

ціонального гірничого університету. Науково – технічний журнал. № 7, Дніпропетровськ НГУ, 2009 с. 45 – 50

3. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. Под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

Поступила 16.06.11

УДК 622.244.46

А. А. Игнатов

Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина

КЛАССИФИКАЦИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ И ВЗАИМОСВЯЗИ МЕЖДУ РАЗЛИЧНЫМИ ЯВЛЕНИЯМИ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СКВАЖИН ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГАЗОЖИДКОСТНЫХ СИСТЕМ

Приведен анализ особенностей физико-химических процессов протекающих на границе раздела фаз при очистке скважины от продуктов разрушения газожидкостными смесями. Показана ведущая роль явлений адсорбции в механизме образования комплексов «пузырек газа – частица горной породы». Обозначены общие принципы подхода к решению задач прочности прикрепления.

Ключевые слова: *Скважина, газожидкостная смесь, продукты разрушения, адсорбция, поверхность – активное вещество, поверхность раздела, пена.*

Введение

Газожидкостные системы широко применяются при бурении скважин на твердые, жидкие и газообразные полезные ископаемые во многих странах мира в самых разнообразных геолого-технических условиях. Причем, анализ статистических данных позволяет говорить о непрерывном увеличении масштабов применения газожидкостных систем. Такие факты определяют существенную заинтересованность ряда отраслей в формулировании основных закономерностей указанной технологии бурения.

В настоящее время установлены основные области эффективного применения газожидкостных систем, разработан целый ряд рецептов приготовления смесей, соответствующих различным горно-геологическим условиям, созданы специальные устройства для получения пен и ее нагнетания в скважину [1].

Многое сделано в области изучения циркуляционных процессов в скважине. Накоплен и быстро увеличивается объем материалов по гидромеханике потока газожидкостных систем, например [2]. В то же время недостаточно количество сведений о физико-химической связи явлений, протекающих на границе раздела фаз. В частности нет количественных данных о взаимодействии в системе «пузырек газа – частица горной породы».

Трудности изучения указанных аспектов заключаются в большом количестве физико-химических факторов.

Цель настоящей работы – теоретическое обоснование метода определения прочности закрепления на основе физико-химических характеристик поверхности раздела фаз комплекса «пузырек газа – частица горной породы».

Основной материал

В основу настоящей и предыдущих работ положены закономерности термодинамики, на основе которых можно получить определенные количественные зависимости [3]. Такое рассмотрение взаимодействия фаз не противопоставляется физическому принципу, а лишь является иным методом подхода к изучению и раскрытию сущности явлений. Здесь важно отметить следующие обстоятельства изучения механизма процессов. Все вопросы рассматриваются с точки зрения соответствия теоретических предпосылок условиям применения газожидкостных систем при очистке скважин. В свою очередь, правильность формулирования выводов сопровождается подтверждением фактическими данными, известными из практики буровых работ.

Справедливость приложения именно термодинамического подхода к объяснению явлений, протекающих в скважине при очистке ее газожидкостными смесями, была проиллюстрирована в работе [3]. Вместе с тем, обнаружение и объяснение только качественной стороны предложенного механизма взаимодействия на границе раздела позволяет только охарактеризовать процессы и предсказать их направленность. А с точки зрения самой технологии бурения с использованием газожидкостных смесей, важной задачей представляется поиск определенных количественных зависимостей между теми или иными параметрами взаимодействующих фаз. В этой связи наиболее существенной задачей является научное обоснование способов подбора эффективных реагентов-пенообразователей, так как в данном случае только с их помощью можно создать требуемые условия процесса очистки скважины от продуктов разрушения и открыть путь к его интенсификации (при необходимости). Выдвижение на первый план физико-химических свойств пенообразователей обусловлено естественной невозможностью регулирования поверхностных свойств твердой фазы, иными словами продуктов разрушения горных пород на забое.

Анализ различных составляющих процесса очистки скважины при бурении [4], позволил определить в качестве главенствующей энергетическую сторону взаимодействия фаз, наиболее ярко проявляющуюся при использовании газожидкостных смесей. В свете этого, характеризуя явление образования комплекса «пузырек газа – частица горной породы», как самопроизвольный процесс, сокращающий запас энергии системы, можно посредством физикохимии вывести количественные закономерности, определяющие прочность возникающих систем.

Рабочей гипотезой, объясняющей сам факт взаимодействия и его результаты, был выдвинут принцип адсорбционного механизма прикрепления пузырька газа к частице разрушенной породы. Формулировка определенных зависимостей при этом будет обосновываться известными теоретическими положениями физической химии [5]. Поэтому представляется целесообразным остановиться на определении этих понятий более детально. Поверхность раздела двух фаз обладает свободной энергией. Величина этой энергии W зависит от площади междуфазовой поверхности S и величины удельной поверхностной энергии σ , которая является специфической константой, зависящей от свойств соприкасающихся фаз

$$W = \sigma S. \quad (1)$$

Согласно принципам термодинамики, самопроизвольно могут протекать только те процессы, при которых $\Delta W < 0$. Напротив, процессы увеличивающие запас энергии $\Delta W > 0$, могут протекать при затрате работы извне и быть исключительно вынужденными.

