

МОДИФІКОВАНА ГІДРОФОБНО-БІТУМНА ВАННА

М.І. Оринчак, О.С. Бейзик, І.І. Чудик

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42153,
e-mail: drill@nung.edu.ua

Найпоширенішим ускладненням, яке зустрічається при бурінні нафтових і газових свердловин, є обвалювання та осипання стінок свердловини, для боротьби з яким останніми роками застосовують силікатну, силікатно-калієву, гідрофобно-адгезійну та гідрофобно-бітумну ванни. Основним недоліком силікатної та силікатно-калієвої ванн є недостатній термін кріплення стінок свердловин через схильність до розчинення затвердлого рідкого скла фільтратом бурового розчину, що поступає у стінки свердловини під дією перепаду тиску під час поглиблення свердловини. Недоліком гідрофобно-бітумної та гідрофобно-адгезійної ванн є значна вартість компонентів, що зменшує ймовірність їх застосування в практиці буріння свердловин. Тому для підвищення стійкості стінок свердловини рекомендується модифікована гідрофобно-бітумна ванна, до складу якої входить 5% окисненого бітуму, 94,52-94,82% дизельного палива та 0,18-0,48% савенолу. Застосування модифікованої гідрофобно-бітумної ванни сприяє збільшенню терміну дії в сотні разів порівняно з силікатно-калієвою ванною.

Ключові слова: дизельне паливо (ДП), окислений бітум, обвалювання та осипання стінок свердловини, силікатно-калієва ванна, рідинна ванна, модифікована гідрофобно-бітумна ванна.

Наиболее распространенным осложнением, встречающимся при бурении нефтяных и газовых скважин, являются обвалы и осыпи стенок скважины, для борьбы с которыми в последние годы применяют силикатную, силикатно-калиевую, гидрофобно-адгезионную и гидрофобно-битумную ванны. Основным недостатком силикатной и силикатно-калиевой ванн является недостаточный срок крепления стенок скважины из-за склонности к растворению затвердевшего жидкого стекла фильтратом бурового раствора, поступающего в стенки скважины при бурении скважин. Недостатком гидрофобно-битумной и гидрофобно-адгезионной ванн является высокая стоимость компонентов, уменьшающих возможность их применения в практике бурения скважин. Поэтому с целью повышения устойчивости стенок скважины рекомендуется модифицированная гидрофобно-битумная ванна, в состав которой входят 5% окисленного битума, 94,52-94,82% дизельного топлива и 0,18-0,48% савенала. Применение модифицированной гидрофобно-битумной ванны способствует увеличению срока действия в сотни раз по сравнению с силикатно-калиевой ванной.

Ключевые слова: дизельное топливо (ДПТ), окисленный битум, обвалы и осыпи стенок скважины, силикатно-калиевая ванна, жидкостная ванна, гидрофобно-битумная ванна.

Caving and slough of the well's wall is the biggest trouble that occurs while drilling the oil and gas wells. Silicate, silicate-potassium, hydrophobic-adhesive and hydrophobic-bituminous bathes are used to solve this problem. The main problem of silicate and silicate-potassium bathes is insufficient time of borehole walls setting, because the tendency of hardened liquid glass to dissolve in mud filtrate. The problem of hydrophobic-adhesive and hydrophobic-bituminous bathes is high cost of the components, that makes their use in practice of drilling wells less possible. Therefore, to enhance stability of well walls the use of modified hydrophobic-bituminous bath, which consists of 5% oxidized bitumen, 94,52-94,82% diesel fuel and 0,18-0,48% savenol, is recommended. The use of modified hydrophobic-bituminous bath helps to increase operational life of this bath up to one hundred times compared to the use of silicate potassium bath.

Key words: diesel fuel (DF), oxidized bitumen, crumbling and collapse of the well's wall, silicate-potassium bath, liquid bath, modified hydrophobic-bituminous bath

У нашій країні найпоширенішим видом ускладнень у процесі буріння нафтових і газових свердловин є обвалювання та осипання стінок свердловини.

