

УДК 622. 245.422

ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА СКВАЖИН ПОДЗЕМНЫХ ХРАНИЛИЩ ГАЗА В КАМЕННОЙ СОЛИ

© Димитриади Ю.К., Минченко Ю.С., **Перейма А.А.**

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

В мировой практике создания подземных хранилищ углеводородов наметилась устойчивая тенденция повышения темпов строительства подземных резервуаров в непроницаемых горных породах. Особенно интенсивно ведется строительство подземных резервуаров, создаваемых в отложениях каменной соли геотехнологическим методом, что обусловлено рядом экономических и экологических преимуществ. Суть предлагаемой технологии заключается в разработке стабильной при контакте с рассолом буферной жидкости, доставляемой на поверхность рассола с целью обеспечения возможности установки промежуточного моста для проведения работ по восстановлению герметичности заколонного пространства основной обсадной колонны и цементирования дополнительной обсадной колонны с применением специальных пакеров и облегченных тампонажных растворов.

Ключевые слова: *подземный резервуар, каменная соль, подземные хранилища газа, ремонт скважин, буферная жидкость, герметичность крепи, тампонажный раствор.*

Одной из важнейшей проблем в области хранения газа является обеспечение герметичности скважин ПХГ, что обеспечивает надежность их эксплуатации и получение дополнительного объема извлекаемого газа. Первостепенное значение для решения этих задач имеет необходимость поддержания эксплуатационного фонда скважин ПХГ в рабочем состоянии.

Изменение условий работы скважин в результате длительной эксплуатации: коррозионный износ обсадных труб, негерметичность цементного камня в затрубном пространстве за основной обсадной колонной и др., – существенно расширили круг проблем, требующих решения при проведении ремонтно-восстановительных работ (РВР).

Одной из основных задач при проведении работ по восстановлению герметичности технологических скважин подземных резервуаров в каменной соли является необходимость изолировать выработку-емкость большого геометрического объема, заполненную насыщенным хлоридно-натриевым раствором (рассолом), от технологической скважины. Технически такое разделение может быть осуществлено при помощи промежуточного моста, устанавливаемого ниже башмака эксплуатационной колонны в необсаженном стволе скважины. Для установки промежуточного моста могут быть использованы различные механические устройства или буферные жидкости (БЖ), основное назначение которых отделить рассол от тампонажного раствора.

Схема обвязки устья скважины специальным оборудованием для установки промежуточного цементного моста показана на рисунке 1.

Очевидно, что в заполненной рассолом скважине без применения какого-либо разделителя тампонажного раствора от рассола установить цементный мост невозможно. В практике бурения и ремонта скважин для разделения потоков жидкостей широко используются различные дисперсные системы с высокими структурно-реологическими показателями, в том числе вязко-упругие составы (ВУС) на полимерной основе.

Получаемые на основе вышеуказанных полимеров ВУС, как было установлено лабораторными исследованиями, обладают вязко-пластичными свойствами, которые необходимы для выполнения функции разделителя тампонажного раствора от рассола в скважине подземного резервуара. Однако при этом в течение 2-3 ч после размещения ВУС на рассоле происходит разрыхление его поверхности, примыкающей к стенкам сосуда с рапой, что свидетельствует о недостаточной устойчивости этих ВУС в насыщенных растворах хлорида натрия. В этой связи предлагается применить органоминеральную БС для формирования разделительного слоя на поверхности рассола в подземном резервуаре из каменной соли, которая должна отвечать следующим требованиям:

- быть совместимой с хлоридно-натриевыми растворами (NaCl) различных концентраций, каменной солью, вмещающей подземный резервуар, а также с другими технологическими жидкостями (например, тампонажными растворами), используемыми при ремонте технологических скважин;
- иметь необходимую плотность для обеспечения возможности образования разделительного слоя и приобретения структурно-механических свойств на поверхности рассола;
- иметь достаточное время структурообразования для транспортировки на поверхность рассола в выработке-емкости;
- иметь адгезию к каменной соли и необходимую прочность, обеспечивающие возможность закачки на её поверхность требуемого объема облегченного тампонажного раствора с целью установки первого (промежуточного) цементного моста;
- быть устойчивой и стабильной при контакте с рабочими средами (рассолом, цементным раствором) в конкретных условиях применения;
- сохранять свои структурно-механические свойства в течение времени, необходимого для затвердения облегченного тампонажного раствора в процессе установки первого (промежуточного) моста;
- иметь ингредиентный состав, обеспечивающий экологическую безопасность применения;
- быть технологичной в приготовлении и использовании;
- не вызывать коррозии металла обсадных труб, элементов технологического оборудования;
- быть пожаро- и взрывобезопасной.

