

УДК 622.244.46

А. А. Игнатов

Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина

Пути определения количественных зависимостей процесса транспортировки продуктов разрушения

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 прикреплению.

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

Введение

В настоящее время в практике бурения скважин используется большое количество разных жидких, газообразных и газожидкостных очистных агентов, широко отличающихся по своим свойствам и решаемым задачам.

Многообразие разновидностей очистных агентов объясняется большими различиями в геолого-технических условиях бурения и значительным числом функций, выполняемых очистным агентом. Задача выбора очистного агента обычно не ограничивается только выбором его вида, поскольку многие очистные агенты одного вида могут иметь большие различия в значениях основных параметров. Поэтому к выбору вида агента добавляется необходимость обоснованного подбора и регулирования его основных свойств в соответствии с условиями бурения.

Последние годы ознаменовались тенденцией все более широкого применения газожидкостных систем, что позволило существенно повысить скорость бурения, увеличить ресурс породоразрушающего инструмента, уменьшить число осложнений в скважине, обеспечить высокое качество и безаварийность работ [1].

Научно и практически обоснованное решение вопросов проектирования технологии очистки скважины с применением газожидкостных систем играет весьма важную роль в разработке рациональной технологии бурения и повышении эффективности буровых работ [2–3].

Цель статьи

Решение задач определения прочностных свойств комплекса «пузырек газа – частица горной породы» на основе физико-химических характеристик поверхностей раздела фаз.

Изложение сути работы

Материалы большого числа исследований, посвященных разработке технологии бурения с использованием газожидкостных систем, позволяют считать гидромеханическую и физико-химическую обстановку процесса взаимодействия на границе раздела фаз в значительной степени установленной, выясненными можно считать и главные факторы, определяющие его ход и направленность.

Вместе с тем, изученные составляющие теории взаимодействия на границе «пузырек газа – частица горной породы» дают возможность судить преимущественно о гидромеханической стороне явлений, а о физико-химической – лишь в качественных понятиях. Несомненно, гидромеханические характеристики механизма взаимодействия фаз являются определяющими, но также нельзя не отметить важность и физико-химических. Учитывая это можно сказать, что рассмотрение, изучение и разработка технологии бурения с таких позиций, позволит существенно улучшить технико-экономические показатели строительства скважин и расширить границы применения обозначенного метода.

Проведенные ранее исследования позволили наметить основные пути подхода к решению задач физико-химического взаимодействия фаз [3]. Вместе с тем, такая постановка вопроса встречает серьезные затруднения, главное из которых – значительная сложность процесса взаимодействия на границе раздела и влияние на него физико-химических и физико-технических факторов. Поэтому, прямое решение задач поведения частиц разрушенной породы в потоке газожидкостной смеси практически невозможно. Анализ и обобщение исследований технологии бурения с применением газожидкостных систем, а также существующих представлений о свойствах дисперсных систем позволил прийти к так называемой молекулярной модели взаимодействия на границе раздела фаз [4]. Оговорим некоторые специфические особенности использования указанной модели, главной из которых является трудность математической трактовки имеющихся представлений в области физико-химических явлений на границе раздела. Далее, ставя в качестве задач исследований выяснение, кроме прочего, прочности закрепления частиц в слое газожидкостной смеси, необходимо отметить, что интересующая нас функция определяется рядом таких переменных, которые, по некоторым причинам, могут быть исключены из рассмотрения или упрощены и идеализированы. Причиной этого является, то, что некоторые из них чрезмерно сложны и не имеют достаточной исследованности, а другие не могут быть применены ввиду невозможности их экспериментального отыскания.

