

© В.І. Дмитренко

канд. техн. наук

Полтавський університет

економіки і торгівлі

І.Г. Зезекало

д-р техн. наук

Дослідження антигідратних властивостей високомінералізованих пластових вод Західно-Радченківського газоконденсатного родовища

УДК 622.276.6

У статті розглянуто можливість використання високомінералізованих пластових вод для попередження гідратування на газоконденсатних родовищах. Викладено результати розрахунку антигідратних властивостей пластової води Західно-Радченківського газоконденсатного родовища і показано ефективність використання пластових вод для попередження гідратування в системі підготовки газу на Західно-Радченківському ГКР.

Ключові слова: гідратування, інгібітор, інгібіторний захист, природний газ, пластова вода, газові гідрати.

В статье рассмотрена возможность использования высокоминерализованных пластовых вод для предупреждения гидратообразования на газоконденсатных месторождениях. Изложены результаты расчета антигидратных свойств пластовой воды Западно-Радченковского газоконденсатного месторождения и показана эффективность использования пластовых вод для предупреждения гидратообразования в системе подготовки газа на Западно-Радченковском ГКМ.

Ключевые слова: гидратообразование, ингибитор, ингибиторная защита, природный газ, пластовая вода, газовые гидраты.

The possibility of using high mineralized formation waters for hydrate forming prevention on gas and condensate fields is considered. The calculation results of forming waters on West Radchenky gas and condensate field are stated. The efficiency of natural waters for the prevention of the hydrate formation in field gas rectification system is presented.

Key words: hydrate forming, inhibitor, inhibition protection, natural gas, mineralized natural waters, gas hydrate.

Процеси видобування газу на вітчизняних родовищах протікають в умовах гідратування. Небезпека відкладів газових гідратів і закупорки стовбурів свердловин, шлейфів, комунікацій, апаратів систем збирання може призвести до зупинки видобування [1, 2].

Серед технологій, які використовують для попередження гідратування, особливо потрібно відмітити технологію інгібування свердловин. У наш час як інгібітори гідратування в системі видобування і підготовки природного газу використовують органічні й неорганічні інгібітори [1–5]. Однак у ряді випадків доцільніше застосовувати високомінералізовані пластові води свердловини, антигідратні властивості яких не поступаються відомим інгібіторам.

Багато авторів пропонують використовувати антигідратну активність природних мінеральних солей [1, 5]. З одного боку, високомінералізовані пластові розсоли можуть забезпечити безгідратну експлуатацію газових свердловин. З іншого, вони мають мінімально негативний вплив на природне середовище і значно здешевлюють видобування сировини.

Тому актуальним є вивчення можливостей використання пластових вод для попередження гідратування в системі видобування і підготовки природного газу.

Із метою визначення можливості використання високомінералізованих вод для боротьби з гідратуванням на Західно-Радченківському газоконденсатному родовищі в системі підготовки газу застосовували пластову воду св. 202-Біс. Кількісний склад розчинених у ній речовин наведено в табл. 1.

Виходячи зі складу пластової води, можемо зробити припущення, що зниження температури гідратування повинно бути більшим, ніж у розчину NaCl з відповідною концентрацією, у зв'язку з наявністю хлоридів і йодидів кальцію і магнію, антигідратні властивості яких вищі; температура замерзання – нижча.

Газ Західно-Радченківського газоконденсатного родовища має такий склад, %: метан – 82,3; етан – 5,28; пропан – 2,49; ізо-бутан – 0,42; н-бутан – 0,22; пентан+вище – 0,81; N₂ – 4,36; CO₂ – 4,04.

Рівноважна температура гідратування для газу, який має густину 0,72 кг/м³, була розрахована за формулою Макогона–Схаляхо:

$$\lg P = \beta + \alpha(t_f + kt_f^2), \quad (1)$$

де P – тиск, бар; t_f – температура гідратування, °C; $k=0,03$; $\alpha=0,0497$; $\beta = \lg p_{\text{св.}}^0$.

За методом Dickens і Quinby–Hunt (рівняння 2) розраховано температуру гідратування за наявності пластової води:

$$\frac{1}{T_w} - \frac{1}{T_s} = \frac{6008n}{\Delta H} \left[\frac{1}{273,15} - \frac{1}{T_{fs}} \right], \quad (2)$$

де T_w – температура гідратування без введення інгібітору; T_s – температура гідратування за наявності інгібітору; ΔH – теплота дисоціації гідрату; T_{fs} – температура замерзання солового розчину; n – гідратне число.

