

## ПАЛИВНО-МАЗУТНО-БІТУМНА ВАННА

О.С. Бейзик

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 727137,  
e-mail: drill@nimg.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 різні рідинні ванни. За результатами проведених лабораторних досліджень для підвищення стійкості стінок свердловини рекомендується паливно-мазотно-бітумна ванна, застосування якої порівняно із відомими забезпечує досягнення найбільшого ефекту у глинистих породах. Основними компонентами, що входять до складу ванни, є пичне побутове паливо (90-93,5%), окислений бітум (5-8%) та мазут (1,5-2,0). Термін дії ванни, встановленої у свердловині навпроти горизонтів зі складними гірничо-геологічними умовами, становить 7-8 годин. Приріст міцності низькопроникних взірців породи сягає 625%. Після встановлення ванни взірці гірських порід зберігають стійкість та високі міцнісні властивості у фільтраті соленасиченого розчину протягом тривалого часу, який коливається від 40-42 доби для низькопроникних порід. Результати, отримані експериментальним шляхом, знижують час на ліквідацію ускладнень у свердловині, що сприяє збереженню темпів проходки свердловини.

Ключові слова: пичне 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 (90-93,5%), окисленный битум (5-8%) и мазут (1,5-2,0). Срок действия ванны, установленной в скважине напротив пластов со сложными горно-геологическими условиями, составляет около 7-8 часов. Приращение прочности низкопроницаемых образцов горных пород достигает 625%. 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 40-42 суток для высокопроницаемых 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 residual-fuel-bituminous bath (RFBB) 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 (90,0-93,5%), oxidized bitumen (5-8%) and residual oil (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 low permeability rock samples reaches 625%. 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 40 to 42 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, residual-fuel-bituminous bath.

Найбільш поширеним ускладненням, яке виникає під час буріння нафтових і газових свердловин, особливо на родовищах Дніпровсько-Донецької западини, є обвалювання та осипання стінок свердловини. 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 текто-

нічні порушення чи немає. Першопричиною обвалів та осипань стінок свердловини є геотехнологічні умови їх проведення. Найчастіше обвали та осипання виникають у сланцюватих та лускатих глинах, що перемежуються тонкі прошарки піску, слюди з вмістом піриту, марказиту тощо. Не слід також нехтувати значними кутами падіння порід в інтервалах тектонічних порушень. Обвалоутворення стають дуже серйозним видом ускладнень під час осипання порід над утвореною каверною.

Суттєвий вплив на інтенсивність обвалювання та осипання стінок свердловини пов'язаний зі зниженням густини бурових розчинів, низькими механічною та рейсовою швидкостями буріння та частими зупинками та простоями з технічних, технологічних чи організаційних причин. Обвалювання можуть спричинити виникнення аварій з бурильним інструментом, особливо в інтервалах каверноутворень.

Механізм обвалоутворень пов'язаний з пружним розширенням глинистих мінералів через зниження бокового тиску і осмотичного всмоктування фільтрату із бурового розчину. Проникаючи у тріщини глинистих порід, фільтрат спричиняє зростання капілярного тиску в тріщинах, набухання та випучування глинистих порід за рахунок міжплощинної гідратації, зниження сил зчеплення, що призводить до 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 швидкістю гідратації маси глини, яка дорівнює швидкості дифузії води.

Гідратація та змочування суттєво змінюють напружений стан 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.

Відомі два механізми набухання глинистих мінералів: кристалічний і осмотичний.

Кристалічне набухання ще називають поверхневою гідратацією. Воно відбувається внаслідок адсорбції мономолекулярних шарів води на базальних зовнішніх і внутрішніх поверхнях кристалів. Перший шар води утримується на поверхні водневими зв'язками з атомами кисню. Тобто молекули води утворюють структуру аналогічну структурі глинистого мінералу і проникають на віддаль до 1 нм від зовнішньої поверхні. Така вода володіє квазикристалічними властивостями, питомий об'єм якої на 3% перевищує питомий об'єм вільної води, та більшою в'язкістю.

