



**Жолоб Н. Р.
Ляшенко С. О.
Лубан С. В.
Лубан Ю. В.**
ТОВ «Геосинтез Інженірінг»

ІНГІБУЮЧІ ВЛАСТИВОСТЕЙ СОЛЕЙ ТА СОЛЬОВИХ СУМІШЕЙ

Важливим завданням під час проводки стовбуру свердловини є підтримання стійкості гірських порід. Одним із факторів, який впливає на процес розміцнення порід є хімічний склад фільтрату промивальної рідини [1, 3].

У більшості промивальних рідин роль неорганічного інгібітора традиційно виконує хлорид калію. При цьому в останні часи поширення набувають промивальні рідини обважнені солями (таб. 1) та їхніми сумішами [2]. В залежності від необхідної густини вміст водорозчинних солей може змінюватись, як по номенклатурі так і в широкому діапазоні їх концентрації. Це додатково має сприяти зростанню інгібуючої дії бурового розчину на глинисті породи. Вивчення ефективності впливу таких солей та їх комбінацій на стійкість гірських порід стало предметом наших досліджень.

Оцінка інгібуючої здатності солей проводилась за показником стійкості K_c , що визначався методом диспергування дроблених частинок аргіліту, певного гранулометричного складу, в середовищі розчинів різних солей та їх сумішей. Показник стійкості K_c розраховувався за формулою:

$$K_c = \frac{m_{\text{зал}}}{m_{\text{вих}}} \cdot 100\%$$

Де, $m_{\text{зал}}$ – маса сухого залишку аргіліту після проведення дослідів;

$m_{\text{вих}}$ – вихідна маса аргіліту до проведення дослідів.

Проведені дослідження, показують, що у випадку застосування хлориду калію найбільш інтенсивне зростання показника стійкості спостерігається до концентрації 5 %. Подальше збільшення його вмісту у фільтраті промивальної рідини супроводжується незначним зростанням інгібуючої дії (рис 1). Таким чином, оптимальний вміст хлориду калію у буровому розчині, з точки зору інгібуючої здатності та економічної доцільності, становить 3 - 5 %, що забезпечує стійкість порід на рівні 75 - 76 %. Тобто, додаткове введення хлориду калію в буровий розчин вище встановлених оптимальних концентрацій практично не впливає на його інгібуючу здатність, а лише призводить до збільшення його вартості.

Більш потужного інгібуючого ефекту можна досягти при використанні форміату калію, межа розчинності якого є на порядок вищою. При однакових концентраціях іону K^+ , до 10 %, розчини форміату та хлориду калію забезпечують близькі між собою показники стійкості (рис. 2). Але при подальшому збільшенні вмісту форміату калію, показник стійкості стабільно зростає та на межі повного насичення досягає 96 %, що є найвищим показником серед усіх солей, які досліджувались (рис. 3).

