

Метод счетной оптической микроскопии позволяет определить геометрический размер частицы, но так как в поле зрения микроскопа мы видим плоскую двумерную картину объемной частицы, что касается третьего размера, то он не учитывается вовсе. Как известно, большинство частиц, встречающихся в природе не имеют правильной геометрической формы, которая, в свою очередь, определяет пористость, проницаемость, а также механические и аэромеханические свойства исследуемого образца. Поэтому для перехода от двумерной картины, которую мы наблюдаем в поле зрения микроскопа, в пространственную, описание реальной частицы приходится осуществлять с помощью изометричных математических аналогов, что вносит существенную погрешность в результат.

В методах седиментации размер частиц определяется на основе получения данных об их гидродинамических параметрах, а именно, по скорости их оседания в вязкой среде [2]. Приборы на основе весовой седиментации дают наиболее полную характеристику дисперсной системы, потому как исследуется гидравлический размер, который в отличие от геометрического показателя, учитывает все три размера, характеризующих объемное тело.

Седиментационный анализ дисперсных систем основан на уравнении, которое выведено из закона Стокса и позволяет определить размеры частиц дисперсной фазы, исходя из значений скорости их осаждения под действием силы тяжести:

$$r = \frac{9 \cdot \eta \cdot v}{2 \cdot (p - p_0) \cdot g} \cdot k \sqrt{v}$$

При определении размеров частиц при помощи седиментометра, осаждение частиц происходит по прямолинейной траектории, ввиду образования монослоя – исследуемая дисперсионная фаза равномерно распределяется по поверхности дисперсионной среды. Так же прибор оснащен высокочувствительной весоизмерительной системой, что позволяет совместить начало осаждения с началом отсчета, благодаря этому исключается образование погрешности, связанной с неопределенностью начального момента измерений. В этом преимущество использования седиментометра по сравнению с методами весовой седиментации из объема, где для достижения равномерного распределения дисперсионной фазы в среде, необходимо тщательно перемешивать суспензию, в связи с чем, траектория осаждения частиц отклоняется от прямолинейной, что закон Стокса не учитывает. Так же при использовании метода весовой седиментации из объема возникает неопределенность начального момента, обусловленная тем, что время задержки начала измерения выбирается по-разному. Но и у этого прибора есть свои недостатки. При обработке полученных данных, здесь, как и в других методах используется уравнение Стокса, при использовании которого, считается, что частица имеет правильную шарообразную форму. Как было сказано выше, зачастую форма частиц далека от сферической, что опять же влияет на рост погрешности в полученных результатах эксперимента.

В связи с актуальностью увеличения точности анализа гранулометрического состава, встает вопрос о создании нового метода, использование которого не будет влиять на полученные в ходе опыта данные.

Так же решением этой проблемы может стать комплексирование уже используемых методов, для уменьшения погрешности в ходе обработки полученных данных.

Литература

1. Дозморов П.С. Разработка программно-аппаратного комплекса для анализа гранулометрического состава осадочных пород // Международный научно-исследовательский журнал. – Москва, 2012. – № 7-1 (7). – С. 48 – 49.
2. Дозморов П.С. Контроль гранулометрического состава и проницаемости горных пород программно-аппаратными методами // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – Томск, 2015. – № 1. – С. 37 – 46.
3. Приваловская Г.А., Рунова Т.Г. Естественные ресурсы в народном хозяйстве СССР. – М.: Знание, 1977. – 48 с.

ОБРАЗОВАНИЕ ГАЗОГИДРАТОВ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМИ

В.В. Куприянов, П.И. Гайдук

Научный руководитель ассистент П.С. Дозморов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия

Целью данной статьи является рассмотрение процессов образования газогидратов и методов борьбы с гидратообразованием. Открытие гидратов как химических соединений относится к концу XIX в. В XX в. было установлено, что гидраты являются причиной пробкообразования в газопроводах.

В настоящее время проявляются проблемы образования газовых гидратов, осложняющие технологию разведки, добычи, транспорта, хранения и переработки газов. Природные газы в определенных термодинамических условиях вступают в соединение с водой и образуют кристаллы газогидратов. Эти кристаллы скапливаются в различных системах трубопроводов, скважин, промыслов. Условия борьбы с газогидратами являются довольно сложными. Уровень стоимости методов предупреждения и ликвидации газогидратов в системах разведки, добычи и транспорта сырья растет. Впервые гидрат газа был получен членом Королевского общества Англии (впоследствии его президентом) Г. Дэви в 1811 г. В 20-х гг. изучением гидратов занимался известный физик М. Фарадей В 1823 г. он впервые определил состав гидрата хлора. В течение