Осмотичне набухання відбувається внаслідок того, що концентрації катіонів між шарами кристалічної ґратки більші порівняно з їх концентрацією у розчині. Тому вода втягується у міжшаровий простір, внаслідок чого можливе утворення дифузних частин подвійних електричних шарів. У глинистих мінералах не спостерігається напівпроникних мембран, але набухання має осмотичний характер, що пов'язане з різницею в концентрації електроліту.

Осмотичне набухання порівняно з кристалічним призводить до значного збільшення загального об'єму глинистого мінералу. Натрієві глини під час осмотичного набухання адсорбу-

ють у 20 разів більше води порівняно з кристалічним набуханням.

Відштовхуючі сили між шарами значно слабші при осмотичному набуханні порівняно з кристалічним.

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

Науковцями було здійснено багато спроб розробляння різних способів запобігання цих ускладнень. 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].

Із літератури відомо, що найпоширенішим способом ліквідації осипань та обвалювань стінок свердловини та підвищення їх стійкості є застосування силікатної [2], силікатно-калієвої [3], гідрофобно-адгезійної [4], гідрофобно-бітумної [5], модифікованої гідрофобно-бітумної [6], паливно-бітумної [7] та модифікованої паливно-бітумної [8] ванн. Встановлення рідинних ванн проводять перед підйомом бурильної колони або під час проведення ремонтних робіт. Для цього у бурильні труби закачують розрахунковий об'єм ванни і буровим розчином протискують її в зону порушених порід та витримують протягом 6-24 годин. Внаслідок взаємодії рідинної ванни зі стінками свердловини зменшується інтенсивність обвалювання. Найефективніше підвищує стійкість стінок свердловини паливно-бітумна та модифікована паливно-бітумна ванни. Проте їх ефективність найвища у високо- та середньопроникних породах і незначно проявляється ефект від дії вказаних ванн у низькопроникних породах (глинисті відклади), де спостерігається основний обсяг порушення цілісності стінок свердловини.

Мета роботи – зберегти або покращити стійкість стінок свердловини у низькопроникних породах за одночасного збільшення терміну дії рідинної ванни.

Поставленої мети досягається домішкою мазуту до паливно-бітумної ванни.

Мазут (рис. 1) – маслянистий залишок нафти після відбирання із неї світлих дистилатів (бензину, лігроїну, гасу, дизельного палива). Мазут в'язка речовина темно-коричневого кольору, представляє собою суміш вуглеводнів, нафтових смол, асфальтенів, карбонів, карбонідів і органічних металомістких сполук (V, Ni, Fe, Mg, Na, Ca тощо). Фізико-хімічні властиво-



Рисунок 1 – Загальний вигляд мазуту

сті мазуту залежать від хімічного складу сирової нафти та ступеня відгону фракцій дистилатів, густина мазуту коливається в межах від 890 до 1000 кг/м<sup>3</sup> (за температури 20°C), теплота згорання 9100-10000 ккал/кг. У народному господарстві мазут застосовують як паливо для парових котлів, промислових котелень різного призначення та парових газових турбін.

Рецептуру і ефективність паливно-мазутно-бітумної ванни оцінювали у лабораторних умовах 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 змінювали проникність взірців породи у широких межах. Технологія виготовлення лабораторних взірців породи та методика підготовки їх до лабораторних досліджень були аналогічні тим, які застосували під час дослідження рецептури силікатно-калієвої ванни [3].

Паливно-мазутно-бітумну ванну готували у такій послідовності. Спочатку окислений бітум нагрівали до температури плавлення, а мазут змішували з пічним побутовим паливом (ППП) до повного розчинення. Відтак змішували розплавлений бітум та суміш мазуту з ППП до однорідного стану. Концентрацію окисленого бітуму встановили згідно з рецептурою паливно-бітумної ванни у межах 5-8%, а вміст мазуту змінювали від 0,5% до 2,5%. Для дослідження впливу ванни на початкову міцність всі глинисто-піщані взірці поміщали у порції паливно-мазутно-бітумної ванни, які відрізнялися концентрацією мазуту, і витримували їх там протягом 8 годин. Через кожних дві години взірці породи виймали з ванни і визначали їх міцність на стиск, порівнюючи з початковою.

