 3, 4.

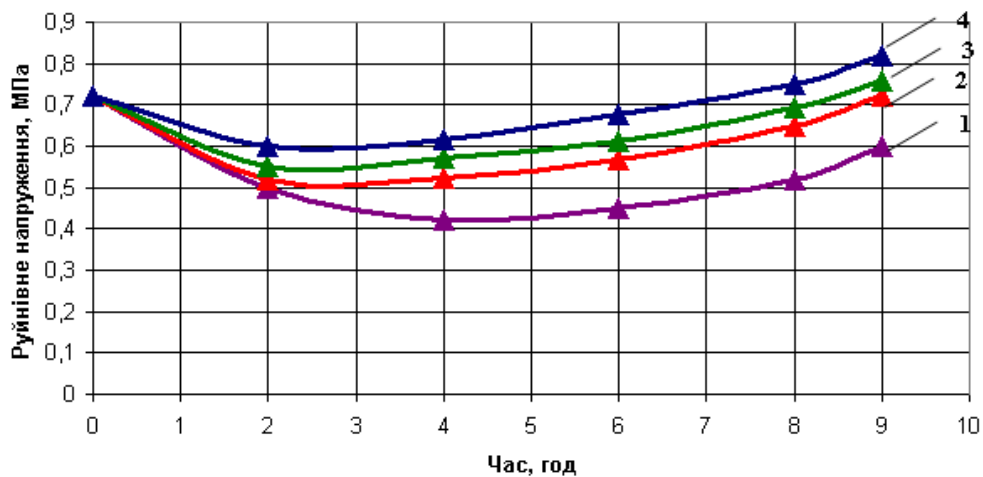
На графічних залежностях вздовж осі ординат відкладено руйнівне навантаження взірців породи, а вздовж осі абсцис – час перебування їх у паливно-бітумній ванні.

На цих рисунках видно, що незалежно від проникності лабораторних взірців породи їх міцність спочатку незначно падає, а потім зростає.

При цьому зменшення міцності у високопроникних і середньопроникних породах інтенсивніше (20÷30%) порівняно з низькопроникними та слабкопроникними породами (5÷18%). Зменшення міцності взірців породи на початку досліду, на нашу думку, пов'язане з тим, що ключові властивості окисленого бітуму на цьому проміжку часу менші, ніж розклинаюче зусилля, яке виникає від дії ППП. При подальшому перебуванні взірців породи в ванні міцність їх збільшується, досягає максимального значення, і через 7÷8 годин стабілізується. Отже, мінімальний час перебування взірців породи в ванні коливається в межах 7÷8 годин, причому менший час характерний для середньо- і високопроникних порід, а більший – для низько- і слабкопроникних порід.

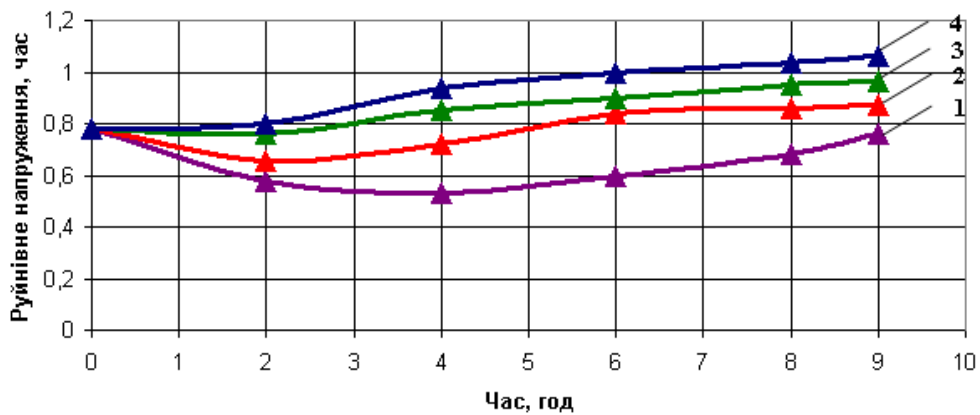
Важливою особливістю наведених залежностей є вплив концентрації окисленого бітуму у ванні на міцність взірців породи. Зі збільшенням концентрації ключової речовини міцність взірців зростає і досягає максимального значення, а відтак стабілізується або спадає.