Основною причиною обвалювань та осипань стінок свердловини на більшості родовищ Дніпровсько-Донецької западини та Карпатської нафтогазоносною провінції є тектонічні порушення потужних відкладів аргілітів, алевролітів, глинистих сланців тощо, які залягають під значним кутом до горизонту. Тектонічні порушення є ідеальним каналом для проникнення фільтрату бурового розчину в стінки свердловини на значну глибину. Це зменшує ослаблені сили зчеплення в гірській породі і спричиняє обвалювання та осипання стінок свердловини. Зберегти стійкість стінок свердловини при розбурюванні тектонічно порушених порід складно. Застосування способів по-

передження обвалювання стінок свердловини, які відомі в літературі і практиці буріння (зниження фільтрації, збільшення густини та реологічних властивостей бурового розчину тощо) відсутнього ефекту не дають [1].

Заслугує на увагу застосування гідрофобно-бітумної ванни [2], яку закачують у свердловину після відробки долота або під час проведення ремонтних робіт і розміщують навпроти горизонтів, які осипаються або обвалюються. Гідрофобно-бітумна ванна, проникаючи у стінки свердловини, підвищує збільшує сили зчеплення між частинками породи, протидіє проникненню фільтрату бурового розчину у стінки свердловини і зменшує інтенсивність обвалювань та осипань стінок свердловини.

Основним недоліком гідрофобно-бітумної ванни є низька тривалість її дії на гірські породи.

Мета роботи – продовжити термін дії гідрофобно-бітумної ванни.

Поставлена мета досягається зменшенням сил поверхневого натягу між гідрофобно-бітумною ванною і стінками свердловини, що забезпечить глибше проникнення ванни у взірці породи, збільшення сили зчеплення між частинками породи та підвищення стійкості стінок свердловини.

З літературних джерел [3] відомі два способи зменшення сил поверхневого натягу між рідинною ванною та гірською породою – це застосування поверхнево-активних речовин та солі (інгібітора набухання) у складі ванни. Враховуючи, що до складу ванни входить дизельне паливо та окислений бітум, вирішено випробувати савенол, який одночасно володіє і гідрофільними, і гідрофобними властивостями, як поверхнево-активну речовину. Як інгібітор набухання глинистих мінералів вирішено випробувати хлористий калій, що володіє найвищою розчинністю, а іон K^+ має маленький розмір, що сприяє його вільному проникненню між октаедричним та тетраедричними шарами кристалічної ґратки монтморилоніту, зміцнюючи сили зв'язку між ними.

Савенол – це суміш гідратованих неіонізованих поверхнево-активних речовин. За фізико-хімічними властивостями савенол – масляниста рідина від безбарвного до темно-коричневого кольору без специфічного запаху, розчинна у необмеженій кількості у воді і в незначній кількості у нафті. Показник рН 1% водного розчину – 6-8; густина за температури $20^{\circ}C$ – $1020-1070 \text{ кг/м}^3$. Масова частка активної речовини у савенолі за температури $20^{\circ}C$ становить 20%, температура загущення – $5-10^{\circ}C$, температура помутніння 1% водного розчину – $60-70^{\circ}C$, температура кипіння – $100^{\circ}C$. Савенол зазвичай застосовують для зниження міжфазового натягу бурових розчинів під час розкриття продуктивних горизонтів. Гарантійний термін зберігання – 12 місяців з дня виготовлення.

Характерною особливістю модифікованої гідрофобно-бітумної ванни є її протидія проникненню фільтрату бурового розчину на значну глибину у стінки свердловини; ванна заповнює тріщини породи, збільшує сили зчеплення між ними і підвищує стійкість стінок свердловини.

Для подальших лабораторних досліджень за основу прийняли середні значення концентрації компонентів у рецептурі гідрофобно-бітумної ванни (95% дизельного палива та 5% окисленого бітуму).

