

М.Д. САХНЕНКО, докт. техн. наук, проф., НТУ “ХП”,
Р.О. ШЕВЧЕНКО, інженер-технолог, УкрНДІгаз, м. Харків, Україна

РОЛЬ ЕЛЕКТРОКІНЕТИЧНИХ ЯВИЩ ПРИ ВИНИКНЕННІ УСКЛАДНЕНЬ ТА АВАРІЙ ПІД ЧАС БУРІННЯ НАФТОГАЗОВИХ СВЕРДЛОВИН

Розглянуто вплив електрохімічних процесів на можливість сальникоутворення при бурінні нафтогазових свердловин. Показано принципову можливість тестування бурових розчинів на прихвато-небезпеку. Розроблено методику усунення сальників на поверхні бурових труб.

Рассмотрено влияние электрохимических процессов на возможность сальникообразования при бурении нефтегазовых скважин. Показана принципиальная возможность тестирования буровых растворов на прихватоопасность. Разработана методика устранения сальников на поверхности буровых труб.

We analyzed electrochemical processes' influence on oil seal formation when drilling oil wells and demonstrated the possibility in principle to test the stickiness of drilling fluids. The method of seals removal from the surface of well tubes is developed.

Під час буріння свердловин на нафту та газ спостерігається велика кількість ускладнень, подолання наслідків яких призводить до значної втрати продуктивного часу та збільшення комерційної вартості спорудження свердловини.

Одним з найрозповсюджених типів аварій є прихоплення бурового інструменту [1].

Серед умов, які передують такому виду ускладнень, одне з чільних місць займає утворення сальників на бурильній колоні у зонах зменшення швидкості бурового розчину та кавернах.

Дійсно, при використанні бурових розчинів на водній основі при розбурюванні інтервалів молодих неметаморфізованих глин, так званих *gumbo shale*, на поверхні компоновки бурильної колони активно утворюється сальник.

Для попередження їх утворення найчастіше використовують мастильні домішки, які активно рекламують закордонні та вітчизняні виробники, хоча саме з'ясуванню механізму виникнення таких ускладнень приділено недостатньо уваги.

Найчастіше згадують про адгезійну взаємодію глинистих частинок з металевою поверхнею, але не звертають увагу на те, що процеси в свердловині виникають та перебігають за електрохімічним механізмом, оскільки за даними [2] різниця потенціалів між трубами та стінкою свердловини може сягати 1000 мВ.

Наведені обставини є причиною виникнення електрокінетичних процесів у свердловині, зокрема електрофорезу, тобто руху частинок глини та шламу під дією електричного поля.

Якщо радіус частинки значно більше товщини її подвійного електричного шару, то для розрахунку швидкості електрофорезу застосовують формулу Гельмгольца – Смолуховського:

$$U = \frac{D\xi E}{4\pi\eta}, \quad (1)$$

де U – швидкість електрофорезу, D – діелектрична проникність середовища, E – напруженість поля, η – в'язкість середовища, ξ – електрокінетичний потенціал.

Дослідження сальнікоутворення за електрофоретичним механізмом проведено на лабораторній установці, що складалась з двох металевих електродів фіксованої площі, до яких через систему вимірювальних приладів подавали струм з джерела постійного струму Б5-44.

Параметри електрофорезу (густина струму 30 мА/см², напруга 900 мВ), згідно [2], підтримували постійними впродовж однієї години.

В процесі електродної поляризації контролювали товщини шару глинистої кірки на одному з електродів, а при пропусканні зворотнього струму в системі – його руйнування; параметром варіювання був склад компонентів суспензії.

Дослідження на бентонітовій суспензії з різним вмістом глинистої фази, тобто різної густини, дали змогу встановити зростання швидкості електрофоретичного руху при збільшенні концентрації бентоніту (рис. 1).

Оскільки при збільшенні вмісту глинистої фази в'язкість суспензії зростає, то, як витікає з (1), електрофоретична швидкість повинна зменшуватись.

Насправді ж, як видно з рис. 1, вона росте.