За результатами лабораторних досліджень побудовано графічні залежності міцності взірців від концентрації мазуту для слабопроникних (100 % глини), низькопроникних (15% піску та 85% глини), середньопроникних (50% піску та 50% глини) та високопроникних (85% піску та 15% глини) взірців порід, які зображено на рис. 2, 3, 4. На графіках вздовж осі абсцис відкладено час перебування взірців породи у паливно-мазутно-бітумній ванні, а по осі ординат – руйнівне навантаження взірців породи, за якого настає руйнування взірця.

Як бачимо з графіків, наведених на рис. 2, міцність всіх взірців породи спочатку зростає, а потім спадає чи збільшується на незначну величину. Концентрація мазуту у рідинній ванні для наведених результатів становить 0,5%. Приріст міцності на кінцевому етапі досліджень, тобто через 8 годин, спостерігається тільки у слабопроникних (16,7%) (рис.2а) та низькопроникних (12,5%) (рис.2б) взірцях породи. У середньо- та високопроникних взірцях (рис. 2а, 2б) міцність спадає або залишається на первинному рівні без змін.

У першому випадку мазут разом з пічним побутовим паливом і окисленим бітумом підсилює міцність низькопроникних і слабопроникних порід. Такий результат одержано за рахунок того, що мазут, основним компонентом якого є акцизні смоли (28-72 %), взаємодіє з глинистими мінералами (монтморилоніт, іліт, каолінит, палигорскіт тощо), утворюючи додаткові сили взаємодії, що сприяє зростанню міцності взірців породи.

У середньо- та високопроникних породах, у яких відсоток глинистих мінералів знижується, а кварцу – зростає, сили взаємодії між мінералами слабкі. Очевидно, що у цьому випадку мазут протидіє проникненню пічного побутового палива разом з окисленим бітумом в гірську

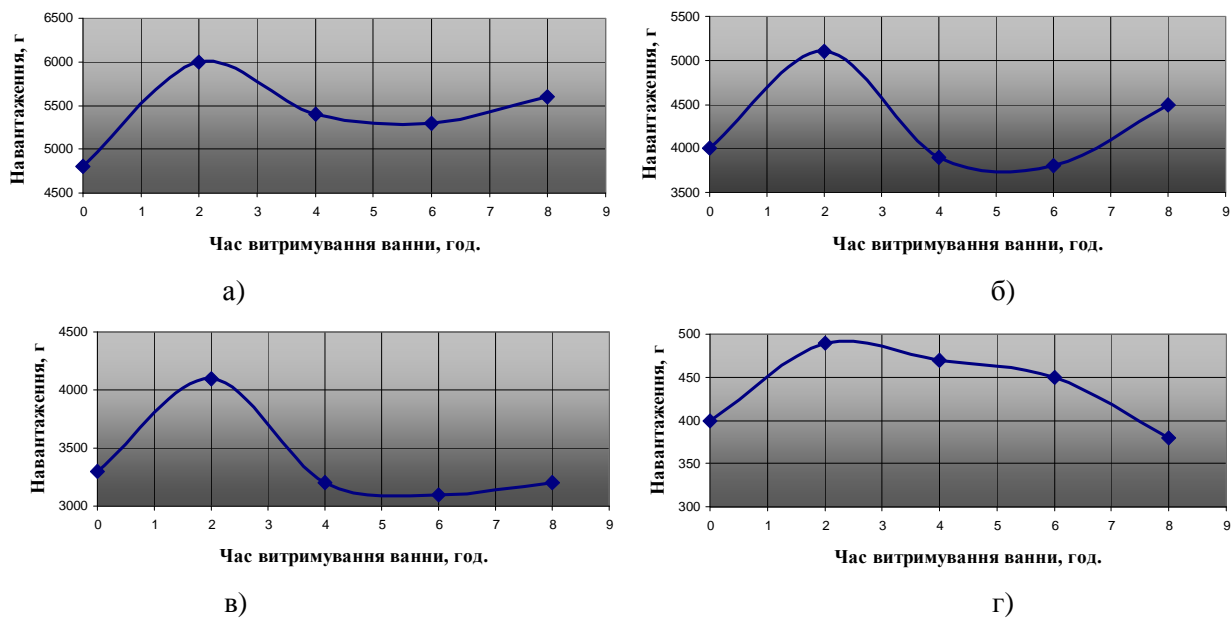


Рисунок 2 – Залежність міцності взірців від часу перебування їх у паливно-мазотно-бітумній ванні за концентрації мазуту 0,5%