Таким образом, наиболее целесообразным для обеспечения возможности установки промежуточного моста в соляном резервуаре, содержащем рапу, является применение полимерных систем, позволяющих устранить отрицательное влияние рапы на физико-механические свойства цементного раствора устанавливаемого промежуточного моста. В этом случае роль БЖ как разделителя тампонажного раствора и рапы может быть обеспечена при условиях образования буферного слоя на поверхности рапы, причем этот буфер должен иметь необходимые прочностные свойства и адгезию к каменной соли, чтобы выдержать определенный столб тампонажного раствора и надежно предотвратить его контактирование с рапой.

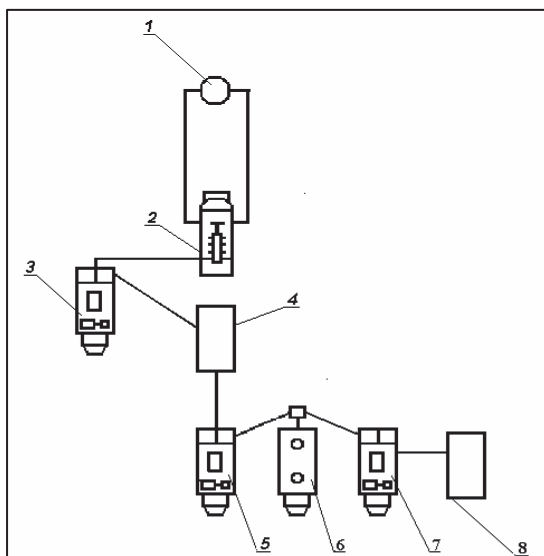


Рис. 1. Схема обвязки устья скважины специальным оборудованием для установки промежуточного цементного моста

1 – скважина; 2 – БМ; 3, 5, 7 – ЦА; 4 – осреднительная емкость; 6 – УС-6/30, 8 – ёмкость с водой затворения

Рекомендуемая БЖ включает [1] дисперсионную среду, глину и анионный полимер. Дисперсионная среда представляет собой водную дисперсию полиуретана с массовой долей сухого вещества 28–32 %, то есть содержит достаточное количество воды для активизации процессов гелеобразования в результате гидролиза полимерных компонентов и набухания глинопорошка. Образующаяся глинисто-полимерная система при перемешивании введенных в водную полиуретановую дисперсию марки Аквапол 10 сухих ингредиентов по истечении 1,5–2 часов представляет собой гелеобразную жидкость с пластической вязкостью в пределах 120–144 мПа·с, достаточной для удержания дисперсной фазы (частиц глинопорошка, Монасила и полимеров акриламидов) во взвешенном состоянии по всему объему и для закачки на поверхность рассола в скважину подземного резервуара без осложнений.

Высокая способность БЖ предотвращать контакт тампонажного раствора, используемого при герметизации скважин с рассолом, заполняющим подземный резервуар, обеспечивается совместным взаимодействием используемых в рецептуре БЖ глинопорошка Бентокон «Супер 200», водной полиуретановой дисперсии марки Аквапол 10 с рассолом при участии Монасила в создании равномерно распределенного слоя на поверхности рассола.

Концевые группы алкиламидов полиуретановой дисперсии (аминные и карбоксильные) способны образовывать соли металлов. После доставки БЖ на поверхность рассола по границе её контакта с ним практически мгновенно образуется содержащая глинистые частицы отвержденная часть, состоящая из быстро взаимодействующих с хлоридом натрия алкиламидов звена полиуретанов Аквапола 10, выше которой БЖ находится в неотвержденном пастообразном состоянии. При этом изолирующий слой пастообразной БЖ, находящийся на поверхности её затвердевшей части, плотно примыкает к боковой поверхности стенок резервуара, образуя прочный полимерно-глинистый экран для закачки на него тампонажного раствора, используемого при герметизации скважины.

Плотности контакта пастообразной БЖ со стенками резервуара из каменной соли способствует равномерное распределение слоя на рассоле за счет его однородного стабилизированного состава. Кроме того, при взаимодействии продуктов гидролиза

Монасила и минеральной составляющей глинопорошка на поверхности стенок резервуара в каменной соли образуется цементирующая пленка из силикатов поливалентных металлов глинистой фракции. Это является дополнительным фактором плотного примыкания слоя БЖ к стенкам резервуара. В совокупности вышеописанное обеспечивает высокую изолирующую способность БЖ.

Несущая способность БЖ характеризует её способность после полимеризации выдерживать без перемещения на контакте со стенками резервуара нагрузку, создаваемую тампонажным раствором плотностью 1320 кг/м^3 при его размещении на поверхности БЖ. Определяют расчетным путем как удельную нагрузку (кПа/м) исходя из условия образования на рассоле столба БЖ высотой, равной 1,5 диаметра вмещающего сосуда, на поверхность которой после полимеризации доставляется вышеуказанный тампонажный раствор в объеме, не менее чем в 2,5 раза превышающем высоту столба БЖ.