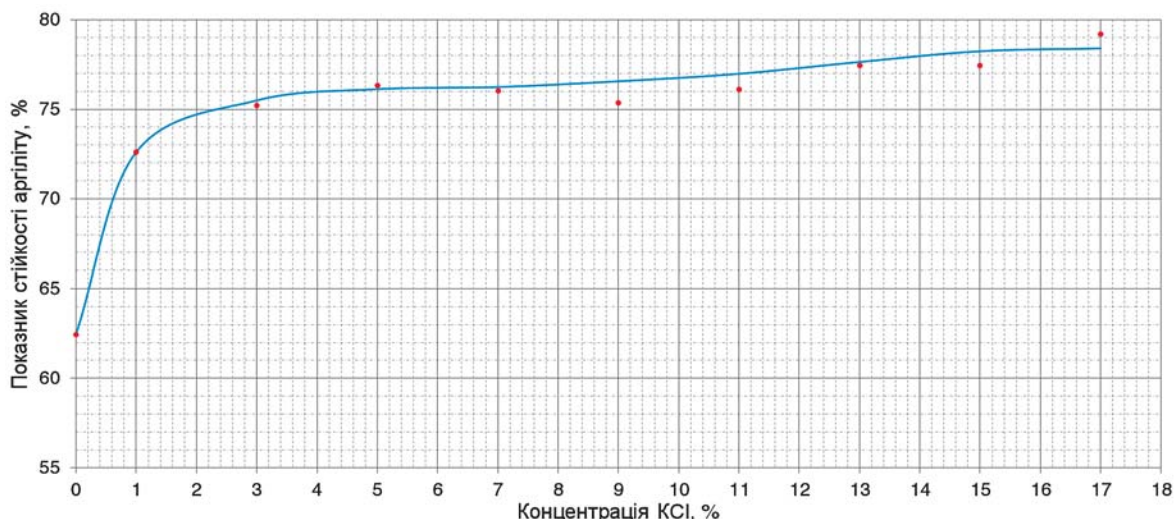


Рис. 1 – Вплив хлористого калію на показник стійкості аргіліту

Для обважнення промивальних рідин найчастіше використовуються хлориди натрію, кальцію та формиат натрію, а для досягнення більш високої густини можливе використання нітрату кальцію та формиату калію. Інгібуюча здатність таких солей при невисоких концентраціях суттєво поступають хлориду калію. Проте, при концентраціях близьких до рівня насичення такі солі за інгібуючим впливом суттєво випереджають хлорид калію. У випадку застосування солей, де підвищення показника стійкості забезпечується іонами Ca^{2+} , Mg^{2+} та Na^{+} на відміну від іону K^{+} спостерігається практично лінійна залежність між показником стійкості та концентрацією відповідного іону (рис. 5 а, б). Величина показника стійкості породи в таких солях може досягати 93 %. Таким чином, у системах, які містять високі концентрації полівалентних солей, додаткове введення хлориду калію є непотрібним.

При обважненні водорозчинними солями у фільтраті промивальних рідин одночасно з іонами K^{+} будуть присутні інші іони, концентрація яких буде значно більшою. Питання ефективності їхньої спільної інгібуючої дії є досі не вирішеним.

Дослідженнями встановлено, що поєднання хлориду калію з хлоридом натрію суттєво збільшує інгібуючі властивості бурових розчинів у порівнянні з розчинами, інгібованими тільки хлоридом калію. Більше того, поєднанням хлоридів калію і натрію можна забезпечити стійкість аргіліту на рівні 82 %, що суттєво перевищує межу при індивідуальному застосуванні кожної з таких солей (рис. 6).

Аналогічний синергетичний ефект спільної інгібуючої дії іонів K^{+} та Na^{+} проявляється і у випадку застосування солей формиату калію та натрію (рис. 7). Така комбінація дозволяє досягнути рівня

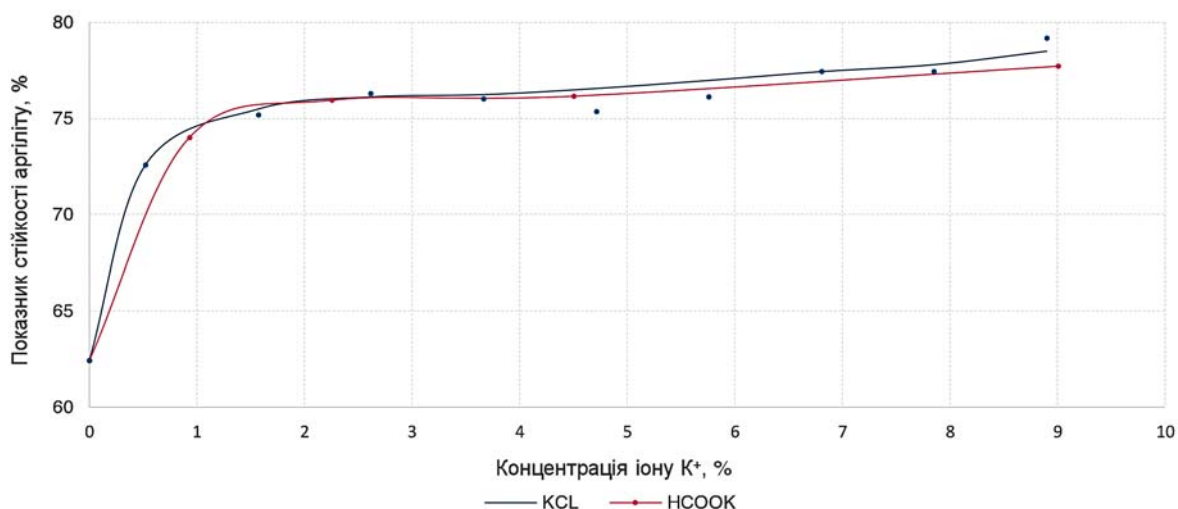


Рис. 2 – Порівняльний графік впливу хлориду калію та формиату калію на стійкість аргіліту при однаковій концентрації іонів K^{+}