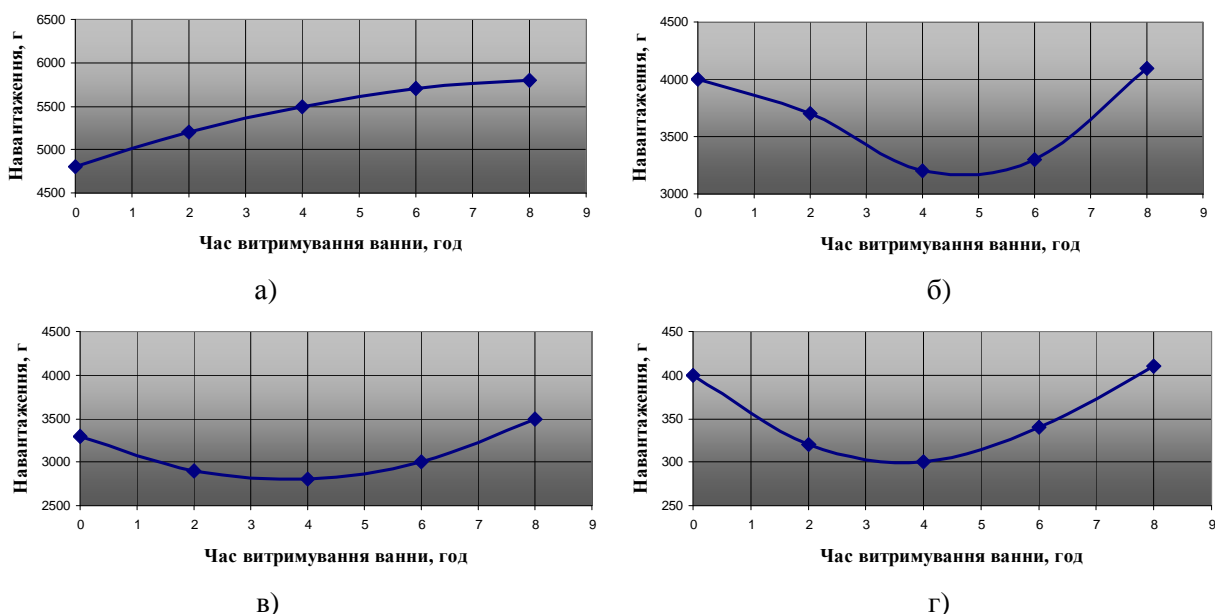


Рисунок 3 – Залежність міцності взірців від часу перебування їх у паливно-мазотно-бітумній ванні за концентрації мазуту 0,75%

породу, тому міцність взірців майже не змінюється.

Зі збільшенням концентрації мазуту у рідинній ванні (рис. 3, 4) характер зміни міцності взірців породи не аналогічний графічним залежностям, що зображені на рис. 2. Відмінність полягає тільки у тому, що зі збільшенням концентрації мазуту в рідинній ванні спостерігається чіткіше зростання міцності слабко- та низькопроникних взірців, та незначне зниження або стабілізація середньо- та високопроникних порід.

Отже, домішка мазуту до паливно-бітумної ванни призводить до позитивних змін тільки слабко- та низькопроникних породах. Це дуже важливо, оскільки породи такого типу складають інтервали великої товщини на більшості родовищ нашої держави. Статистика свідчить, що складність обвалювань та осипань стінок свердловини пов'язана саме з глинистими відкладами (глинисті сланці, аргіліти, алевроліти тощо).