Определение технологических параметров процесса взаимодействия фаз невозможно без задания функциональной зависимости прочности прикрепления от физико-химических переменных комплекса «пузырек газа – частица горной породы». Характеризуя сцепление частиц разрушенной породы с пузырьками газа стремлением к сокращению запаса свободной энергии поверхностных слоев фаз, можно прийти к выводу, что возникновения устойчивого комплекса «пузырек газа – частица горной породы» обязано проникновению ориентированных молекул адсорбционных слоев пузырьков пены в поверхность обломков породы [4]. В таком положении молекулы пенообразователя, ориентированные аполярными концами в сторону газа, вызывают падение запаса свободной энергии границы раздела фаз, оставаясь прикрепленными к поверхности частиц шлама. Такое положение молекул пенообразователя аналогично таковому, занимаемому молекулами, адсорбирующимися в поверхностном слое из раствора, следовательно, самопроизвольное разрушение создавшихся при взаимодействии комплексов «пузырек газа – частица горной породы» исключено. Согласно энергетическим представлениям, в таких условиях отрыв частиц от поверхностного слоя возможен только в результате приложения внешней работы, определяемой по Ленгмюру следующим образом [5]

$$A = RT \ln \frac{\Gamma}{\delta C}, \quad (1)$$

где A – работа вывода адсорбированных молекул из поверхностного слоя (работа десорбции); R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура; Γ – величина количества вещества в поверхностном слое; δ – толщина поверхностного слоя; C – концентрация поверхностно-активного вещества (пенообразователя).

Для научного обоснования дальнейших выводов необходимо остановиться на некоторых положениях теории адсорбции [6] в ее приложении к условиям буровых скважин. Адсорбция является локализованной и происходит на активных центрах, всегда существующих на поверхности адсорбента (жидкость или тело, адсорбирующие молекулы ПАВ). Такими центрами могут быть пики и возвышения, имеющиеся на любой, даже самой гладкой поверхности. Большая ненасыщенность силового поля таких пиков и выступов приводит к тому, что эти участки приобретают способность удерживать молекулы ПАВ, причем центр тем более активен, чем ненасыщеннее молекулы адсорбента на его поверхности. Такая трактовка механизма взаимодействия открывает пути регулирования процесса транспортировки частиц шлама. В исследованиях, посвященных разрушению горных пород [7–8], показано, что активными центрами обломков являются их ребра и углы, а также границы зерен, около которых образуется особенно интенсивное силовое поле. Наличие активных центров подтверждается и тем известным обстоятельством, что количество вещества нейтрализующего действие катализатора, значительно меньше такового, необходимого для покрытия всей адсорбционной поверхности. Следующим важным положением является то, что активный центр, адсорбируя молекулу ПАВ, становится уже неспособным к дальнейшей адсорбции, в результате чего на поверхности адсорбента

образовывается мономолекулярный слой. Кроме того, с течением времени молекулы ПАВ могут мигрировать в пределах активных центров (явление десорбции). Приведенные факты находят подтверждение в практике буровых работ с использованием газожидкостных систем. Применяемые концентрации ПАВ – пенообразователей не позволяют говорить о предельной наполненности их молекулами довольно развитой поверхности обломков породы (по отношению к комплексу «пузырек газа – частица горной породы»). Высокая выносная способность газожидкостных систем свидетельствует о значительной скорости действия и жесткости механизма прикрепления.

Уравнение (1) позволяет определить работу вывода одного моля адсорбированных молекул. Следовательно, прочность связи пузырька газа с частицей разрушенной породы выражается произведением числа молекул, участвующих в акте прикрепления на работу десорбции по Ленгмюру

$$f = A \Gamma. \quad (2)$$

Функция Γ в выражениях (1 – 2) описывается фундаментальным уравнением Гиббса, являющимся приложением второго начала термодинамики к поверхностям раздела фаз и дающим количественные зависимости для определения распределенности растворенного вещества между объемом и поверхностным слоем в результате самопроизвольных процессов, приводящих к уменьшению свободной поверхностной энергии.