Під час досліджень у гідрофобно-бітумну ванну вводили савенол у вигляді товарного продукту, а відтак хлористий калій. Концентрацію савенолу змінювали від 0 до 1 відсотка. За критерій ефективності ванни прийняли стійкість гірської породи у фільтрах прісної глинистого, хлоркалієвого та соленасиченого розчинів, так як на сьогоднішній день відсутні методи та способи визначення міжфазового натягу на межі «рідина-гірська порода».

Оцінювання ефективності модифікованої гідрофобно-бітумної ванни у лабораторних

умовах проводили на глинисто-піщаних взірцях породи чотирьох типів:

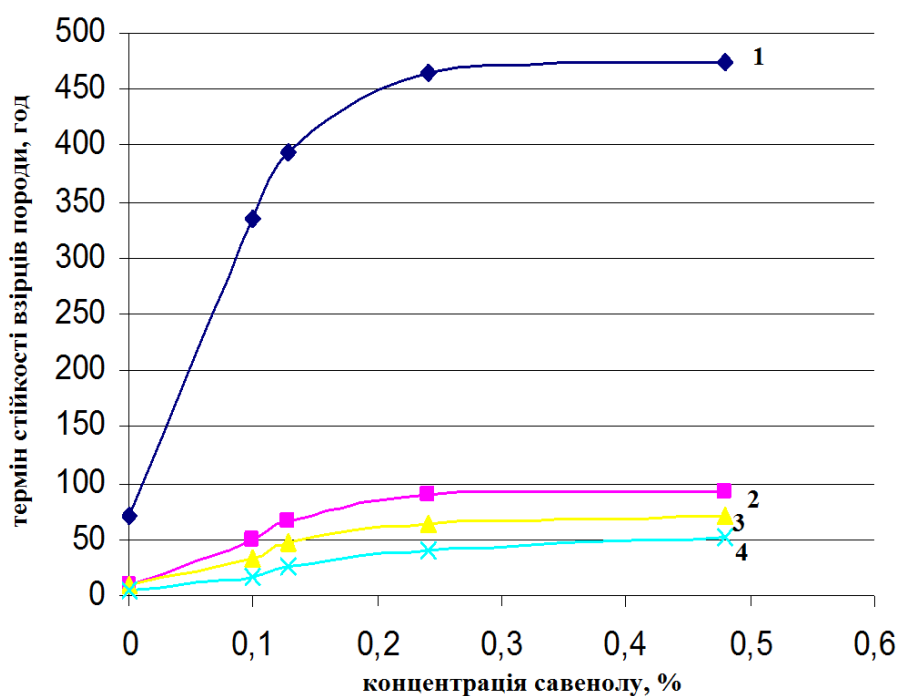
- 1) 15% глини та 85% піску;
- 2) 50% глини та 50% піску;
- 3) 85% глини та 15% піску;
- 4) 100% глини.

Регулюванням вмісту глини дозволило змінювати проникність взірців у широких межах. Для виготовлення глинисто-піщаних взірців використовували спеціальні металеві обойми з внутрішнім діаметром 20 мм та висотою 22 мм. Жовту глину та відмитий кварцовий пісок змочували водою, ретельно перемішували, пресували, а відтак витримували у сушильній шафі за температури $20^{\circ}C$ протягом 48 годин.

Кількість замірів, необхідних для отримання достовірних даних, оцінювали за величиною коефіцієнта варіації (E), середньоарифметичного значення замірів (\bar{X}) та середньоквадратичного відхилення (S), величину яких визначали за відомими формулами [4]. Якщо похибка перевищувала $3S$, то такий замір вважався дефектним і вилучався з обчислень. Результати аналізу різних залежностей свідчать, що при кількості замірів 3-4 в кожному досліді коефіцієнт варіації не перевищує 15%, що і було прийнято за основу.