У зв'язку з цим, подальші дослідження проводили тільки для слабко- та низькопро-

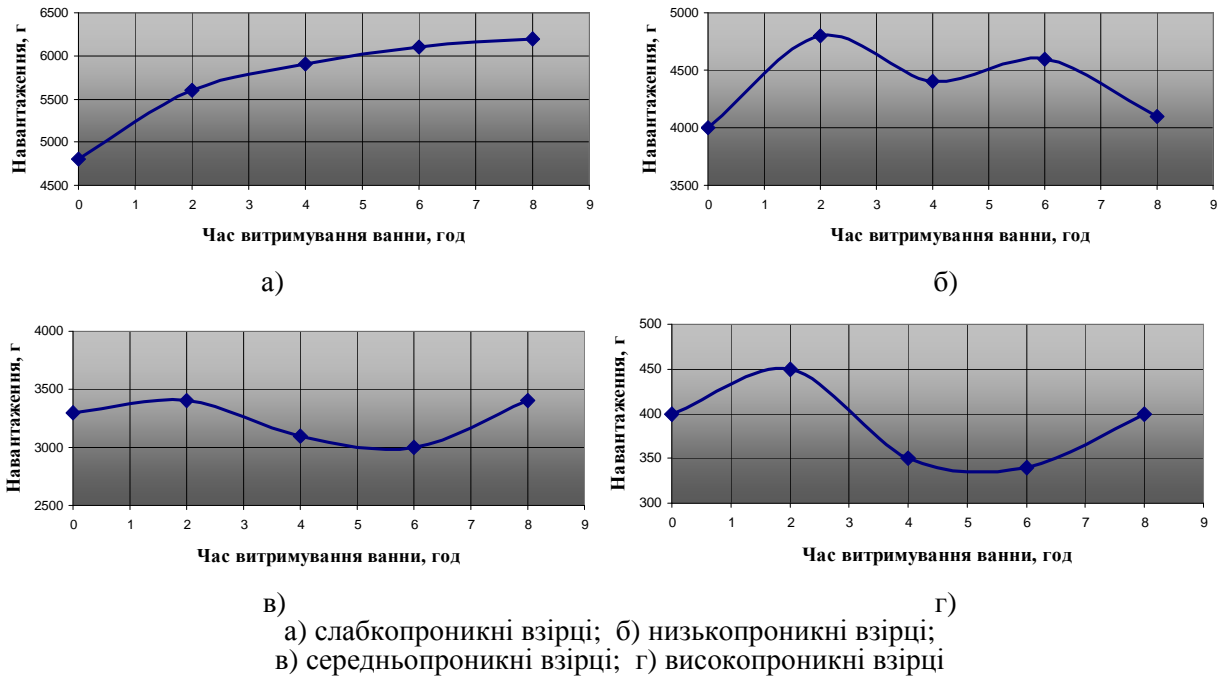


Рисунок 4 – Залежність міцності взірців від часу перебування їх у паливно-мазотно-бітумній ванні за концентрації мазуту 1,0%

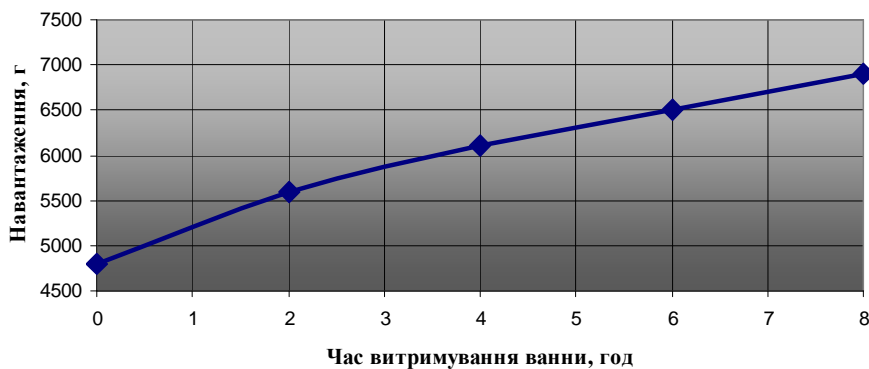


Рисунок 5 – Залежність міцності глинистих взірців порід від часу їх перебування у паливно-мазотно-бітумній ванні за концентрації мазуту 1,5%

никних взірців породи. Концентрацію мазуту у рідинній ванні доводили до 2%.

У ході лабораторних досліджень готували 3 порції паливно-бітумної ванни, до якої додавали мазут, змінюючи його концентрацію від 1,5% до 2,0%. У кожен порцію паливно-мазотно-бітумної ванни поміщали слабко- та низькопроникні взірці гірської породи і витримували протягом 8 годин, періодично оцінюючи їх міцність. Експериментальні дослідження підтвердили зростання міцності слабкопроникних та низькопроникних взірців породи.