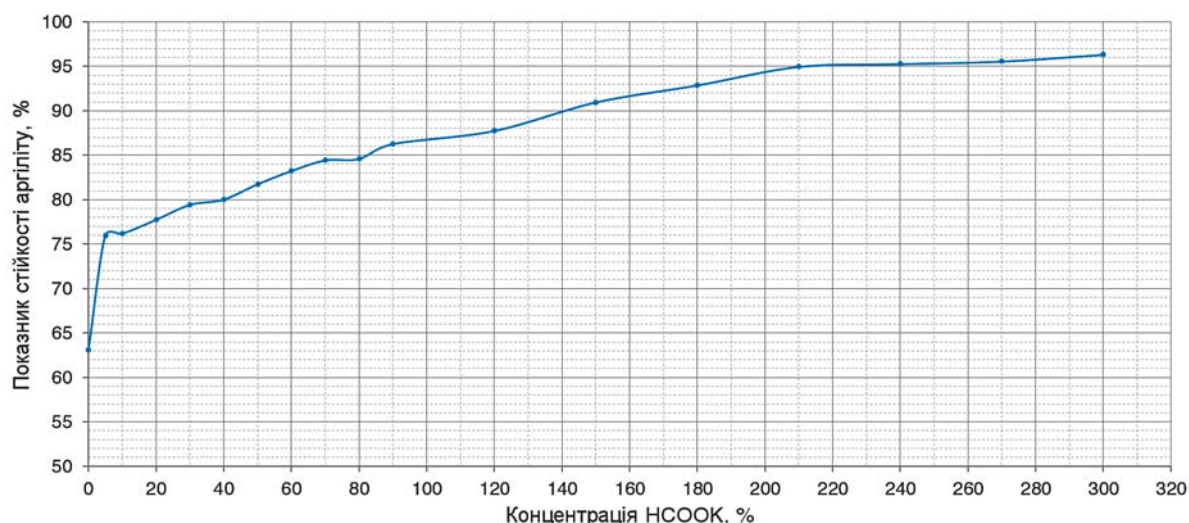


Рис. 3 – Вплив форміату калію на показник стійкості аргіліту

показника стійкості аргіліту 98 %, що на 2 % перевищує максимальний показник для форміату калію. При цьому, сумарна кількість солей для досягнення даного показника на 70 % нижча, ніж у випадку індивідуального використання форміату калію. Отже, підвищення інгібуючої здатності іону калію можливе за рахунок введення в буровий розчин іону натрію. Така комбінація дозволить не тільки досягнути більш високих показників стійкості, але і значно зменшить вартість промивальної рідини.

При спільному застосуванні хлоридів калію і кальцію їх вплив на процес інгібування порід залежить від співвідношення концентрацій солей в системі (рис. 8). При низьких концентраціях хлориду кальцію (менше 10 %) основний інгібуючий вплив на породу створює хлорид калію. Зі збільшенням концентрації хлориду кальцію, роль хлориду калію поступово зменшується і майже повністю нівелюється при концентрації хлориду кальцію більше 50 %. Подальше збільшення концентрації хлориду кальцію сприяє зростанню показника стійкості, але спостерігається ефект послаблення інгібуючої здатності сольової суміші по відношенню до розчину хлориду кальцію аналогічної концентрації.