Цей факт можна пояснити тим, що при збільшенні вмісту непровідних глинистих частинок діелектрична проникність середовища не зменшується,

як можна було б очікувати, а навпаки – збільшується, що пояснюється впливом поверхневої провідності частинок, зокрема, підвищеною провідністю ПЕШ [3].

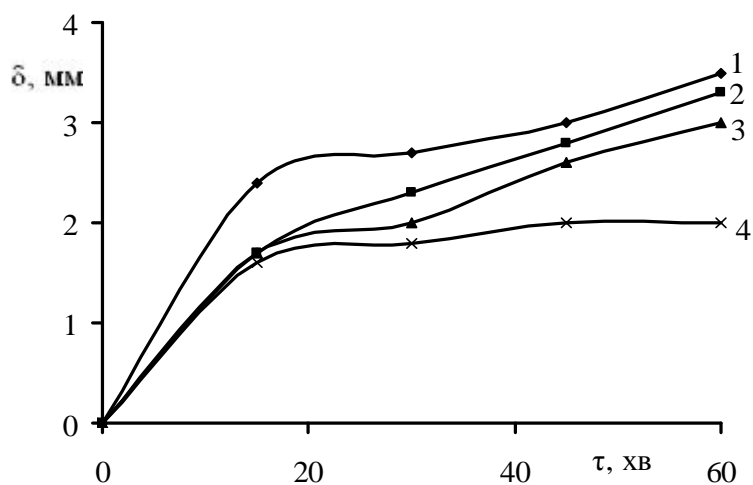


Рис. 1. Хронограми товщини утворення глинистої кірки від густини розчину бентоніту, г/см³: 1,06 (1), 1,05(2), 1,04(3), 1,03 (4).

Таким чином, можна стверджувати, що діелектрична проникність зростає суттєвіше, ніж густина суспензії, внаслідок чого електрофорез стає більш інтенсивним.

Майже аналогічно до глинистих частинок поведуть себе в електричному полі полімери, які за своєю фізико-хімічною природою є поліелектролітами, зокрема використаний нами біополімер Flo-vis, концентрацію якого варіювали від 0,1 до 0,5 %.

Як показали результати вимірювань, концентрація біополімеру суттєво не впливає на швидкість росту його кірки на поверхні електроду, до того ж, хоча електрофорез йде досить активно, але отримати компактну плівку на поверхні сталевого електроду не вдалось, скоріш за все через нездатність молекул полімеру до утворення міцних зв'язків між собою та матеріалом електроду.

Відомо, що зниження температури, введення у систему індиферентного електроліту (який специфічно не взаємодіє з поверхнею) і збільшення заряду іонів ведуть до зменшення товщини дифузного шару ПЕШ, тому відповідно зменшується і ξ -потенціал.

З цього випливає, що ξ -потенціал буде знижуватись і зі зменшенням діелектричної проникності середовища, наприклад, при додаванні у водний роз-

чин спиртів, ефірів, нафти та інших органічних речовин. Значний вплив чинить і рН середовища через високу адсорбційну здатність H^+ і OH^- -іонів.

Так як ξ -потенціал входить до рівняння (1), то, вочевидь, варіювання означених чинників буде впливати і на швидкість електрокінетичних процесів.

Для перевірки цієї гіпотези нами до розчину бентоніту та біополімеру додавалась сіль NaCl. Встановлено, що додавання NaCl до розчину бентоніту в концентрації більше 2 % унеможлиблює процес електрофорезу, тоді як біополімер Flo-vis зберігає високе значення ξ -потенціалу навіть при 10 %-ій концентрації NaCl (рис. 2). Дослідження, проведені з буровими розчинами з Березівської площі (рис. 3), підтвердили можливість утворення сальнику на металевій поверхні бурильних труб за рахунок електрофоретичних процесів.