Стремление междуфазовой поверхности к самопроизвольному сокращению можно проиллюстрировать достаточным количеством примеров, среди которых выделяется коалесценция (слияние) капелек углеводородного масла в чистой жидкости, при столкновении капелек ртути и пузырьков воздуха в воде. Такие же движущие силы обуславливают и образование комплекса «пузырек газа – частица горной породы». Рассмотренное выражения (1), в связи со сказанным, можно представить в следующем виде

$$\sigma(dS) < 0. \quad (2)$$

Из (2) видно, что в конечном итоге, энергетически все процессы ведут к сокращению площади поверхности взаимодействия.

Эти факты приводят к важному заключению. Самопроизвольными процессами можно считать и взаимодействие газожидкостных смесей с продуктами разрушения, сводящиеся к образованию между ними комплексов. С одной стороны процесс характеризует сокращение суммарной поверхности раздела фаз, а с другой – существенное понижение энергии в результате адсорбции молекул ПАВ-пенообразователей поверхностным слоем частиц разрушенной горной породы. Совершенно очевидно, что такой процесс возможен исключительно в том случае, когда вхождение активных молекул оболочки пузырьков в поверхностный слой вызывает падение его запаса свободной энергии. Следовательно, для разрушения образовавшегося комплекса, требуется затрата работы, величину которой, согласно принятому адсорбционному подходу, можно определить по Ленгмюру [6]

$$A = RT \ln \frac{\Gamma}{\delta C}, \quad (3)$$

где A – работа вывода одного моля адсорбированных молекул из поверхностного слоя (работа десорбции); R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура; Γ – величина избы-

точного количества вещества в поверхностном слое; δ – толщина поверхностного слоя; C – концентрация поверхностно-активного вещества.

Связь между избыточным количеством вещества, которое приходится на единицу поверхностного слоя, другими словами адсорбцией Γ и снижением поверхностной энергии σ описывается уравнением Гиббса

$$\Gamma = - \frac{C}{RT} \frac{d\sigma}{dC}. \quad (4)$$

Определив экспериментальную зависимость между свободной поверхностной энергией от концентрации ПАВ – изотерму поверхностного натяжения и пользуясь уравнением (4), можно определить значения адсорбции при различных концентрациях и найти характеристики поверхностного слоя, а именно: максимальное значение адсорбции, площадь, занимаемую одной молекулой в предельно насыщенном слое, а также получить изотерму состояния мономолекулярного слоя.

Если теперь исходить из того положения, что прочность закрепления – это работа, затрачиваемая на отрыв частицы от пузырька газа, то можно установить количественную зависимость между прочностью прикрепления и концентрацией ПАВ-пенообразователей, а также их физико-химических свойств.

Выводы

1. Рассмотрены основные положения рабочей гипотезы адсорбционного механизма прикрепления пузырька газа к частице разрушенной породы.
2. Обоснованы количественные зависимости, описывающие связь в комплексе «пузырек газа – частица горной породы».
3. Полученные результаты требуют дальнейшего теоретического и экспериментального подтверждения.

Приведений аналіз особливостей фізико-хімічних процесів, що протікають на межі розділу фаз, при очищенні свердловини від продуктів руйнування газорідними сумішами. Показана провідна роль явищ адсорбції в механізмі утворення комплексів «газорідна суміш – частка гірської породи». Позначені загальні принципи підходу до рішення завдань міцності прикріплення.

Ключові слова: *свердловина, газорідна суміш, продукти руйнування, адсорбція, поверхнево-активна речовина, поверхня розділу, піна.*

The subject of the article is a method of cleaning of bore holes is gasliquid from the products of destruction. The features of physical and chemical processes of flowing on the interface are considered at the indicated method. The leading role of the phenomena of adsorption is shown in the mechanism of formation of complexes «gasliquid are products of destruction». The general principles of analytical approach to the solution of tasks of durability of attachment are marked.

Key words: *Bore hole, gasliquid, products of destruction, adsorption, surfactant, interface, foam.*

Литература

1. Мураев Ю. Д. Газожидкостные системы в буровых работах. – СПб.: Изд-во СПбГГИ, 2004. – 124 с.
2. Куликов В. В., Соловьев Е. Н. Очистка от шлама наклонного ствола скважины потоком пенной газожидкостной смеси // Наук. праці ДонНТУ. Серія Гірничо-геологічна. – 2011. – № 14(181) – С. 209 – 214.
3. Давиденко А. Н., Игнатов А. А. Оценка условий транспортировки продуктов разрушения при строительстве скважин // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент-техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: Изд-во ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины – Вып. 8. 2005. – С. 52 – 57.
4. Давиденко А. Н., Игнатов А. А. Теоретические предпосылки взаимодействия газожидкостных смесей с продуктами разрушения при очистке скважин // Наук. вісн. НГУ. – 2009. – № 10. – С. 79 – 80.
5. Адам Н. К. Физика и химия поверхностей: Пер. с англ. – М.-Л.: Гостехиздат, 1947. – 552 с.
6. Кройт Г. Р. Коллоиды: Пер. с англ. – Л.: ОНТИ - Химтеорет, 1936. – 240 с.

Поступила 15.06.11