Таким чином, виходячи з результатів досліджень, можемо зробити наступні висновки:

1. Оптимальна концентрація хлориду калію у фільтраті промивальної рідини, з точки зору інгібуючої здатності та економічної доцільності, становить 5 %. Тобто, додаткове введення хлориду калію в

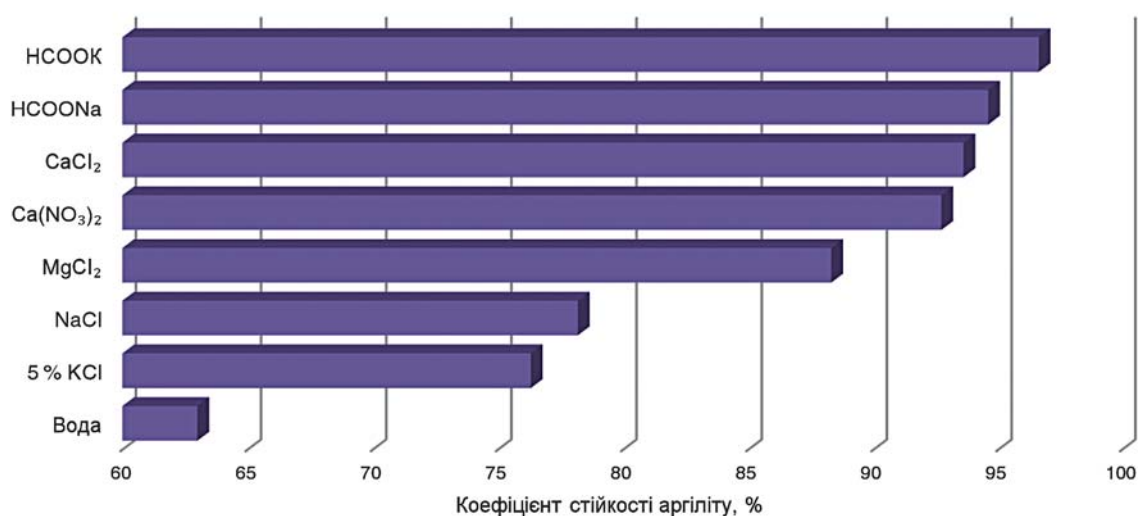


Рис. 4 – Порівняння показників стійкості аргіліту у воді та розчинах солей близьких до максимального насичення

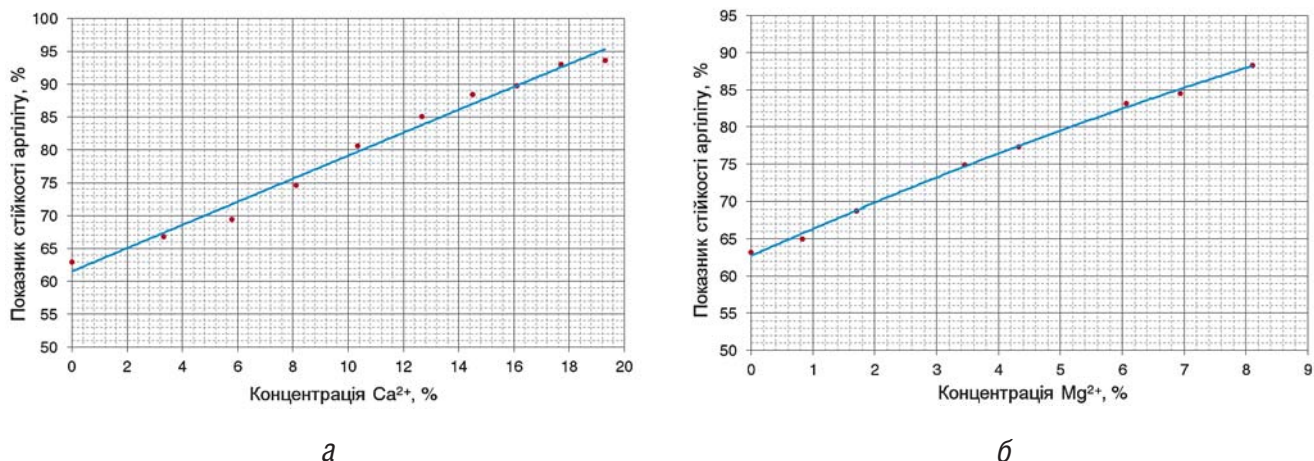


Рис. 5 – Вплив концентрації солей на показник стійкості аргіліту: а – CaCl_2 , б – MgCl_2

буровий розчин вище встановленої оптимальної концентрації практично не впливає на інгібуючу здатність, а тільки збільшує його вартість;

2. Всі солі, які досліджувалися, при концентраціях близьких до повного насичення володіють вищими показниками інгібування ніж хлорид калію. Отже, у бурових розчинах обважнених водорозчинними солями максимальна ступінь інгібування може бути досягнена без хлориду калію, а його застосування може бути взагалі непотрібним;