БЖ имеет следующие технологические свойства: плотность $\rho=1055 \text{ кг/м}^3$, пластическая вязкость $\eta=120 \text{ мПа}\cdot\text{с}$, стабильность фазового состава 97 %, изолирующая способность 98 %, несущая способность 35,1 кПа/м.

После полимеризации буферной системы (БС) до пастообразного состояния на её поверхность доставляется тампонажный раствор, в зоне контакта которого с БС происходит образование пластичной цементно-полимерной массы, обеспечивающей высокую несущую способность всего слоя БС, то есть возможность БС прочно удерживать без перемещения на своей поверхности столб тампонажного раствора ($\rho = 1320 \text{ кг/м}^3$), не менее чем в 2,5 раза превышающий столб БС. После затвердения тампонажного раствора образуется цементный мост, являющийся основой для ведения дальнейших работ по герметизации скважины подземного резервуара, заполненного рассолом [1, 2].

С учетом вышесказанного очевидно, что характер полимеризации БЖ на рассоле обеспечивает образование качественного изолирующего слоя с высокой несущей способностью, предотвращающего потерю закачиваемого на него тампонажного раствора (из-за неплотного примыкания к стенкам резервуара и частичного протекания на дно резервуара), что сокращает материальные затраты и способствует повышению эффективности проведения работ. Таким образом, применение новых технологических жидкостей с описанными свойствами позволяет установить двухслойный цементный мост на затвердевшей на поверхности рассола органоминеральной смеси БС, состоящий из облегченного цементного раствора и армированного тампонажного раствора, и с целью восстановления герметичности скважины провести изоляционные работы в основной обсадной колонне, а также спуск и цементирование дополнительной обсадной колонны.

Для обеспечения герметичности цементного кольца при знакопеременных нагрузках эксплуатации скважин ПХГ и предотвращения межколонных давлений цементирование дополнительной обсадной колонны предусматривается проводить тампонажным раствором, армированным базальтовым волокном.

Армированный наполнителем (базальтовым волокном) и содержащий газоблокатор цементный камень отличается от цементного камня из «чистого» портландцемента пониженной газопроницаемостью и высокой адгезией к металлу [3–6]. При испытании на прочность армированный камень имеет упруго-пластичный характер разрушения, в то время как камень из «чистого» цемента – хрупкий, с откалыванием частей различного размера, что подтверждается испытаниями двухсуточного цементного камня на трещиностойкость.

Во избежание растрескивания цементного камня при ударных нагрузках изоляционные работы и цементирование дополнительной обсадной колонны также проводятся АТР того же состава, что при установке второго цементного моста.

Применение комплекса мероприятий [1, 7] по организации проведения ремонтных работ и технологий, представленных в докладе, позволит повысить эффективность проведения РВР в скважинах подземных резервуаров в каменной соли.

Литература

1. Патент № 2475513 Российская Федерация, МПК⁷ С 09К 8/40. Буферная жидкость, используемая при герметизации скважины подземного резервуара, заполненного рассолом / Перейма А.А., Трусов С.Г., Минченко Ю.С. // Заявитель и патентообладатель ПАО «Газпром». № 2011138002/03; заявл. 14.09.2011; опубл. 03.10.2012.
2. *Минченко Ю.С.* Буферная жидкость, используемая при герметизации скважины подземного резервуара, заполненного рассолом // Булатовские чтения: материалы II Международной научно-практической конференции. Т. 3. Бурение нефтяных и газовых скважин. Краснодар: Издательский Дом-Юг. 2018. С. 191-193.
3. *Перейма А.А., Дмитриади Ю.К.* Применение дисперсно-армированных тампонажных материалов для повышения эффективности строительства и эксплуатации скважин // Вестник Северо-Кавказского федерального университета, 2013. № 5 (38). С. 27–23.
4. Дисперсное армирование цементного камня как способ повышения его трещиностойкости / *А. Перейма, А. Н. Олейников, В. С. Барыльник, М. В. Герасименко* // Сб. науч. трудов ООО «ТюменНИИгипрогаз». Тюмень: Флат, 2011. С. 169–171.
5. *Гасумов, Р.А., Минченко Ю.С.* Повышение качества цементирования скважин применением дисперсно-армированных тампонажных материалов // Научно-технический журнал. Нефтепромышленное дело, 2016. № 8. С. 53-57.
6. *Перейма А.А., Минченко Ю.С., Трусов С.Г.* О влиянии химической обработки тампонажных растворов на эффективность действия расширяющих добавок // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море, 2011. № 5. С. 27-30.
7. *Гасумов, Р.А.* Технично-технологические предложения по креплению скважин подземных гелиехранилищ в каменных солях / *Р.А. Гасумов, М.А. Кашапов, Ю.С. Минченко* // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море, № 7. 2016. С. 37-41.