Температуру замерзання сольового розчину розраховано за формулою Ранкіна (рівняння 3). Як показав експеримент, розраховану температуру замерзання добре підтверджують практичні результати, вона становить 31 ± 1 °С.

$$T = \frac{10^7}{36608 - 3279 \lg a_0 - 74302(\lg a_0)^2 - 607310(\lg a_0)^3} \quad (3)$$

Активність води для електролітів розраховано з моделі Enlezos Bishnoi (1988) (рівняння 4).

$$\ln a_w = -\frac{18vm}{1000} \left[1 + z_+ z_- \theta_1 + m\theta_2 + m^2\beta_2 \right], \quad (4)$$

де m – моляльність електроліту в розчині, v – стехіометрична кількість іонів в одному молі солі; z – заряд кожного іону солі; I – іонна сила розчину; $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ – розраховані параметри моделі Pitzer; A_ϕ – коефіцієнт Debye-Huckel.

$$\theta_1 = -\frac{A_\phi I^{0.5}}{I + I2I^{0.5}}, \quad (5)$$

$$\theta_2 = \beta_0 + \beta_1 \exp(-2I^{0.5}). \quad (6)$$

Активність води для суміші електролітів розраховано з використанням методу Patwardhan і Kumar (рівняння 7).

$$\ln a_w = \sum \left(\frac{m_k}{m_k^0} \right) \ln a_{w,k}^0. \quad (7)$$

Ефективність пластових вод із попередження гідратування експериментально визначено на установці низькотемпературної сепарації (НТС) комплексної підготовки газу (УКПГ) Західно-Радченківського родовища.

Результати розрахунків процесу гідратування за наведеними формулами та фактичні дані відображено в табл. 2. Результати розрахунків показали, що рівноважна

Таблиця 1

Склад основних солей, розчинених у пластовій воді св. 202-Біс

| Компоненти мінералізації | |
|---------------------------------|-------------------------|
| Катіони | мг/л |
| Na ⁺ +K ⁺ | 85883,70967 |
| Ca ²⁺ | 14028 |
| Mg ²⁺ | 912 |
| Fe ²⁺ | 139,6 |
| Fe ³⁺ | 7,444 |
| Аніони | мг/л |
| Cl ⁻ | 159570 |
| I ⁻ | 19,35 |
| Br ⁻ | 111,5 |
| B ³⁻ | 1,61 |
| HCO ⁻ | 536,8 |
| CO ²⁻ | 0 |
| CO ²⁻ | 13,168 |
| Густина | 1,178 г/см ³ |
| Загальна мінералізація | 22,165 % |

температура гідратування за наявності пластової води Західно-Радченківського родовища знижується на достатню величину, забезпечуючи безгидратний режим роботи свердловини і УКПГ.

Результати промислових випробувань підтвердили ефективність застосування пластової води родовища для попередження утворення гідратів: гідратування у свердловині і на УКПГ не виявлено. Крім того, завдяки використанню продукції свердловини витрати на підготовку газу до транспортування значно зменшилися.

Потрібно зазначити, що таке зниження рівноважної температури гідратування високомінералізовані пласто-

Умови гідратування Західно-Радченківського ГКР

| Тиск у сепараторі P, МПа | Температура гідратування без інгібітора, °С | | Температура гідратування з інгібітором, °С | |
|--------------------------|---|--------------|--|--------------|
| | у сепараторі | розрахункова | у сепараторі | розрахункова |
| I ступ. – 12 | +21 | +21 | -10 | -12 |
| II ступ. – 3 | +12 | +11 | -20 | -22,8 |

ві води проявляється в поодиноких випадках, що дало змогу використати їх як на свердловині, так і УКПГ. За даними В.А. Хорошилова, пластові води, які знижують рівноважну температуру гідратування на ≈ 11 °С, можуть бути використані для попередження гідратування стовбурів свердловин, шлейфів, внутрішньопромислових колекторів.

Висновок

Отже, пластові води Західно-Радченківського ГКР можуть бути ефективними інгібіторами гідратування. Схожі можливості зниження витрат у боротьбі з гідратами є в багатьох районах, де наявні високомінералізовані пластові води хлоркальцієвого типу, але їх використання має проводитися з урахуванням специфіки кожного родовища. Для застосування пластових вод необхідно визначити: температуру замерзання води; склад розчинених речовин; можливість випадання осаду за умови охолодження; рівноважні умови гідратування у присутності пластових вод. Цих даних цілком достатньо для розробки технології боротьби з гідратами із застосуванням пластових вод.

Список використаних джерел

1. **Истомин В.А.** Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах добычи газа / В.А. Истомин, В.Г. Квон. – М.: ООО «ИРЦГазпром», 2004. – 506 с.
2. **Макогон Ю.Ф.** Газовые гидраты, предупреждение их образования и использование / Юрий Федорович Макогон. – М.: Недра, 1985. – 232 с.
3. **Vu V.Q.** Use of a predictive electrolyte equation of state for the calculation of the gas hydrate formation temperature in the case of systems with methanol and salts / V.Q. Vu, P.D. Suchaux, W.Fürst // Fluid Phase Equilibria. – 2002. – V. 194–197. – P. 361–370.
4. **Masoudi R.** Estimating the hydrate stability zone in the presence of salts and/or organic inhibitors using water partial pressure / R. Masoudi, B. Tohidi // Journal of Petroleum Science and Engineering. – 2005. – V. 46, № 1–2. – P. 23–36.
5. **Андрющенко Ф.К.** Растворы электролитов как антигидратные ингибиторы / Ф.К. Андрющенко, В.П. Васильченко, В.И. Шагайденко. – Харьков: «Вища школа», 1973. – 38 с.