3. Підвищення ефективності інгібуючої здатності хлориду калію можливе за рахунок додаткового введення хлориду натрію. Таке поєднання дозволить не тільки досягнути більш високих показників стійкості, але і значно зменшить вартість промивальної рідини;

4. В системах, обважнених хлоридом кальцію, хлорид калію створює інгібуючий вплив лише при невисоких концентраціях хлориду кальцію (до 50 %). При більших концентраціях CaCl_2 хлорид калію погіршує інгібуючу здатність. Тобто використання хлориду калію в концентрованих розсолах хлориду кальцію є недоцільним.

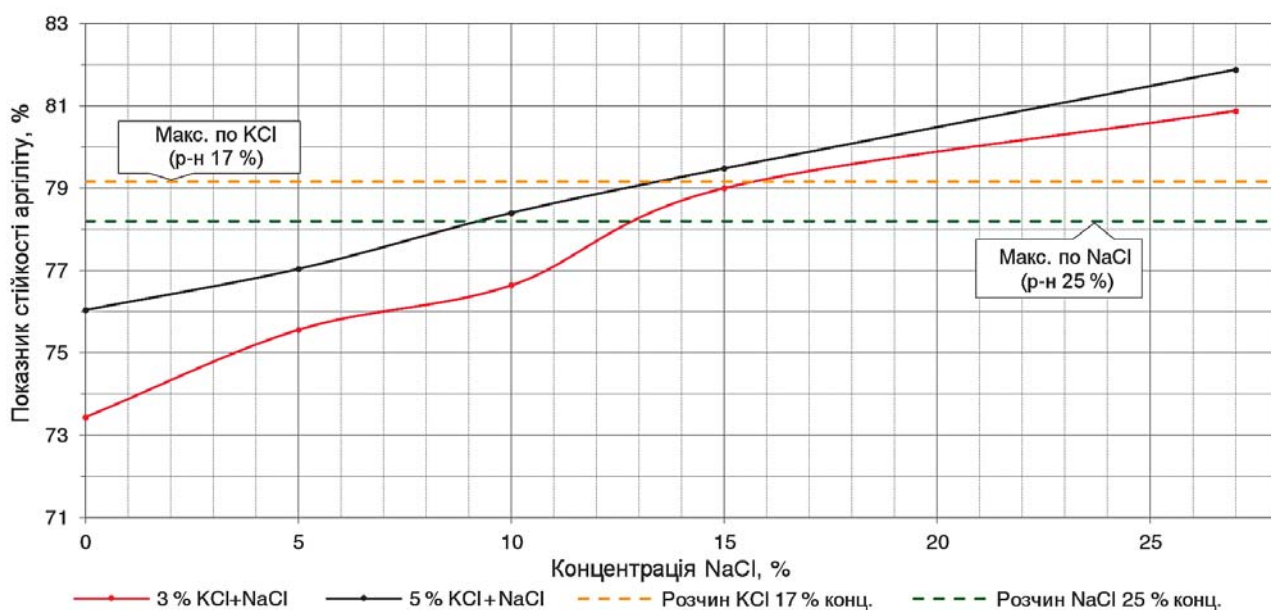


Рис. 6 – Підвищення стійкості аргіліту при спільному застосуванні хлоридів калію і натрію