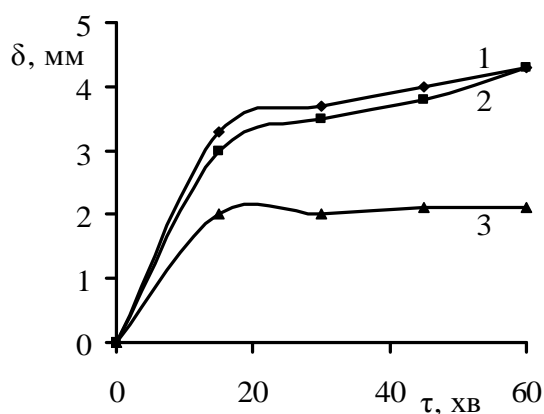


Рис. 2. Вплив на електрофоретичне утворення кірки біополімеру Flo-vis хлориду натрію, %:
1 (1), 3 (2) та 10 (3).

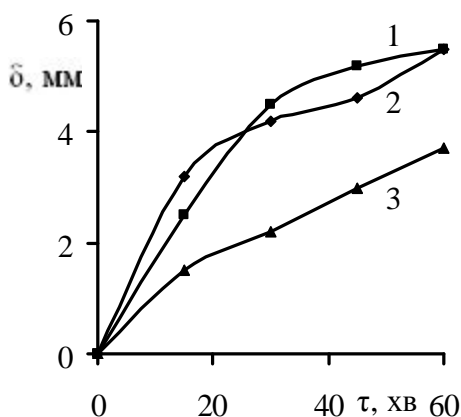


Рис. 3. Динаміка росту глинистої кірки у середовищі бурових розчинів зі свердловин Березівського ГКР:
1 – № 205, 2 – № 202, 3 – № 121.

Було також встановлено, що при накладанні електричного струму протилежної полярності можливий зворотній процес, тобто руйнування вже отриманої глинистої кірки на металевій поверхні.

Дійсно, при зміні полюсів робочих електродів спостерігали руйнування глинистої кірки товщиною близько 3 мм у середовищі глинистого розчину різної густини (рис. 4).

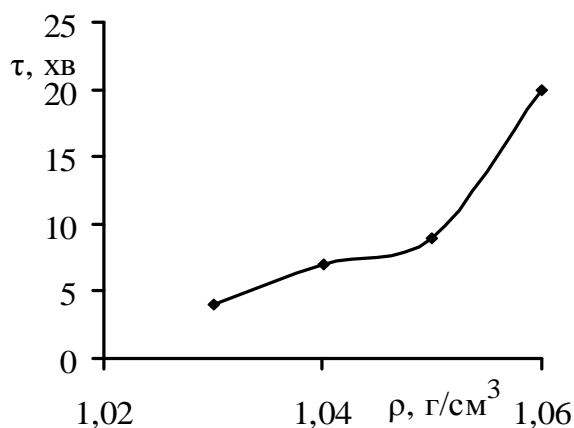


Рис. 4. Залежність часу руйнування глинистої кірки від густини глинистої суспензії

Зазначимо, що аналогічні дослідження, проведені на бурових розчинах з Березівського ГКР, дозволили встановити, що для повного очищення поверхні електродів потрібен час не більше 10 хв.

Наведені результати знаходяться у повній відповідності з висунутою нами гіпотезою щодо електрохімічної природи сальнікоутворення і та імовірні шляхи впливу на цей процес.

Таким чином, одержані результати дозволили визначити перспективні напрямки модифікації бурових розчинів, застосування яких дозволить зменшити “сальнікоутворення”, та склали підґрунтя до створення методики руйнування таких утворень і очищення поверхні бурильних труб.

Список літератури: 1. Пустовойтенко *И.П.* Предупреждение и ликвидация аварий в бурении / *И.П. Пустовойтенко.* – М.: Недра, 1988. – 279 с. 2. *Серяков А.С.* Электрическая природа осложнений в скважинах и борьба с ними / *А.С. Серяков, Л.К. Мухин.* – М.: Недра, 1980. – 134 с. 3. *Круглицкий Н.Н.* Физико-химическая механика дисперсных систем в сильных импульсных полях / *Н.Н. Круглицкий, Г. Г. Горovenko, П.П. Малюшевский.* – К.: Наук. Думка, 1983. – 192с.

Надійшла до редколегії 12.05.10