

Секція: Технічні науки

Псюк Мар'ян Орестович

асистент

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

м. Івано-Франківськ, Україна

Пилипчук Святослав Іванович

магістр

Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу

м. Івано-Франківськ, Україна

Середюк Василь Дмитрович

завідувач лабораторіями

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

м. Івано-Франківськ, Україна

ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ ВІДКЛАДЕНЬ СОЛЕЙ У ВИКИДНИХ ЛІНІЯХ НАФТОВИХ (ГАЗОВИХ) СВЕРДЛОВИН

Основними ускладненнями в роботі системи збору нафти і газу є:

- 1) корозійне руйнування металу труб (причиною корозійного руйнування є наявність у продукції, яку транспортують від свердловини, корозійно агресивних речовин – вуглекислого газу, сірководню, мінералізованої води та ін.);
- 2) накопичення рідини (води, конденсату) в понижених точках трубопроводу;
- 3) відкладення солей в трубопроводах за наявності сильно мінералізованої води;
- 4) гідратоутворення в газопроводах (закупорка труб сполуками газу і води (гідратами) за певних термобаричних умов);

5) відкладення парафіну при русі в трубопроводі парафінистої нафти з газом.

Корозійне руйнування в значній мірі зменшує товщину стінок труби і призводить до скорочення терміну служби трубопроводу. Крім того, корозія призводить до передчасного виходу з ладу запірно-регулюючої арматури, сепараторів та іншого обладнання. Поломки трубопроводів призводять до забруднення навколишнього середовища, створюють умови підвищеної пожежонебезпеки і є причиною великих втрат нафти, газу і конденсату. Всі перераховані вище ускладнення можуть призвести до часткового або повного припинення подачі нафти і газу споживачам. З метою забезпечення нормальної роботи нафто- і газопроводів необхідно постійно проводити заходи із запобігання виникнення цих ускладнень, тому що їх ліквідація пов'язана із великими затратами засобів (хімічні реагенти, техніка та ін.) і є дуже трудомісткою.

З-поміж перерахованих вище ускладнень під час експлуатації викидних ліній нафтових і газових (газоконденсатних) свердловин дуже серйозним ускладненням є відкладення солей. Відкладення солей призводять до закупорки трубопроводів. Відкладення солей дуже негативно впливають на безпеку експлуатації трубопроводів. Вони посилюють локальну корозію металу труб, що в свою чергу призводить до їх прискореного руйнування, а також до розливів нафти. При розливах нафти на трубопроводах може виникнути пожежонебезпечна ситуація, особливо при наявності в перекачуваній свердловинній продукції попутного нафтового газу. Як свідчить промисловий досвід, кількість відмов нафтогазопроводів з причини відкладення солей і розвитку локальної корозії становить до 40 % від загальної кількості відмов. Ситуація погіршується також тим, що виявити ділянки локальної корозії трубопроводів на практиці дуже важко. З промислового досвіду також відомо, що при збільшенні товщини шару відкладень солей в трубах

енергоспоживання при транспортуванні нафти фактично зростає на 15 – 60 % при різній товщині шару відкладень солей. Цей факт ілюструє реальний рівень економічних втрат в результаті відкладення солей в трубопроводах. Масштаби затрат на ліквідацію наслідків, що виникають в результаті відкладення солей у викидних лініях нафтових і газових (газоконденсатних) свердловин та збитки від зменшення кількості видобутку нафти і газу є колосальними [1, с. 10-12; 2, с. 52]. Зокрема, в [3, с. 11] вказується на те, що прямі затрати для вилучення відкладів солей із однієї свердловини можуть досягати 2,5 млн. доларів. Отже, підтримання свердловини в робочому стані, запобігання відкладень солей в свердловинах, нафтогазопромислового обладнання і системі збору нафти і газу є основним напрямком в боротьбі із відкладенням солей, тобто набагато краще здійснювати запобігання відкладення солей у викидних лініях нафтових і газових (газоконденсатних) свердловин, ніж витратити величезні кошти на їх ліквідацію [4, с. 1-3; 5, с. 1-2].

На багатьох нафтових і газових родовищах в процесі експлуатації свердловин відбувається інтенсивне відкладення солей в електро-відцентрових насосах, штангових насосах, а також в насосно-компресорних трубах, у викидних лініях і, в деяких випадках, в збірних колекторах. Найбільш помітне відкладення солей спостерігається у високообводнених свердловинах.

Солі, які містяться в пластових водах нафтових і газових родовищ, підрозділяються на водорозчинні (NaCl , CaCl_2) і солі, що нерозчинні у воді (CaCO_3 , MgCO_3 , MgSO_4 , гіпс). Основною причиною утворення і відкладення солей в процесі видобутку нафти і газу є порушення рівноваги, тобто зміна температури і тиску в нафтогазовій суміші. При порушенні рівноваги з водного розчину солей виділяється CO_2 . В результаті водний розчин стає перенасиченим солями і, як наслідок, утворюються кристали (зародки солей), які в процесі транспортування

можуть накопичуватися, рости і в кінцевому результаті відкладаються на стінках трубопроводу. При русі нафти, газу і пластової води по нафто- і газопроводах і колекторах відбувається виділення розчиненого газу, який також сприяє утворенню та відкладенню солей на внутрішній поверхні труб.