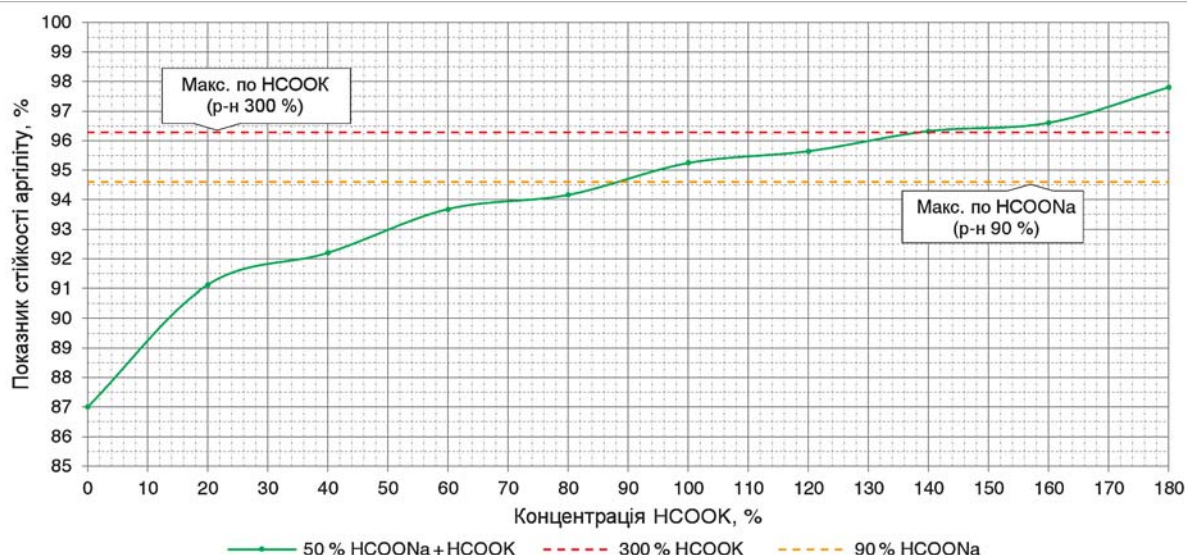


Рис. 7 – Підвищення стійкості аргіліту при спільному застосуванні формиату натрію і калію

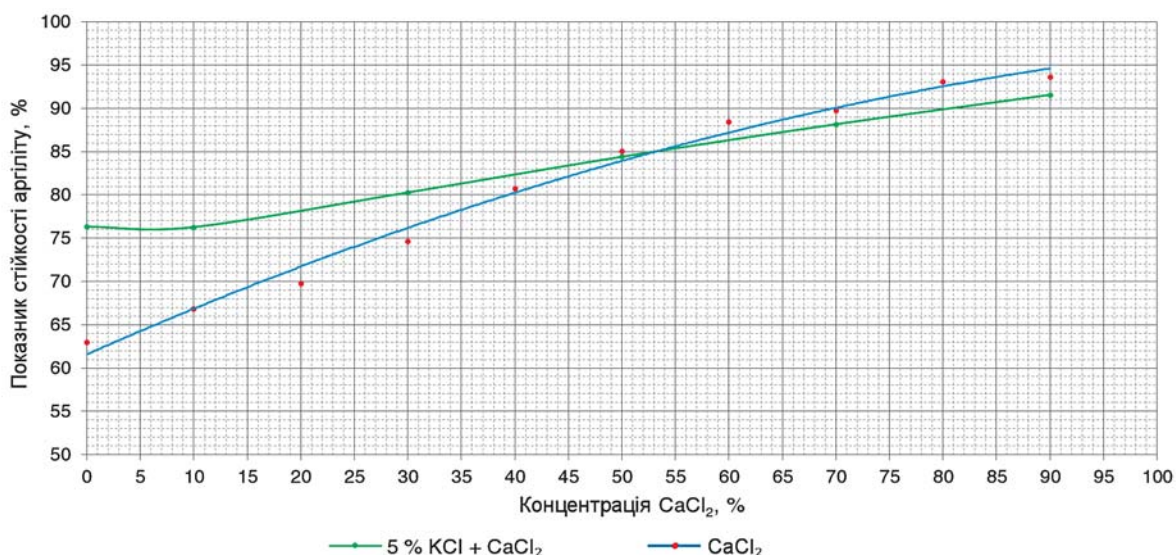


Рис. 8 – Підвищення стійкості аргіліту при спільному застосуванні хлоридів калію і кальцію

Література:

1. Киреев А.М. Управление проявлениями горного давления при строительстве нефтяных и газовых скважин: монография / А.М. Киреев, В.С. Войтенко. – Тюмень: Изд.-полиграф. Центр «Экспресс», 2006. – Т. 1. – 280 с.
2. Застосування безглинистих промивальних рідин в умовах високих пластових тисків і температур / [Ю.В. Лубан, С.В. Лубан, В.В. Дудзич та ін.] // Нафтогазова галузь України. – 2013. – № 2. – С. 18 – 22.
3. Новиков В.С. Устойчивость глинистых пород при бурении скважин / Новиков В.С. – М.: Недра, 2000. – 270 с.