последующего столетия были получены равновесные кривые некоторых газогидратов, изучены их составы. Но свойства гидратов практически оставались не изученными, в особенности влияние газогидратов на окружающие осадочные породы и пластовые воды. Вплоть до последнего времени исследования гидратов газов носили чисто академический характер. Свойства гидратов не были изучены настолько, чтобы найти полезное применение в промышленности. В 60-х гг. прошлого столетия к изучению гидратов газов привлекаются современные инструментальные методы исследований, появляются серьезные теоретические обобщения, в результате которых были исследованы основные структурные особенности различных газогидратов, изучены их некоторые свойства. Впервые в промышленных инженерно-геологических условиях явления газогидратообразования были выявлены в районах развития вечной мерзлоты Восточной Сибири. Е.С. Баркан, Ю.В. Макагон и другие исследователи установили, что процессы газогидратообразования в газовых скважинах этих регионов не оказывали замораживающего воздействия на породы. Так как эти породы находятся длительное геологическое время в естественном замороженном состоянии.

Механизм формирования газогидратов определяется многочисленными факторами. Основными из них являются следующие: термодинамический режим геологического разреза, динамическая интенсивность миграции углеводородов, состав газов, степень газонасыщенности и минерализация пластовых вод, литологическая характеристика осадочных пород геологического разреза и др. Для современной термодинамической характеристики недр условиям перехода метана в гидрат соответствуют давления и температуры на глубинах, начиная с 130–250 м – для полярных зон, 350 м – для умеренных зон, 600 м – для экваториальной зоны.

Гидраты являются соединениями молекулярного типа, возникающими за счет вандерваальсовых сил. Химические связи у гидратов отсутствуют.

Гидраты газов имеют шесть различных форм в зависимости от молекулярной характеристики и структурных форм внутренних ячеек:

- 1) молекулярные соединения, характеризующиеся взаимосвязанными сквозными полостями-проходами;
- 2) каналные комплексы, образующиеся, когда молекулы-клатратообразователи образуют кристаллическую решетку с трубчатыми полостями;
- 3) слоистые комплексы, в которых имеются чередующиеся слои молекул, образующих клатрат, и молекул-включений;
- 4) комплексы с внутримолекулярным полым пространством, когда образующаяся молекула представляет собой крупную молекулу, имеющую вогнутость или углубление, в котором располагается молекула-включение;
- 5) линейные полимерные комплексы образуются молекулами клатрата, имеющие трубкообразную форму;
- 6) клатраты, образуемые в тех случаях, когда молекулы-включения заполняют замкнутые ячейки, по форме близкие к сферическим.

Химической связи не существует между молекулами воды, образующими структурную решетку гидратов, и включенными в них молекулами газа.

Внешне гидраты выглядят в виде четко выраженных прозрачных кристаллов разнообразной формы. Гидраты обладают высокой сорбционной способностью. Иногда наличие сорбционной пленки жидких углеводородов на поверхности кристаллов приводит к тому, что они выглядят оплавленными.

Состав газа определяет условия образования гидратов, чем выше молекулярная масса индивидуального газа или смеси газов, тем ниже требуется давление для образования гидрата при одной и той же температуре.

Гидратообразование – это процесс, возникающий при определенных значениях перепада давления и температуры и при обязательном наличии влаги. Гидраты похожи на белую снегообразную кристаллическую массу. Кристаллогидрат состоит из одной или нескольких молекул газа (метана, пропана, изобутана или сероводорода) и нескольких молекул воды. Для удаления кристаллогидратов используют в основном:

- 1) подогрев газа;
- 2) подогрев корпуса регулятора;
- 3) ввод метанола в газопровод.

Наиболее эффективным и широко распространенным является ввод метанола.

Метанол простейший одноатомный спирт, бесцветная ядовитая жидкость. Метанол используют из-за низкой стоимости, антигидратной активности, сохраняющей даже при низких температурах, низкой температуры замерзания, малой вязкости даже при температуре ниже минус 50 °С, его некоррозионности. Взамен чистого метанола можно использовать его водные растворы.

Метод подогрева газа используют при сохранении давления в газопроводе. Предупреждение образования гидратов происходит на промыслах, магистральных газопроводах и газосборных сетях.

Метод снижения давления используется как для ликвидации уже образовавшихся гидратообразований, так и для предупреждения их образования. Метод снижения давления дает положительный эффект при ликвидации гидратной пробки, образовавшейся при плюсовых температурах.