За результатами раніше проведених нами експериментів [2] було встановлено, що гідрофобно-бітумна ванна, до складу якої входять 5% окисленого бітуму з температурою розм'якшення $130-140^{\circ}C$ та 95% дизельного палива, підвищує міцність взірців породи. Така рецептура гідрофобно-бітумної ванни була прийнята для подальших досліджень.

Усі взірці породи поміщали у гідрофобно-бітумну ванну, до якої ввели савенолу різної концентрації, і витримували в ній протягом 7 годин. Після цього взірці виймали з ванни та ділили порівну на три групи. Першу групу взірців поміщали у прісну воду, яка моделює фільтрат глинистого розчину, другу групу – у мінералізований 5% водний розчин хлориду калію, який моделює фільтрат хлоркалієвого розчину, третю – у соленасичений 26% водний розчин хлористого натрію, який моделює фільтрат соленасиченого стабілізованого розчину. Під час перебування взірців породи у різних типах бурових розчинів їх зважували і одночасно спостерігали за самовільним руйнуванням. Досліди продовжували доти, поки взірці не зруйнувалися. Як свідчать результати експериментів, найшвидше осипалися, а потім і руйнувалися взірці з найвищою проникністю (першого та другого типів). У взірцях породи з низькою проникністю (третього та четвертого типів) під дією фільтрату спочатку утворилися тріщини, а потім вони розпадались на великі шматки. Найнижчий термін збереження стійкості взірців спостерігався у прісній воді, дещо повільніше взірці руйнувалися у мінералізованих фільтрах, що, ймовірно, пов'язано з присутністю іонів калію K^+ та натрію Na^+ , які збільшують сили зв'язку між шарами кристалічної ґратки глини і сповільнюють її руйнування.



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

Рисунок 1 – Залежність зміни терміну стійкості взірців породи у глинистому розчині від концентрації савенолу

Зміна маси взірців породи залежить від їх проникності. Найбільше зростання маси спостерігалось у високо- і середньопроникних породах, а найменше – у низькопроникних.

Вплив савенолу на стійкість взірців породи наведений на рис. 1, 2, 3.

Із наведених рисунків бачимо, що зі збільшенням концентрації савенолу у гідрофобно-бітумній ванні час стійкості взірців породи спочатку різко зростає, досягає максимального значення і стабілізується. Мінімальне значення концентрації савенолу, за якого досягається максимальний термін стійкості взірців породи, прийнято за оптимальне значення. Ця величина змінюється в широких межах і залежить від проникності взірців породи. На рис. 1 наведено графічні залежності зміни стійкості взірців породи під час перебування у прісній воді, яка моделює фільтрат глинистого бурового розчину. Це – найгірші умови, які можуть спостерігатись у свердловині, оскільки вода має низьку в'язкість і може проникати у стінки свердловини на значну глибину, спричинюючи їх інтенсивні обвалювання та осипання.

Як бачимо з рис. 1, найбільший термін стійкості породи спостерігається у високопроникних породах (рис.1 крива 1 (перший тип), крива 2 (другий тип)). Значно нижчий термін стійкості взірців породи спостерігається у низькопроникних породах (рис.1 крива 3 (третій тип), крива 4 (четвертий тип)).

За оптимальної концентрації савенолу 0,18-0,24% термін стійкості високопроникних порід зростає у 6-9 разів.