Основними причинами утворення відкладів солей на внутрішній поверхні трубопроводів є [6, с. 146-147]: випаровування; змішування несумісних вод; зміна термобаричних умов; розчинення газів; дегазація води та зміна її загальної мінералізації.

Для запобігання і ліквідації відкладень солей у викидних лініях нафтових і газових (газоконденсатних) свердловин використовуються такі методи [6, с. 149]:

1. Використання прісної води. Даний метод застосовують в основному для запобігання утворення водорозчинних солей. Застосовується в основному на установках підготовки нафти і характеризується низькою ефективністю.

2. Фізичний метод. Він ґрунтується на використанні для боротьби із відкладеннями солей магнітного поля, електроакустичного впливу та різного покриття трубопроводів. Суть цього методу полягає в тому, що при обробці води магнітним полем створюються умови для швидкого вирощування зародків кристалів солей, які поступово "ростуть" і на поверхні труб сорбують іони солей і в результаті випадають у вигляді аморфного шламу, який легко виноситься потоком рідини. Недоліками цього методу є обмежена область застосування, великі затрати на його впровадження і те, що він має локальний ефект.

3. Хімічний метод. Використовується для боротьби із відкладеннями карбонатних або сульфатних (водонерозчинних) солей, а також іноді для запобігання утворення водорозчинних солей. Цей метод полягає у використанні хімічних реагентів (інгібіторів) для запобігання та ліквідації відкладів солей. Суть хімічного методу полягає в тому, що

кристали солей, що утворилися, сорбуються з розчину інгібітором відкладення солей, в результаті чого на поверхні виникає колоїдна оболонка, яка перешкоджає прилипанню кристалів солей до поверхні трубопроводів або інших поверхонь. Крім того, для боротьби з водонерозчинними солями використовуються розчини соляної кислоти, яка взаємодіє із солями і призводить до утворення осадів (проте цей метод майже не використовується тому, що соляна кислота викликає корозію обладнання).

Хімічний метод запобігання відкладень солей у викидних лініях нафтових і газових (газоконденсатних) свердловин є найбільш поширеним і освоєним в нафтогазовидобувній промисловості, дешевий і простий у застосуванні (для боротьби з відкладеннями солей немає необхідності у використанні складної техніки і пристроїв), і є найбільш раціональним та ефективним.

Нафтогазовидобувною промисловістю застосовуються такі хімічні реагенти [1, с. 214-226; 7, с. 527]: триполіфосфат натрію (ТПФН); реагент ИСБ-1; гексаметафосфат натрію (ГМФН); КТІ-С; гіпан; інгібітори СНПХ-53, СНПХ-5100; окислений лігнін; інкредол; хлористий амоній; СОНСОЛ; ДПФ-1; поліакрилат натрію; оксіетилдендіфосфорова кислота (ОЕДФ); інгібітор відкладення солей Додіскейл В 270 W та інші.

В лабораторії із підвищення нафтогазоконденсатовіддачі Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу були проведені лабораторні дослідження з визначення ефективності інгібіторів відкладень солей (інкредол, КТІ-С, СОНСОЛ, поліакрилат натрію та СНПХ-5100). Лабораторні дослідження полягають у тому, що у пробірки з мінералізованою водою (робочий розчин, модель досліджуваного середовища) додають різні кількості досліджуваного інгібітору. Для досліджень використовувались стандартні зразки із сталі. Ст. 20 та мінералізована вода (мінералізація 100 г/л NaCl) або зразки рідини,

відібраної із свердловин. Зразки із сталі. Ст. 20 зважували на аналітичній вазі до проведення дослідів, витримували їх у мінералізованій воді за температури 60 °С протягом 16 год і знову зважували на аналітичній вазі (визначали масу зразка після проведення дослідів, в г). Після цього визначали швидкість відкладання солей на зразках за формулою:

$$V_{\text{в.с.}} = \frac{m_2 - m_1}{s \cdot \tau} \quad (1)$$

де m_1 – маса зразка до проведення дослідів, г; m_2 – маса зразка після проведення дослідів, г; s – площа поверхні зразка, м^2 ; τ – тривалість проведення дослідів, год.

Далі визначали захисний ефект інгібітору відкладення солей за формулою:

$$Z_{\text{з.еф.}} = \frac{V_{\text{в.с.о.}} - V_{\text{в.с.і.}}}{V_{\text{в.с.о.}}} \cdot 100, \% \quad (2)$$

де $Z_{\text{з.еф.}}$ – захисний ефект інгібітору відкладення солей, %; $V_{\text{в.с.о.}}$ – швидкість відкладання солей на зразках в неінгібованому середовищі, г / ($\text{м}^2 \cdot \text{год}$); $V_{\text{в.с.і.}}$ – швидкість відкладання солей на зразках в інгібованому середовищі, г / ($\text{м}^2 \cdot \text{год}$).