Максимальна концентрація окисленого бітуму, за якої міцність лабораторних взірців найбільша, коливається в межах 5-9%. За такого значення концентрації ключової речовини, на нашу думку, на поверхні взірців породи утворюється тонка бітумна плівка, яка протидіє подальшому проникненню ванни всередину. Тому, попри зростання концентрації бітуму у ванні міцність взірців породи не збільшується.



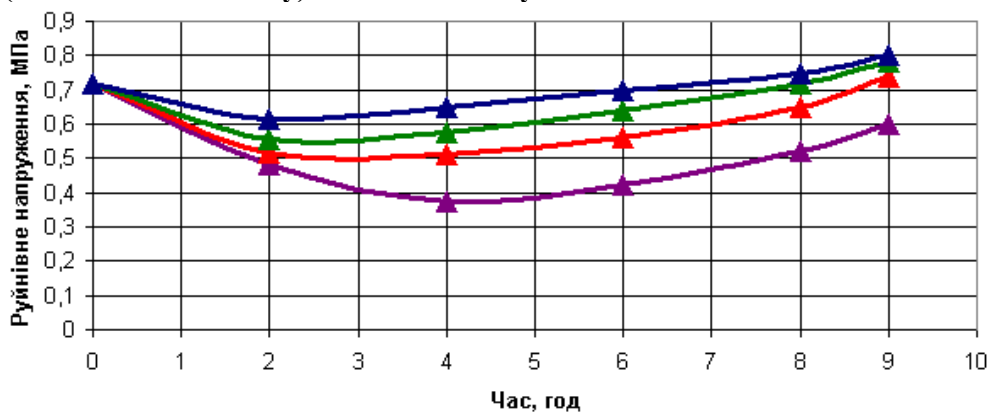
- 1 - 1% високоокисленого бітуму та 99% ППП;
- 2 - 3% високоокисленого бітуму та 97% ППП;
- 3 - 5% високоокисленого бітуму та 95% ППП;
- 4 - 9% високоокисленого бітуму та 91% ППП

Рисунок 2 – Динаміка руйнування середньопроникних взірців породи (50% глини+50%піску) залежно від часу та адгезійних властивостей ванни



- 1 - 1% високоокисленого бітуму та 99% ППП;
- 2 - 3% високоокисленого бітуму та 97% ППП;
- 3 - 5% високоокисленого бітуму та 95% ППП;
- 4 - 9% високоокисленого бітуму та 91% ППП

Рисунок 3 – Динаміка руйнування низькопроникних взірців породи (85%глини+15%піску) залежно від часу та адгезійних властивостей ванни



- 1 - 1% високоокисленого бітуму та 99% ППП;
- 2 - 3% високоокисленого бітуму та 97% ППП;
- 3 - 5% високоокисленого бітуму та 95% ППП;
- 4 - 9% високоокисленого бітуму та 91% ППП

Рисунок 4 – Динаміка руйнування слабкопроникних взірців породи (100% глини) залежно від часу та адгезійних властивостей ванни

Таблиця 1 – Вплив концентрації сульфонолу на стійкість взірців породи

Тип взірця породи	Концентрація сульфонолу, %	Час стійкості взірців, год		
		глинистий розчин	хлоркалієвий розчин	соленасичений розчин
15% глини та 85% піску	0	5	500	900
	0,5	50	630	1015
	1,0	80	670	1095
	1,5	105	725	1130
	2,0	115	800	1150
50% глини та 50% піску	0	15	625	1050
	0,5	65	800	1150
	1,0	100	860	1265
	1,5	135	940	1345
	2,0	160	1000	1400
85% глини та 15% піску	0	20	1150	1350
	0,5	80	1300	1500
	1,0	120	1400	1600
	1,5	150	1430	1650
	2,0	180	1460	1700
100% глини	0	25	1300	1450
	0,5	90	1450	1600
	1,0	130	1525	1700
	1,5	165	1600	1800
	2,0	205	1650	1850

Суттєвий вплив на міцність взірців породи, які розміщені у паливно-бітумній ванні, має їх проникність. Найбільше значення проросту міцності спостерігається у високопроникних взірцях породи і дорівнює 410%, дещо менше – для середньопроникних порід – 150%, найменшого – для низько- та слабкопроникних порід – 125-130%. Паливно-бітумна ванна підвищує міцність всіх типів взірців породи, а тому її можна назвати універсальною.