У низькопроникних породах оптимальна домішка савенолу дещо більша і коливається у

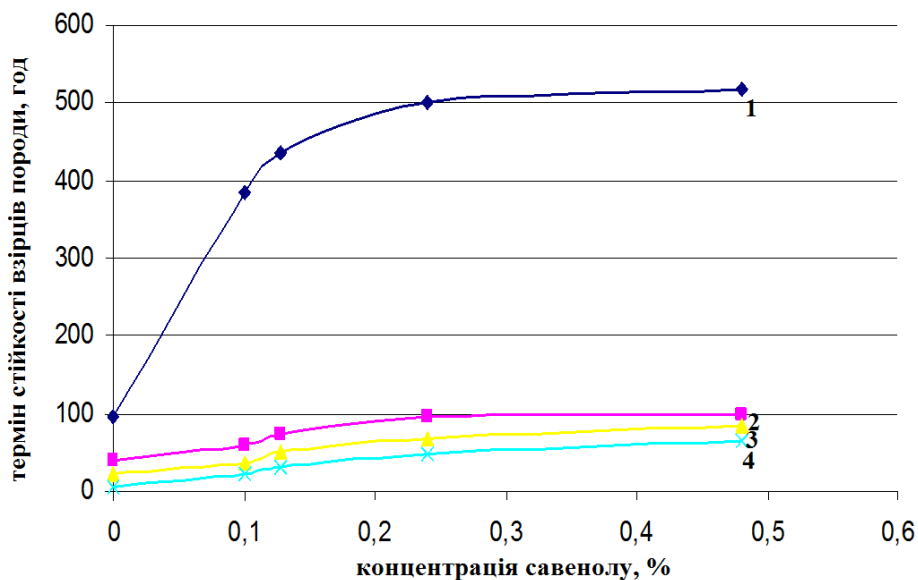
межах 0,4-0,48%, а стійкість взірців породи зростає у 5-7 разів.

Аналогічні закономірності спостерігаються під час перебування взірців породи у хлоркалієвому та соленасиченому розчинах (рис. 2, 3). Оптимальна концентрація савенолу і зростання стійкості взірців породи як для високопроникних, так і для низькопроникних взірців породи коливається приблизно у таких же межах, як і для глинистого розчину.

Основна відмінність залежностей, наведених на рис. 2, 3, від аналогічних залежностей, наведених на рис. 1, полягає в тому, що абсолютне значення стійкості взірців породи у хлоркалієвому розчині вища на 10-15% порівняно з глинистим, а у соленасиченому на 10-50% вища порівняно із хлоркалієвим. Така відмінність, на нашу думку, пов'язана із присутністю іонів калію K^+ та натрію Na^+ у буровому розчині, що не тільки збільшують сили зв'язку між шарами кристалічної ґратки глин, але і взаємодіють із савенолом, утворюючи низькопроникну плівку, що протидіє проникненню фільтрату у стінки свердловини.