Характер наростання міцності взірців слабкопроникних і низькопроникних порід в рідинній ванні майже однаковий. Тому, як приклад, наводимо динаміку наростання міцності тільки для глинистих взірців породи IV типу (рис. 5, 6).

Як бачимо з графічних залежностей, наведених на рис. 5, за концентрації мазуту 1,5% міцність глинистих взірців породи у рідинній ванні спочатку зростає, а відтак стабілізується. Зростання міцнісних властивостей спостеріга-

ється за незначних концентрацій мазуту у рідинній ванні, тоді як за високих концентрацій мазуту суттєвих змін не спостерігається.

Для прикладу наводимо зміну міцності глинистих взірців породи у рідинній ванні за концентрації 2% (рис. 6). Порівнюючи графічні залежності, наведені на рис. 5 та рис. 6, можна відзначити, що збільшення концентрації мазуту понад 1,5-2,0% не сприяє зростанню міцності глинистих взірців породи. Тому за оптимальну домішку мазуту у рідинній ванні вважатимемо концентрацію 1,5-2,0%. Приріст міцності глинистих взірців породи у такій ванні зростає до 39%.

За результатами лабораторних досліджень для боротьби з обвалюваннями та осипаннями стінок свердловини можна рекомендувати паливно-мазотно-бітумну ванну з вмістом окисленого бітуму 5-8%, мазуту 1,5-2,0%, пічного побутового палива 90-93,5%. Тривалість витримання паливно-мазотно-бітумної ванни у свердловині навпроти горизонтів, схильних до обвалювань, становить 7-8 годин.

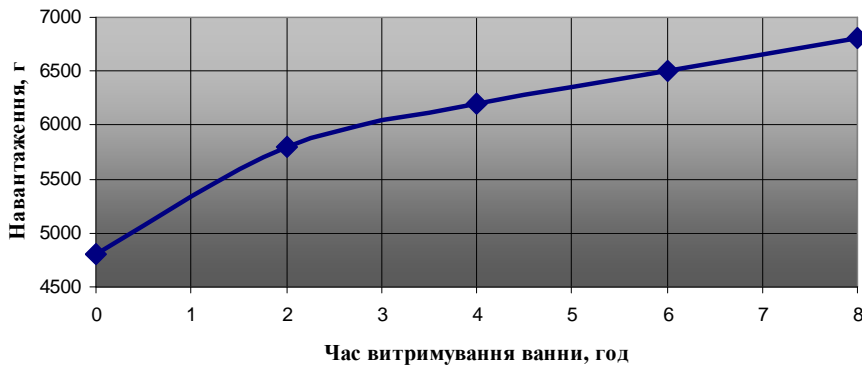


Рисунок 6 – Залежність міцності глинистих взірців порід від часу їх перебування у паливно-мазотно-бітумній ванні за концентрації мазуту 2,0%