Отже, паливно-бітумна ванна з концентрацією окисленого бітуму 7%, пічного побутового палива – 93% та терміном витримання ванни у свердловині – 8 годин прийнята нами за оптимальну рецептуру для подальших досліджень.

Для вивчення впливу сульфонолу на термін дії ванни всі взірці спочатку поміщали у модифіковану паливно-бітумну ванну (МПБВ) і витримували протягом 8 годин, а концентрацію сульфонолу в МПБВ змінювали від 0,5% до 2,0%. Відтак взірці породи виймали з ванни і кожну групу з однаковою проникністю ділили на три підгрупи. Першу підгрупу взірців поміщали в прісну воду, яка моделює звичайний глинистий розчин; другу підгрупу – у мінералізований розчин (5%  $KCl+H_2O$ ), яка моделює інгібуючий хлоркалієвий розчин; третю підгрупу – в соленасичену воду (26%  $NaCl+H_2O$ ), яка моделює соленасичений стабілізований розчин. Під час перебування взірців породи у різних типах моделей бурових розчинів їх зважували та одночасно спостерігали за самовільним руйнуванням.

Досліди продовжували до повного руйнування взірців. За результатами експериментів встановлено, що найшвидше руйнуються взірці у прісній воді, повільніше – у мінералізованих фільтратах, що, мабуть, пов'язано із присутністю у фільтраті іонів  $K^+$  та  $Na^+$ , які, проникаючи між шари кристалічної ґратки глин, збільшують сили зв'язку між ними і сповільнюють їх руйнування. Зміна маси взірців породи залежить від їх проникності. Найбільший приріст маси спостерігається у високо- і середньопроникних породах, найменший – у низькопроникних.

Вплив сульфонолу на стійкість взірців породи наведено у табл. 1, 2, 3 та зображено у вигляді графічних залежностей на рис. 5, 6, 7.

Із наведених рисунків бачимо, що зі збільшенням концентрації сульфонолу в паливно-бітумній ванні тривалість стійкості взірців породи повільно зростає, досягає максимального значення, а потім стабілізується. Мінімальне значення концентрації сульфонолу, при якому досягається максимальна тривалість стійкості взірців породи, прийняте нами за оптимальне значення. Ця величина залежить від проникності взірців породи.

Для прикладу розглянемо залежності, наведені на рис. 5, де наведено результати досліджень змодельованих найгірших умов у свердловині, оскільки за фільтрат бурового розчину вибрано воду, яка має низьку в'язкість, через що може проникати у стінки свердловини на значну глибину, спричинюючи інтенсивні обвали та осипання стінок свердловини. Як бачимо

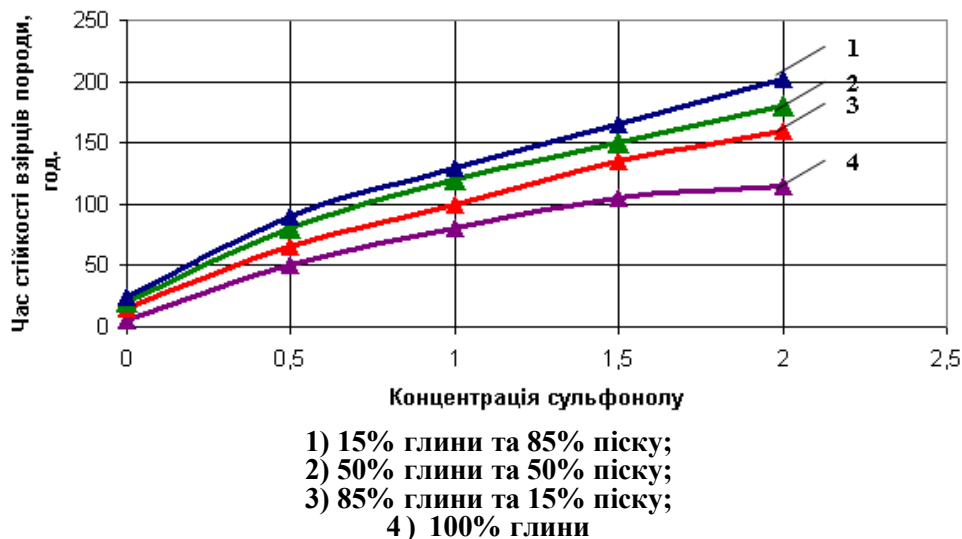


Рисунок 5 – Вплив концентрації сульфону на стійкість взірців породи у фільтраті глинистого розчину