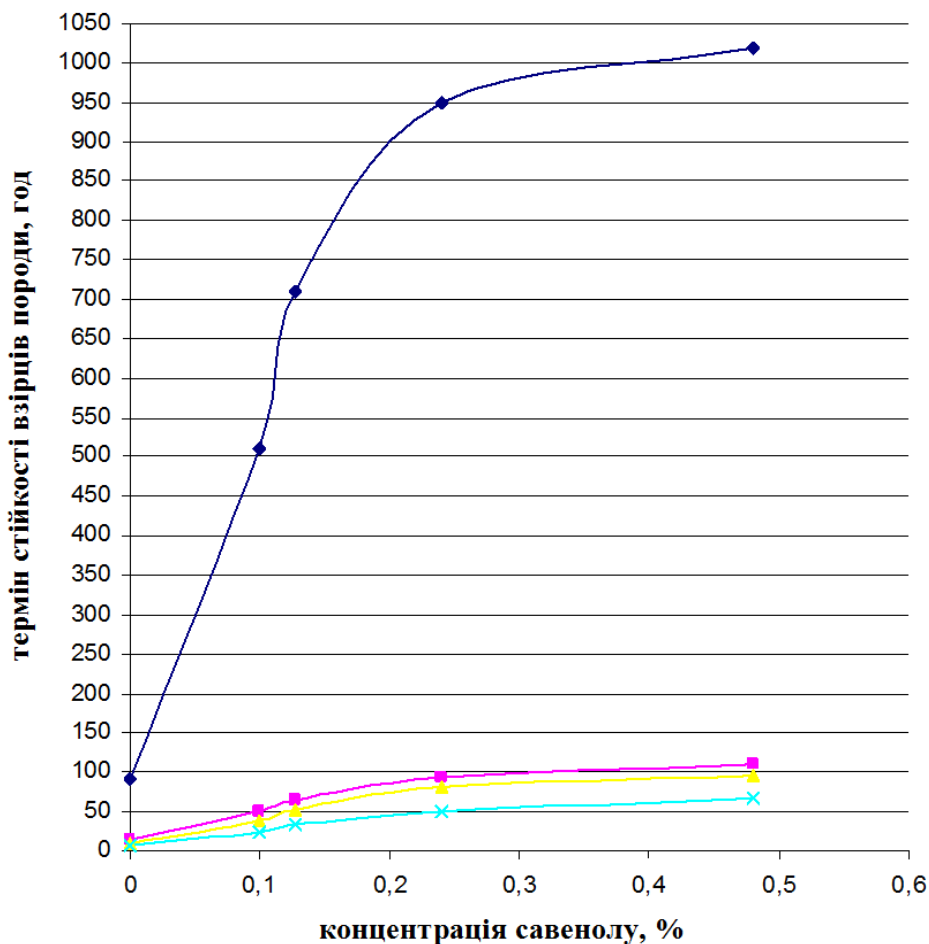
Наступний етап досліджень присвячений вивченню впливу хлористого калію на стійкість взірців породи. Хлористий калій вводили у водний розчин савенолу в кількості 10 і 26% від об'єму води. В усіх досліджах використовували однакову рецептуру модифікованої гідрофобно-бітумної ванни:

- дизельне паливо – 94,76%;
- окислений бітум – 5%;
- савенол – 0,24%.



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

Рисунок 2 – Залежність зміни терміну стійкості взірців породи у хлоркалієвому розчині від концентрації савенолу

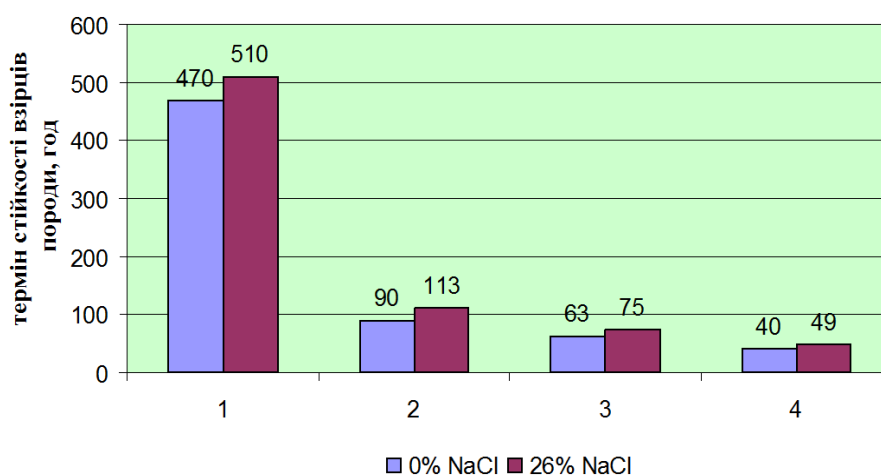


1) 15% глини та 85% піску; 2) 50% глини та 50% піску;
3) 85% глини та 15% піску; 4) 100% глини

Рисунок 3 – Залежність зміни терміну стійкості взірців породи у соленасиченому розчині від концентрації савенолу