В таблиці 1 наведено результати з визначення захисного ефекту інгібіторів відкладення солей (інкредол, СОНСОЛ, поліакрилат натрію, СНПХ-5100 і КТІ-С) у мінералізованій воді (мінералізація води 100 г/л NaCl) за температури 60 °С при використанні стандартних зразків із сталі. Ст. 20 (тривалість дослідів 16 год; концентрація інгібітору відкладення солей 0,5 % мас.). З результатів, наведених в таблиці 1, можна зробити висновок про те, що найбільшим захисним ефектом володіє СНПХ-5100 (захисний ефект при концентрації 0,5 % мас. становить 91,52 %). Досить ефективними інгібіторами відкладення солей для даних умов є інкредол (захисний ефект при концентрації 0,5 % мас. складає 87,35 %) і поліакрилат натрію (захисний ефект становить 84,76 %). Ці три хімічні

реагенти (СНПХ-5100, інкредол та поліакрилат натрію) можна рекомендувати для використання з метою запобігання відкладень солей у викидних лініях нафтових і газових (газоконденсатних) свердловин.

Для ліквідації відкладень солей в нафтогазопроводах рекомендують проводити термохімічну обробку середовища із відкладеннями солей та

Таблиця 1

Результати з визначення захисного ефекту інгібіторів відкладення солей (інкредол, СОНСОЛ, поліакрилат натрію, СНПХ-5100 і КТІ-С) у мінералізованій воді (мінералізація 100 г/л NaCl) за температури 60 °С при використанні стандартних зразків із сталі. Ст. 20

Інгібітор відкладення солей	Захисний ефект інгібітору відкладення солей, %
інкредол	87,35
СОНСОЛ	81,28
поліакрилат натрію	84,76
СНПХ-5100	91,52
КТІ-С	76,89

поверхонь з наявними відкладеннями 15 % – ною соляною кислотою із додаванням хлористого натрію або хлористого амонію. [7, с. 160]. Застосовуються також сірчана і фосфорна кислота та органічні кислоти. Рихлі відклади гіпсу ліквідовують шляхом перетворення відкладів в результаті реакції їх із 10 – 15 % - ною соляною кислотою з додаванням нормальних та кислих солей лужних металів та промивкою водою. Щільні відклади гіпсу вилучають за рахунок перетворення цих відкладів в результаті реакції їх з 10 – 15 – ною соляною кислотою з додаванням розчинів етилендіамінтетраоцтової кислоти або її солей і 20 – 25 % – них розчинів гідроокисів лужних металів (KOH, NaOH) та синтетичних жирних кислот. Дуже щільні відклади мінеральних солей перетворюють шляхом контакту їх з комплексами (фосфорорганічними сполуками) або шляхом взаємодії їх з лужним розчином динатрієвої солі етилендіамінтетраоцтової кислоти (трилон Б).

Подавання інгібіторів або розчинників відкладення солей в нафтові (газові) свердловини можна здійснювати періодично за допомогою насосних агрегатів (без продавки або з продавкою в пласт) або способом неперервного дозування за допомогою дозуючих насосів по інгібіторо-проводах (централізована подача інгібіторів відкладення солей або розчинників у свердловини).

Література

1. Кащавцев В.Е. Солеобразование при добыче нефти / В.Е. Кащавцев, И.Т. Мищенко. М.: Орбита-М, 2004. 432 с.
2. Крабтри М. Борьба с солеотложениями – удаление и предотвращение их образования / М. Крабтри, Д. Эслингер, Ф. Флетчер, М. Миллер, Э. Джонсон, Д. Кинг // Нефтегазовое обозрение. 2002. Т. 7. № 2. С. 52-73.
3. Ишмуратов Ф. Г. Полисахариды: получение и влияние на ингибирование солеотложения и газогидратообразования / Ф. Г. Ишмуратов. Диссертация на соискание уч. степени канд. техн. наук. Уфа, 2018. 129 с.
4. Gerard, D.E. Calcium Carbonate Scaling. A Kinetics and Surface Energy Approach / D.E. Gerard, W. Zachowicz, G.H. Nancollas // NACE / Corrosion. 2004. N 04072. PP. 1-8.
5. Zhang, Y. Laboratory Determination of Calcium Carbonate Scaling Rates for Oilfield Wellbore Environments / Y. Zhang. R. Farquhar // SPE. 2001. N 68329. PP. 1-7.
6. Ибрагимов Г.З. Химические реагенты для добычи нефти: Справочник рабочего / Г. З. Ибрагимов, В. А. Сорокин, Н. И. Хисамутдинов. М.: Недра, 1986. 240 с.
7. Гвоздѣв Б.П. Эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений: Справочное пособие / Б.П. Гвоздѣв, А.И. Гриценко, А.Е. Корнилов. М : Недра, 1988. 575 с.