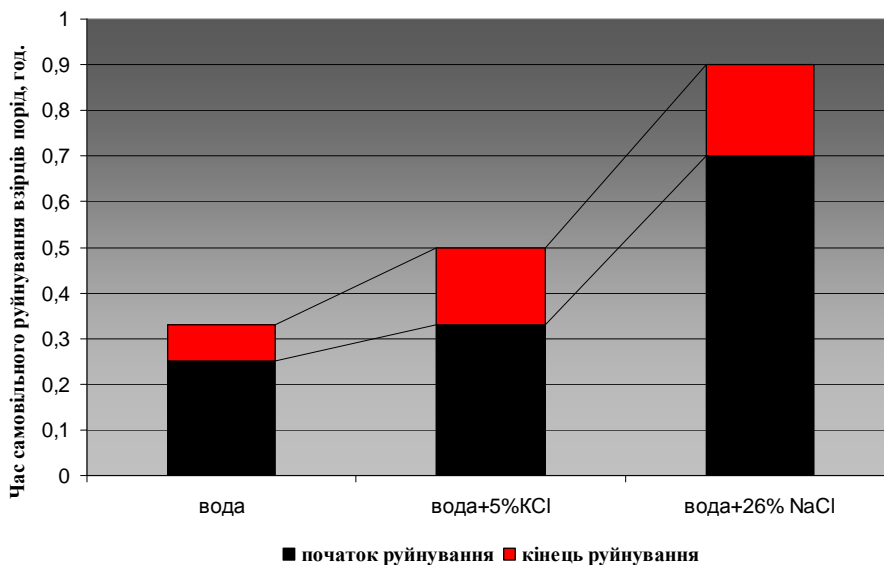


Рисунок 7 – Залежність стійкості звичайних взірців породи від часу перебування їх у фільтраті розчину з різною мінералізацією

Під час встановлення паливно-мазотно-бітумної ванни необхідно володіти інформацією про тривалість її дії на нестійкі горизонти у свердловині, що оцінювали у лабораторних умовах. Для цього було проведено серію лабораторних експериментів, під час яких оцінювали час стійкості взірців породи до моменту самовільного руйнування у фільтратах розчинів з різною мінералізацією.

Усі взірці породи розділили на дві групи. До першої групи відносять взірці породи, які не обробляли паливно-мазотно-бітумною ванною, які умовно назвали звичайними. До другої групи увійшли взірці породи, які після приготування витримували протягом 8 годин у паливно-мазотно-бітумній ванні, що містить 1,5-2,0%, пічного побутового палива 90-93% та окисленого бітуму 5-8%, які назвали модифікованими. Звичайні і модифіковані взірці поміщали у прісну, мінералізовану (5% хлориду калію) та соленасичену (26% хлориду натрію) води, які моделюють фільтрати відповідно звичайного глинистого, мінералізованого та соленасиченого стабілізованого розчинів. Досліди проводили до самовільного руйнування взірців. Одночасно спостерігали за конфігурацією взір-

ців, які під дією фільтрату спочатку розтріскувались, а відтак розпадались на великі шматки. Результати лабораторних досліджень наведено для звичайних (рис. 7) та модифікованих (рис. 8) взірців породи.

Як бачимо з діаграм, наведених на рис. 7, взірці породи під дією фільтрату швидко руйнувалися. Найменший термін стійкості взірців спостерігався у прісній воді (15-20 хв.), у мінералізованій воді взірці руйнувалися через 25-30 хв., а у соленасиченій воді термін стійкості сягнув 35-55 хв. Сповільнення швидкості руйнування глинистих взірців породи у мінералізованому та соленасиченому розчинах пов'язано очевидно із наявністю іонів калію та натрію, які сприяють зростанню сил зв'язку між вузлами кристалічної ґратки глинистих мінералів.

Механізм дії одновалентних іонів на міцність кристалічної ґратки глини полягає у їх проникненні в мінерал та створенні зв'язків з поверхнею кристалів глинистих мінералів.

На діаграмах, наведених на рис.8, бачимо, що стійкість модифікованих взірців породи під час перебування їх у фільтратах розчинів різної мінералізації пов'язане з підвищенням вмістом смолистих фракцій у мазуті та пічному побуто-