Таблиця 1 – Термін руйнування взірців за різної концентрації солі у модифікованій гідрофобно-бітумній ванні

| Тип взірця породи | Термін руйнування взірців у воді, хв. | | Термін руйнування взірців у соленасиченому розчині (вода + 26% NaCl), хв. | |
|----------------------------------|---------------------------------------|----------|---|----------|
| | 0% NaCl | 26% NaCl | 0% NaCl | 26% NaCl |
| I тип (15% глини та 85% піску) | 470 | 510 | 1050 | 1073 |
| II тип (50% глини та 50% піску) | 90 | 113 | 62 | 69 |
| III тип (85% глини та 15% піску) | 63 | 75 | 29 | 33 |
| IV тип (100% глини) | 40 | 49 | 24 | 25 |



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

Рисунок 4 – Термін руйнування взірців породи у глинистому розчині залежно від концентрації солі

Порядок проведення лабораторних досліджень був аналогічний, як і при вивченні впливу концентрації савенолу на стійкість взірців породи.

Результати експериментів з вивчення впливу концентрації хлористого калію на стійкість взірців наведено у табл. 1, а побудовані гістограми наведені на рис. 4, 5, 6.

Як бачимо, вплив хлористого калію на підвищення стійкості взірців породи є незначним і коливається в межах від 1% до 20%. Під час проведення дослідів встановити які-небудь достовірні зміни впливу хлористого калію на сили поверхневого натягу між ванною та взірцем породи не вдалось. Додавання домішки 10% хлористого калію разом із савенолом до ванни теж суттєво не змінило міцність взірців.

Отже, на підставі проведених лабораторних досліджень з підвищення стійкості стінок свердловини для впровадження на бурових підприємствах нашої держави рекомендується модифікована гідрофобно-бітумна ванна, до складу якої входять:

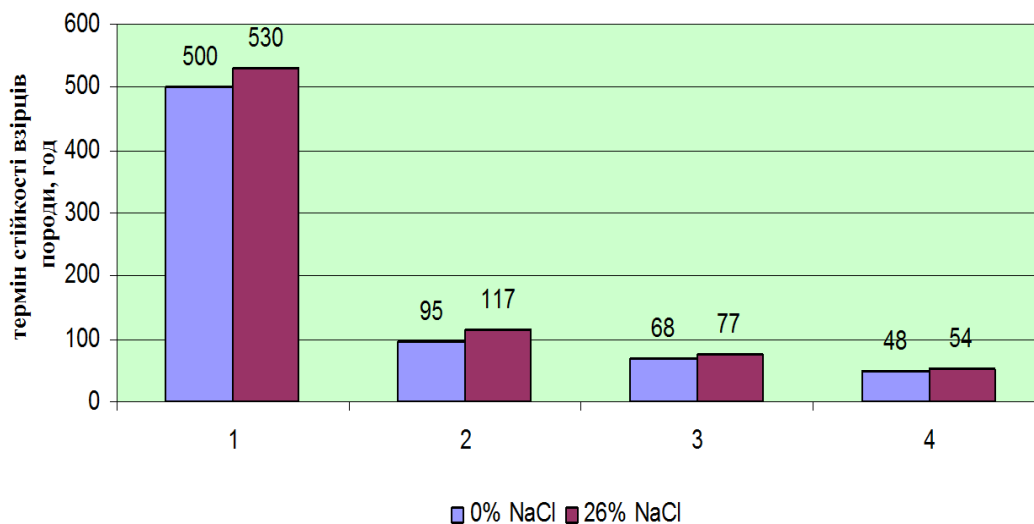
- дизельне паливо – 94,76%;
- окислений бітум – 5%;
- савенол – 0,18-0,48%.

Модифікована гідрофобно-бітумна ванна ефективна для боротьби з обвалюваннями та осипаннями стінок свердловини, складених усіма типами гірських порід. Найбільше зростання міцності (в 1,75 рази) досягають взірці високопроникних порід, а найменше – низькопроникні взірці (до 1,15-1,25 рази). Рекомендується оптимальний термін витримування ванни у свердловині протягом 7-8 годин.