Уравнение Гиббса $\Gamma = f(\sigma, C)$ не дает однозначного выражения для функции $\Gamma = f(\sigma, C)$, т.е. для изотермы адсорбции, так как термодинамическое описание системы, включающей поверхность раздела, содержит не менее трех переменных, а именно σ, C, Γ . Для исключения одной из независимых переменных (например σ) необходимо наложить дополнительное условие, которое может быть получено при помощи молекулярной теории. Таким условием является, например, то или иное представление о строении поверхностного слоя, в частности его мономолекулярность, что обосновывается экранированием поля молекулярных сил первым слоем молекул. Предельное число молей вещества, адсорбированных единицей площади поверхности раздела, обозначают Γ_{∞} . Исходя из представлений о мономолекулярности слоя, Ленгмюр вывел следующее выражение для изотермы адсорбции [5]

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{kC}{1 + kC}. \quad (3)$$

В уравнении (3) величины Γ_{∞} и Γ обозначают не избыточное, а полное количество поверхностно-активного компонента в единице площади поверхностного слоя. Уравнение содержит две константы Γ_{∞} и k . Константа k является константой равновесия; в рамках молекулярно-кинетической теории она представляет собой отношение констант скоростей процессов адсорбции и десорбции, а термодинамически она характеризует работу адсорбции. Эта константа зависит от природы ПАВ и характеризует его поверхностную активность.

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что располагая теми или иными величинами физико-химических характеристик фаз, можно оценить величину работы, необходимой для разрушения комплекса «пузырек газа – частица горной породы». Совершенно очевидно, что чем больше значение этой работы, тем более устойчива связь на границе раздела фаз. Кроме того, такой подход позволяет прогнозировать результаты взаимодействия в системе «пузырек газа – частица горной породы» и намечать определенные технологические параметры процесса очистки скважин от продуктов разрушения при использовании газожидкостных систем.

Выводы

1. Развита и дополнена основные положения рабочей гипотезы адсорбционного механизма взаимодействия в комплексе «пузырек газа – частица горной породы».
2. Приведены количественные зависимости, описывающие прочность связи на границе раздела фаз.
3. Намечены пути дальнейшего развития предложенного механизма взаимодействия.

Библиографический список

1. Мураев Ю. Д. Газожидкостные системы в буровых работах. – СПб.: Изд-во СПбГГИ, 2004. – 124 с.
2. Яковлев А. А., Турицына М. В. Экологически и экономически эффективная циркуляционная система при бурении скважин с газожидкостными смесями // Наук. праці ДонНТУ. Серія Гірничо-геологічна. – 2011. – № 14(181) – С. 186 – 190.
3. Давиденко А. Н., Игнатов А. А. О взаимодействии газожидкостных смесей с продуктами разрушения при бурении скважин // Наук. вісн. НГУ. – 2008. – № 12. – С. 75 – 77.
4. Давиденко А. Н., Игнатов А. А. О характере процессов протекающих при очистке скважин // Наук. праці ДонНТУ. Серія Гірничо-геологічна. – 2011. – № 14(181) – С. 72 – 74.
5. Кройт Г. Р. Коллоиды: Пер. с англ. – Л.: ОНТИ - Химтеорет, 1936. – 240 с.
6. Адам Н. К. Физика и химия поверхностей: Пер. с англ. – М.-Л.: Гостехиздат, 1947. – 552 с.
7. Кузнецов В. Д. Поверхностная энергия твердых тел. – М. – Л.: Гостехиздат, 1954. – 220 с.
8. Ребиндер П. А., Шрейнер Л. А., Жигач К. Ф. Понизители твердости в бурении. – М.: Изд-во АН СССР, 1944. – 200 с.

Надійшла до редколегії 08.07.2011.

А. О. Ігнатов

Національний гірничий університет, Дніпропетровськ, Україна

Шляхи визначення кількісних залежностей процесу транспортування продуктів руйнування

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.

A. A. Ignatov

National Mining University, Dnipropetrovsk, Ukraine

Ways of determination of quantitative dependences of process of transportation of products of destruction

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.

Keywords: borehole, gasliquid, products of destruction, adsorption, surfactant, interface, foam.