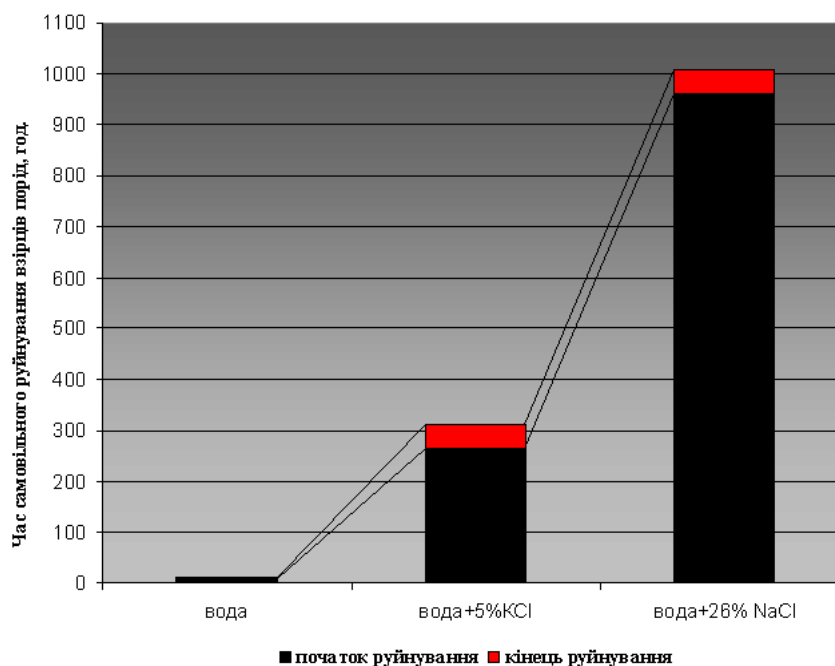


Рисунок 7 – Залежність стійкості модифікованих взірців породи від часу перебування їх у фільтраті розчину з різною мінералізацією

вому паливі та адгезійними властивостями окисленого бітуму.

Незначне проникнення смолистих фракцій мазуту, окисленого бітуму та пічного побутового палива у поверхневий шар лабораторних взірців не тільки протидіє фільтрації розчину у пласт, але і значно підвищує сили зчеплення між частинками глинистих мінералів. Тому стійкість модифікованих взірців порівняно зі звичайними у прісній воді зростає приблизно у 36 разів, у мінералізованій – у 625 разів, а у соленасиченій – у 1120 разів.

Отже, за результатами лабораторних досліджень для боротьби з обвалюваннями та осипаннями стінок свердловини рекомендується паливно-мазотно-бітумна ванна, до складу якої входять пічне побутове паливо (90-93,5), мазут (1,5-2,0%), окислений бітум (5-8%). Термін витримування ванни у свердловині навпроти нестійких горизонтів становить біля 7-8 годин. Найбільший ефект від дії запропонованої ванни досягається у глинистих відкладах, на які припадає найбільший обсяг порушення стійкості масиву порід. Міцність глинистих взірців породи після витримування їх у паливно-мазотно-бітумній ванні зростає до 39%. Тривалість стійкості глинистих взірців породи після становлення ванни сягає 40-42 доби, що забезпечує безаварійне буріння у нестійких горизонтах, скорочення часу на ліквідацію ускладнень, спричинених обвалюваннями та осипаннями стінок свердловини та успішне перекриття обсадною колоною. Вартість паливно-мазотно-бітумної ванни порівняно із раніше запропонованими рецептурами рідинних ванн найнижча, що пов'язано із застосуванням відходів, що залишаються після перегонки нафти.

#### Література:

- 1 Ясов В.Г. Осложнения в бурении: справочное пособие / В.Г. Ясов, М.А. Мыслюк. – М.: Недра, 1991. – 334 с.
- 2 Городнов В.Д. Буровые растворы / В.Д. Городнов. – М.: Недра, 1985. – 206 с.
- 3 Оринчак М.І. Технологія встановлення силікатно-калієвої ванни / М.І. Оринчак, М.М. Оринчак // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2006. – № 2(22). – С. 24-26.
- 4 Оринчак М.І. Гідрофобно-адгезійна ванна / М.І. Оринчак, М.М. Оринчак // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2007. – № 4(28). – С. 22-25.
- 5 Оринчак М.І. Гідрофобно-бітумна ванна / М.І. Оринчак, М.М. Оринчак // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2008. – № 2(30). – С. 26-29.
- 6 Пат. 78889 Україна МПК<sup>51</sup> C09K8/50. Модифікована гідрофобно-бітумна ванна / М.І. Оринчак, О.С. Бейзик, А.І. Василько: Заявл. 13.07.12. – Опубл. 10.04.13., Бюл. №7 – 4 с.
- 7 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). – С. 23-26.
- 8 Чудик І.І. Модифікована паливно-бітумна ванна / І.І. Чудик, М.І. Оринчак, О.С. Бейзик // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2013. – № 1(54). – С. 21-24.

Стаття надійшла до редакційної колегії  
23.12.13

Рекомендована до друку  
професором **Коцкуlichem Я.С.**  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
канд. техн. наук **Фризом І.М.**  
(НВП «Бурова техніка», м. Івано-Франківськ)