Домішка савенолу від 0,18% до 0,48 % від об'єму модифікованої гідрофобно-бітумної ванни зменшує сили міжфазового натягу між ванною та взірцями породи, підвищує глибину проникнення ванни у стінки свердловини, протидіє проникненню фільтрату бурового розчину у пори та тріщини гірських порід, підвищує стійкість стінок свердловини. Термін стійкості взірців породи зростає у 5-9 разів порівняно з гідрофобно-бітумною ванною.

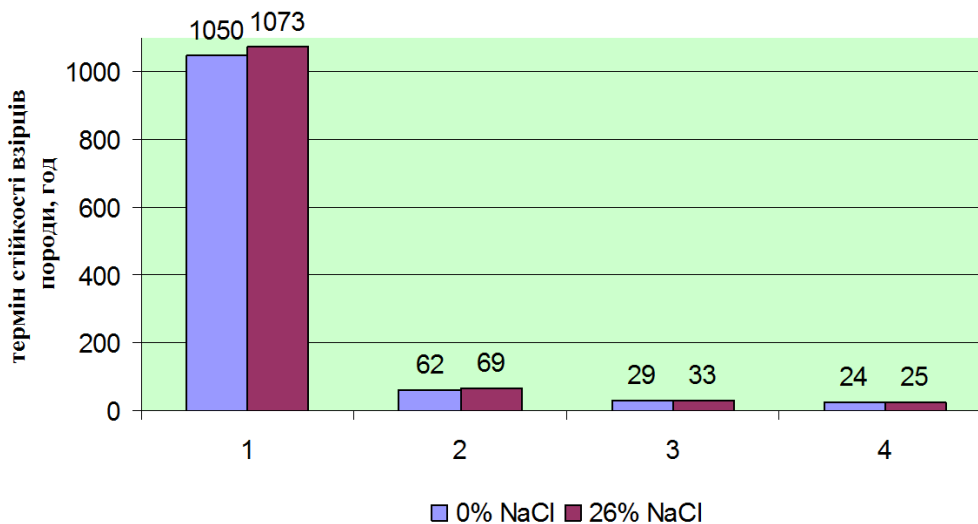
Одночасна обробка ванни хлористим калієм разом із савенолом значного ефекту не дає. Термін стійкості стінок свердловини при цьому зростає лише до 20%, а тому домішка солі разом із савенолом у модифіковану гідрофобно-бітумну ванну малоефективна.

У процесі буріння свердловин у розрізах, де спостерігаються інтенсивні обвалювання та



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

Рисунок 5 – Термін руйнування взірців породи у хлоркалієвому розчині залежно від концентрації солі



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

Рисунок 6 – Термін руйнування взірців породи у соленасиченому розчині залежно від концентрації солі

осипання стінок свердловини. Дещо покращити дію модифікованої гідрофобно-бітумної ванни можна застосуванням бурових розчинів з високими інгібуючими властивостями (хлоркалієві, гіпсо-калієві, алюмо-калієві, силікатно-калієві та соленасичені стабілізовані бурові розчини).

Література

1 Ясов В.Г. Осложнения в бурении: [справочное пособие] / В.Г. Ясов, М.А. Мыслюк. – М.: Недра, 1991. – 334 с.
2 Пат. 86718 Україна МПК³¹ С09К8/50. Гідрофобно-бітумна ванна / М.І. Оринчак, М.М. Оринчак: Заявл.17.10.07. – Опубл. 12.05.09., Бюл. №9 – 4 с.

3 Городнов В.Д. Буровые растворы / В.Д. Городнов. – М.: Недра, 1985. – 206 с.
4 Волобуєв А.І. Методичні вказівки з дисципліни “Механіка гірських порід для студентів спеціальності 09.03.06 [Текст] / А.І. Волобуєв, Б.М. Малярчук. - Івано-Франківськ, Факел, 1994. – 13 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії 27.06.12
Рекомендована до друку професором Коцкуличем Я.С.