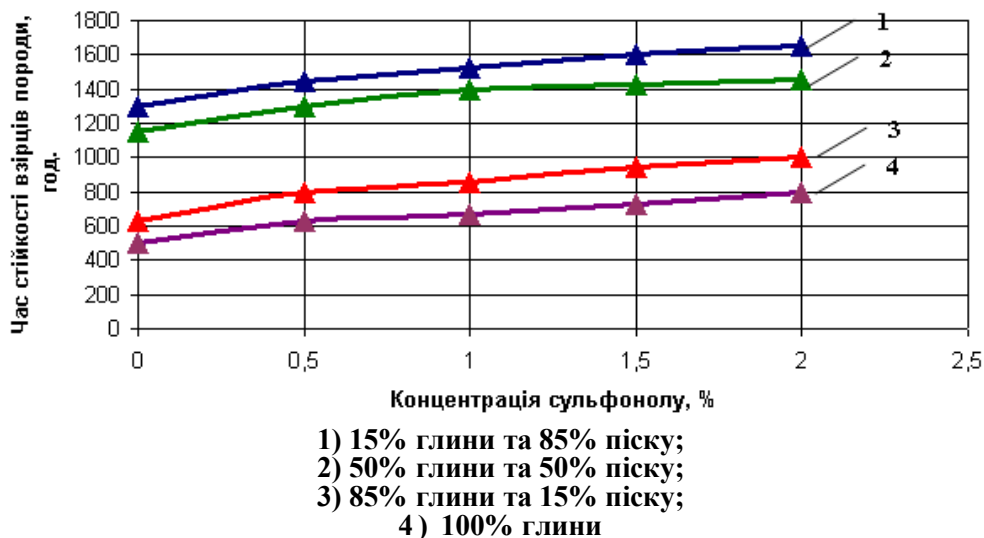


Рисунок 6 – Вплив концентрації сульфону на стійкість взірців породи у фільтраті хлоркалієвого розчину

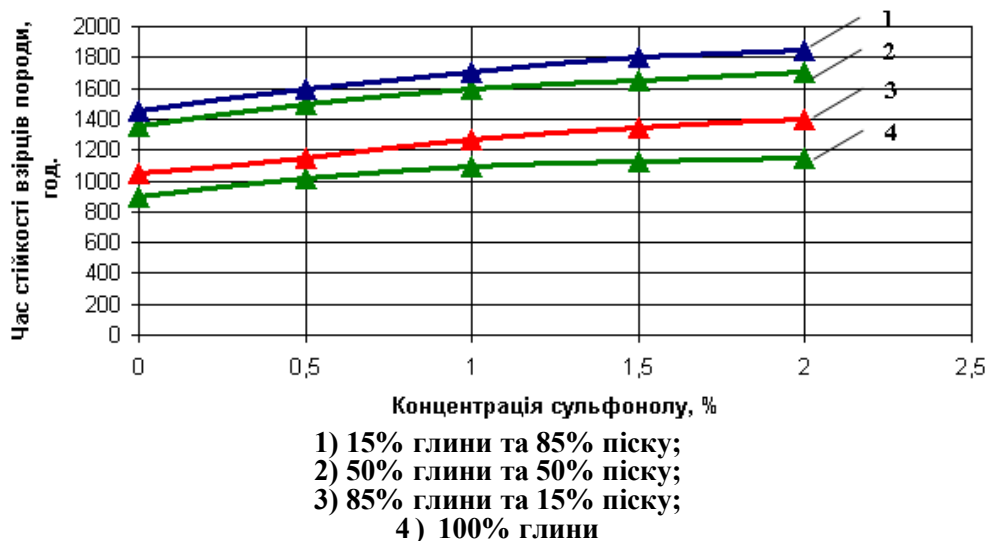


Рисунок 7 – Вплив концентрації сульфону на стійкість взірців породи у фільтраті соленасиченого розчину

з графічних залежностей, наведених на рис. 5, найбільший приріст стійкості взірців породи спостерігається у високопроникних породах (крива 1 – 1 тип взірця, крива 2 – 2 тип взірця, крива), дещо менший – у низькопроникних породах (крива 3 – 3 тип взірця, крива 4 – 4 тип взірця). Приріст стійкості взірців породи під дією сульфонолу незначний і становить від 2,9 до 7,7 %.