Рассмотрев основные методы борьбы с гидратообразованием в системах добычи, подготовки и транспортировки природного газа, сделал вывод о том, что лучше всего использовать ингибиторы гидратообразования, в данном случае предпочтительнее метанол. Метанол очень хорошо использовать на вновь проектируемых месторождениях, а так же он уже используется на таких газоконденсатных месторождениях как

Пырейное и Береговое, в составе природного газа которых присутствует диоксид углерода и сероводород, а также и на газораспределительных станциях и шельфовых газоконденсатных месторождениях.

Литература

1. Дегтярев Б. В. Борьба с гидратами при эксплуатации газовых скважин в Северных районах / Б. В. Дегтярев, Э.Б. Бухгалтер. – Москва: Недра, 1967. – 196 с.
2. Истомин В.А. Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах сбора и промысловой обработки газа и нефти / В. А. Истомин. – Москва: ВНИИЭГазпром, 1990. – 214 с.
3. Истомин В.А. Предупреждение и ликвидация газовых гидратов в системах добычи газа / В.А. Истомин, В.Г. Квон. – Москва: ООО «ИРЦ Газпром», 2004. – 507 с.
4. Коршак А.А. Основы нефтегазового дела / А.А. Коршак, А.М. Шаммазов. – Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2005. – 528 с.
5. Николаев Ю.П. Инженерная геология и полезные ископаемые Прикаспия / Ю.П. Николаев, В.Н. Синяков, А.О. Серебряков, О.И. Серебряков. – Астрахань: ЦНТЭП, 2007. – 492 с.
6. Егоров А.В. Газогидраты непосредственно на морском дне: природное явление и его теоретическое обоснование / А.В. Егоров, А.Н. Рожков // Препринт № 616. – Москва: Институт проблем механики Российской Академии наук, 1998. – 22 с.

МИЦЕЛЛЯРНЫЕ РАСТВОРЫ СЕЛЕКТИВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ДОБЫЧИ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ВОДОПРИТОКА ИЗ ТЕРРИГЕННЫХ КОЛЛЕКТОРОВ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

И.А. Левин

Научный руководитель ассистент К.И. Бабицкая

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Наиболее актуальной проблемой нефтяного комплекса России являются трудноизвлекаемые запасы [1]. Высоковязкие нефти в терригенном коллекторе обеспечивают снижение проницаемости в виду выпадения асфальтосмолопарафинистых отложений в нефтеносной части пласта, а также влекут за собой увеличение обводненности за счет подошвенной воды. «Классическая» кислотная обработка на терригенных коллекторах не всегда является эффективной, т.к. слабо влияет на скелет породы, и в то же время обеспечивает рост обводненности [2]. Таким образом, необходима разработка композиций, действие которых обеспечит интенсификацию добычи высоковязкой нефти из терригенных коллекторов за счет снижения вязкости нефти, увеличения фазовой проницаемости по нефти. В то же время, желательно получить снижение фазовой проницаемости по воде и ограничение водопритока из водоносной части пласта.

Целью данной работы является создание композиций мицеллярных растворов селективного действия для интенсификации добычи нефти и ограничения водопритока из терригенных коллекторов.

Такой мицеллярный раствор для извлечения нефти содержит смесь поверхностно-активных веществ и пресную воду. Содержание поверхностно-активных веществ, в массовых процентах, следующее:

- АПАВ – 1,71,
- цвиттер-ионный ПАВ – 5,61,
- НПАВ – 8,86,
- пресная вода – остальное.

Исходный мицеллярный раствор обладает вязкостью 70,36 мПа·сек при скорости сдвига 40 с⁻¹ и плотностью 0,991 г/см³.

Разработанный мицеллярный раствор был экспериментально проверен. Определение динамической вязкости проводилось на реометре Modular Compact Rheometer MCR52 (Anton Paar GmbH, Austria) в измерительной ячейке плита–плита PP50 при 25 °С и скоростях сдвига от 1 до 100 с⁻¹. Также были определены величины межфазного натяжения на границе раздела «нефть – разработанный состав» и «нефть – пластовая вода» на тензиометре вращающейся капли SVT 15N производства DataPhysics.

Компонентный состав пластовой воды, при котором происходит данная реакция, представлен в таблице. Минерализация составляет 274,6 г/л.

Таблица

Компонентный состав пластовой воды

Компонент	Диапазон значений, г/л
Na ⁺ + K ⁺	43,0–65,0
Ca ²⁺	15,0–23,0
Mg ²⁺	5,5–8,5
Cl ⁻	110,0–164,0
HCO ₃ ⁻	0,05–0,07
SO ₄ ²⁻	1,0–1,5