

**Кудим А.В., магістр спеціальності 185 Нафтогазова інженерія та технології
Науковий керівник: Пащенко О.А., к.т.н., доцент кафедри нафтогазової інженерії
та буріння**

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

ЗАПОБІГАННЯ ВІДКЛАДЕННЮ ТА ВИДАЛЕННЯ ГАЗОВИХ ГІДРАТІВ

Газові гідрати – це тверді кристалічні сполуки, що утворюються за певних термобаричних умов з води (водного розчину, льоду, водяної пари) і низькомолекулярних газів, що зовні нагадують лід або сніг. При розробці більшості нафтогазоконденсатних та газоконденсатних родовищ виникають проблеми з утворенням гідратів. Формування кристалогідратів визначається термобаричними умовами: робочим тиском та температурою. Важливу роль також грає молекулярний склад газу та кількість води. Зростання кристалів спостерігається при певних тисках і температурах та наявності достатньої кількості «будівельних» компонентів.

Процес формування гідратів відбувається поетапно, згідно з пунктами:

1. Досягнуто необхідних термобаричних умов: високий тиск у системі спільно з малою температурою. Гідратоутворюючі речовини містяться в системі достатньої кількості (метан, етан, двоокис вуглецю) і кількість води достатньо.

2. Молекули води, за допомогою водневих зв'язків вибудовують упорядковані кристалічні ґрати, у новоявленій структурі досить велика кількість порожнин.

3. Молекули гідратоутворюючої речовини займають вакантні порожнини, без хімічної взаємодії з молекулами-вузлами кристалічних ґрат.

4. Остаточне формування клатрату природного газу, структура кристалічних ґрат додатково стабілізується в присутності молекул-гостей, утворюється стійкий кристалогідрат.

Склад та будова кристалічної структури визначається концентрацією та видом молекул гідратоутворювальної речовини, що розміщуються в порожнинах решітки. Виходячи з їх сукупності даних параметрів, кристалогідрати класифікують за трьома типами. Також слід доповнити, що у нафтогазовій промисловості найбільш поширені структури I та II класів. Як правило, зонами можливого формування гідратів є трубопроводи, що здійснюють транспортування вуглеводнів. Факторами, що сприяють прискоренню процесу гідратоутворення, виступають такі явища:

Висока швидкість потоку. У трубопроводах та інших технічних лініях швидкість течії рідини досягає досить великих значень, що сприятливо позначається на процесі утворення гідратів.

Перемішування. Молекули в потоці газу в магістральному трубопроводі, резервуарі або теплообміннику знаходяться в хаотичному русі, безперервно перемішуються, підвищуючи інтенсивність формування гідратів.

Центри кристалізації. Гідратоутворення відбувається найбільш інтенсивно в областях, що відповідають сприятливими умовами для фазового переходу, тобто формування кристалогідрату - твердого з'єднання з рідини.

Вільна вода. Наявність води позитивно позначається на інтенсивності процесів формування гідратів, крім того, поверхня розділу газ-вода є сприятливим центром кристалізації.

Основним методом, що застосовується для запобігання та видалення вже утворених газових гідратів, є застосування розчину хлористого кальцію щільність $2,15 \text{ г/см}^3$ (CaCl_2 , молекулярна маса 111) являє собою білі кристали кубічної форми, сильно гігроскопічні, що розпливаються на повітрі. Водні розчини хлористого кальцію іноді мають біло-

жовтий або жовтий колір, що обумовлено домішками заліза. Розчинність у 100 г води за 20 °С становить 74,5 за 100 °С - 159 г.

Найважливішою перевагою водного розчину CaCl_2 є морозостійкість, розчин може не замерзати до температури мінус 55 °С. Для досягнення цього ефекту концентрація солі в розчині повинна бути 29,9%, проте застосування більш ніж 30% розчинів хлористого кальцію недоцільно, особливо в зимових умовах, тому що при більш високих концентраціях розчину з нього почнуть випадати кристали хлористого кальцію вже за близької температури 0 °С.

Розглянемо застосування даного інгібітору з погляду можливості його доставки до гирла свердловини, без безпосередньої участі та здійснення контролю спеціальним персоналом.

Подача розчину хлористого кальцію інгібітопроводом виключається, так як при дробленні солі і приготування розчину в ньому можуть залишатися великі шматки, здатні порушити нормальну роботу інгібіторопроводу. Крім того, найнижча температура замерзання розчину складає 55 °С. При приготуванні розчину завжди можливі відхилення від оптимальної концентрації на 1-2%. В цьому випадку можливе випадання кристалів твердої фази - кристалів льоду або хлористого кальцію вже при температурі нижче -40 °С, які можуть закупорити провід подачі інгібітору до свердловини.

Основною технологією для попередження гідратуутворення є закачування інгібітора в затрубний простір свердловини. Найбільш поширеним є реагент Дегітрат 4010 марки А і В, який служить відмінною заміною метанолу.

Дегітрат 4010 марки А і В є інгібіторами гідроутворення термодинамічної дії, антиагломерати яких мають принципово іншу дію - полімерна основа, яких перешкоджає кристалізації мікрочастинок у більшій і тим самим повністю запобігає утворенню гідратних пробок.

Таким чином доведена доцільність застосування хлористого кальцію з урахуванням питомих витрат для попередження гідратуутворення. Збільшити ефективність використання хлористого кальцію з мінімальною його витратою є пріоритетним завданням, адже перевитрата інгібітора призводить до зайвих витрат, що є вкрай небажаним. Оптимізувати раціональне використання хлористого кальцію можна за допомогою запропонованої технології подачі інгібітору.

В результаті розрахунків, пов'язаних з експлуатаційними витратами застосування інгібіторів, можна оцінити їх економічну ефективність. У порівнянні з метанолом застосування хлористого кальцію як інгібітор гідратуутворення найбільш економічно виправдане та вигідне. Загальні витрати при застосуванні хлористого кальцію практично в 2 рази менші від витрат, пов'язаних з використанням метанолу.

Список використаних джерел:

1. Ratov, B. T., Fedorov, B. V., Khomenko, V. L., Baiboz, A. R., & Korgasbekov, D. R. (2020). Some features of drilling technology with PDC bits. *Natsional'nyi Hirnychiy Universytet. Naukovyi Visnyk*, (3), 13-18.
2. Aziukovskyi, O., Koroviaka, Y., & Ihnatov, A. (2023). Drilling and operation of oil and gas wells in difficult conditions.
3. Ганкевич, В. Ф., Пащенко, О. А., & Киба, В. Я. (2015). Вплив вібрацій на буровий інструмент. *Вібрації в техніці та технологіях*, (4), 132-135.
4. Пащенко, О. А. Шляхи підвищення надійності та ефективності бурового обладнання. In *Форум гірників–2016: матеріали міжнар. конф.*, м. Дніпропетровськ (pp. 5-6).
5. Ihnatov, A., Koroviaka, Y., Rastsvietaiev, V., & Tokar, L. (2021). Development of the rational bottomhole assemblies of the directed well drilling. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 230, p. 01016). EDP Sciences