Це пояснюється, на нашу думку, значною агресією води, яка частково розчиняє плівки сульфонолу, що утворились на поверхні взірців породи. Оптимальна домішка сульфонолу, при якій досягнуто максимального приросту стійкості взірців породи, коливається межах 1,5-2,0%.

Аналогічні залежності зміни стійкості взірців породи від дії модифікованої паливно-бітумної ванни спостерігались і у фільтратах мінералізованого та соленасиченого розчинів, що підтверджується графіками, наведеними на рис. 6, 7.

Основною відмінністю отриманих залежностей від наведених на рис. 5 є значно більша первинна стійкість взірців породи від тих, які перебували у воді. Збільшення первинної стійкості взірців породи, як було відзначено раніше, пов'язано із впливом іонів  $K^+$  та  $Na^+$  у фільтраті розчину, які проникаючи між шарами кристалічної ґратки глини, збільшують сили взаємодії між ними і протидіють руху води у взірці породи.

Оптимальна домішка сульфонолу, при якій досягається максимальне зростання стійкості взірців породи, становить від 1,5 до 2,0%, як і для взірців у прісному буровому розчині. Приріст стійкості взірців породи у фільтраті хлоркалієвого розчину зростає від 11,0 до 15,4 діб, а у фільтраті соленасиченого розчину – від 10,7 до 15,8 діб. Як свідчать наведені результати, приріст стійкості взірців породи у фільтратах хлоркалієвого і соленасиченого розчинів майже однакова.

Отже, за результати проведених лабораторних досліджень для підвищення стійкості стінок свердловини рекомендується для впровадження на бурових підприємствах нашої країни модифікована паливно-бітумна ванна, компонентний склад якої наводимо нижче:

- пічне побутове паливо – 89,0-93,5%;
- окислений бітум – 5-9%;
- сульфонол – 1,5-2,0%.

Час витримання ванни у свердловині навпроти горизонтів, що схильні до осипань і обвалів, становить 7-8 годин.

Модифікована паливно-бітумна ванна ефективна для боротьби з обвалюваннями та осипаннями стінок свердловини всіх типів порід, а тому її можна назвати універсальною. Міцність всіх взірців породи зростає приблизно у 1,25-2,1 рази. Менший приріст міцності спостерігається у низькопроникних взірцях, а більший – у високопроникних.

Домішка сульфонолу від 1,5 до 2,0% від об'єму модифікованої паливно-бітумної ванни зменшує сили поверхневого натягу між ванною

і взірцями породи, збільшує глибину проникнення ванни у стінки свердловини, протидіє проникненню фільтрату бурового розчину в пори породи, знижує інтенсивність осипань і обвалів стінок свердловини.

### Література

- 1 Ясов В.Г. Осложнения в бурении: справочное пособие / В.Г. Ясов, М.А. Мыслюк. – М.: Недра, 1991. – 334 с.
- 2 Оринчак М.І. Паливно-бітумна ванна / М.І. Оринчак, А.І. Різничук, М.М. Оринчак, О.С. Бейзик // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2011. – №3(44).
- 3 Оринчак М.І. Модифікована гідрофобно-бітумна ванна / М.І. Оринчак, О.С. Бейзик, І.І. Чудик // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2012. – №3 (48).
- 4 Оринчак М.І. Рідинні ванни для запобігання осипання стінок свердловини / М.І. Оринчак, О.С. Бейзик, А.І. Васько / Тези доповідей на міжнародній науково-технічній конференції «Іноваційні технології буріння свердловин, видобування нафти і газу, та підготовки фахівців нафтогазової галузі» 2012 р. (Івано-Франківськ, 3-6 жовтня 2012 р.). – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2012 р. – 320 с.
- 5 Краткая химическая энциклопедия / Под редакцией Кнунянц И.Л. и др. – М.: Москва, 1963. – 1085 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії*  
14.02.13

*Рекомендована до друку*  
професором **Коцкуlichem Я.С.**  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
професором **Кожевніковим В.О.**  
(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ)