

## **НОВЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ СВОЙСТВАМИ ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ**

*Ю.М. Богданова*

Вопросу повышения качества строительства нефтегазодобывающих скважин посвящено значительное количество исследований Ю.М. Бутта, А.И. Булатова, В.С. Бакшутова, В.С. Данюшевского, М.Р. Мавлютова, Н.Х. Каримова и многих других [1, 2]. Большой интерес к проблеме обеспечения надежной герметизации за- и межколонного пространства скважин обусловлен значительным количеством эксплуатационных объектов с нарушением герметичности крепи.

Одной из сложных проблем, способствующих негерметичности крепи, является наличие усадочных деформаций цементного теста-камня, приводящих к формированию зазоров между цементным камнем и породой и цементным камнем и колонной труб. Неудовлетворительное состояние заколонного пространства в газовых скважинах приводит к возникновению межколонного давления (МКД) и нарушению условий эксплуатации действующего скважинного фонда. Нарушению герметичности крепи способствует применение минерализованных тампонажных растворов. Получившие широкое распространение благодаря значительному росту прочности в ранние сроки затвердевания они, тем не менее, не способны затвердевать в непроницаемый цементный камень [3, 4].

Соли-электролиты придают воде в цементном тесте-камне свойства ионно-молекулярного вещества. Разрушая гидратные связи в цементе, соли в составе тампонажных растворов приведут к формированию непрочной структуры, характеризующейся высокой пластичностью связей. Следовательно, соли в составе тампо-

нажных растворов будут усиливать деформацию и усадку цементного камня, а в ряде случаев – снижать его прочность.

Таким образом, выбирая добавки для приготовления тампонажного раствора, необходимо в первую очередь руководствоваться особенностями процессов, происходящих при твердении цемента.

По мнению авторов, гидратация цемента происходит следующим образом [5]: минеральные вяжущие вещества (силикаты, алюминаты и алюмоферриты), входящие в состав цемента, в воде распадаются с образованием новых веществ. В результате прохождения этих процессов в воде под действием составляющих цемента изменяется состояние ее водородных связей. Продукты гидролиза (гидрат глинозема и гидрат кремнезема) накапливаются в растворе, образующиеся между ними водородные связи приводят к полимеризации и появлению новообразований, которые уже не растворимы в воде. Гидратные новообразования существуют в растворе одновременно и, переплетаясь между собой, образуют соединения включения.

Общие закономерности образования подобных соединений таковы [6]:

- форма молекулярных агрегатов одного из компонентов должна обеспечивать наличие полого внутреннего пространства таких размеров, чтобы в нем поместились молекулы второго компонента;
- форма этой внутренней полости должна препятствовать выделению включенных молекул;
- молекулы в момент заполнения полостей должны быть ориентированы строго определенным образом.

В структуре цементного раствора матрицей являются полимерные гидраты глинозема ( $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ ) и кремнезема ( $SiO_2 \cdot nH_2O$ ), а наполнителем – гидрат извести  $Ca(OH)_2$ . Вхождение извести в структуру полимерных гидратов кремнезема и глинозема способствует компенсации дисперсионных сил в их структуре и гибридизации атомов кислорода в структуре полимерного гидрата кремния (алюминия). Это приводит к гидратной полимеризации в цементном тесте, его схватыванию, формированию камня.

Основываясь на данном представлении о гидратации цемента, рассмотрим способы управления свойствами тампонажного раствора и твердеющего цементного камня.

Тампонажные растворы представляют собой дисперсную систему, т.е. суспензию цемента в воде. Говоря о регулировании их свойств путем ввода различных добавок, следует понимать, что в первую очередь мы управляем состоянием связей воды в составе тампонажных растворов. Именно поэтому свойства воды будут определять поведение тампонажных растворов в различных условиях.

Исследованию воды и ее свойств посвящено множество научных работ, однако жидкая вода изучена недостаточно. Уникальные свойства воды обусловлены в первую очередь строением ее молекул и действием сил, их объединяющих. Единого представления о структурной модели жидкой воды не существует до сих пор, но все же ученые сходятся во мнении, что вода представляет собой двухструктурную систему. Согласно одной из моделей (кластерной) в жидкой воде наряду с мономерами молекул имеются ассоциаты или кластеры, объединенные водородными связями в ажурную сетку и плавающие в «море молекул», в таких связях не участвующих. По другим представлениям воду рассматривают как непрерывную сетку (каркас), объединенную водородными связями, которая содержит пустоты; в них размещаются молекулы, не образующие связей с молекулами каркаса. Такая модель называется клатратной.

Существование в жидкой воде весьма устойчивых ассоциатов (называемых полимерами) подтверждают исследования, проведенные методом рентгеноструктурного анализа. Доктору Т. Хэд-Гордону удалось показать методом рентгеноструктурного анализа с помощью сверхмощного рентгеновского источника Advanced Light Source (ALS), что молекулы воды за счет водородных связей способны образовывать сложные структуры. Поскольку водородная связь очень слабая, то эти структуры легко разрушаются, а возникающие при этом дисперсионные силы вырывают частицы из водной сетки и превращают их в «молекулы-наполнители». В жидкой воде наблюдается непрерывный переход одной части воды в другую, что обуславливает ее исключительную изменчивость, подвижность и текучесть.

У жидкой воды соблюдается единство действия межмолекулярных сил: дисперсионных, электростатических и химических.

Вводя химические добавки, можно усиливать или уменьшать их действие. Например, при растворении в воде минеральной соли будут реализовываться электростатические силы, поскольку вода будет обладать свойством ионно-молекулярного вещества. Ввод соли приведет к разрушению исходной полимерной структуры воды и увеличит ее термодинамическую активность.

Реализацию в воде дисперсионных связей можно осуществить при растворении в воде неполярных веществ, например жидких углеводородов. Подобное размещение в пустотах водной сетки молекул неполярных соединений позволило бы упрочнить водную структуру и получить совершенно новое соединение. В полостях воды молекулы других веществ могут быть размещены при определенных условиях. Самые известные природные соединения включения, образованные путем заполнения водных сеток молекулами газа, являются газовыми гидратами.

Химические связи в воде проявляются при растворении полярных углеводородов (спиртов). Присутствие в подобных соединениях гидрофильных групп, с одной стороны, способствует разрушению исходной структуры воды, а с другой – появлению новой упорядоченной, образованной водородными связями. Углеводородная часть подобных соединений при наличии кинетических условий способна быть заполнителем структуры воды, что также позволит упрочнить водную сетку.

Таким образом, регулируя свойства воды в составе тампонажного раствора, можно получить желаемые характеристики системы «цементный раствор – камень».

На практике вышеизложенные положения можно реализовать, управляя физико-механическими свойствами связей цементного камня. Это становится возможным при использовании в составе жидкости затворения соединений, способных достраивать водную структуру. К ним относятся полярные углеводороды: растворяясь, они способствуют снижению диэлектрической проницаемости и упрочнению водородных связей в воде. Углеводороды способны встраиваться в структуру воды, принадлежащей гидратам кремнезема и глинозема. Для этого необходимо подобрать такой наполнитель, чтобы размер его молекул не превышал размеры полостей водной структуры. Поэтому следует выбирать наполнитель

с малой молекулярной массой. Вхождение молекул углеводов усилит гидратную полимеризацию, а реализуемые при этом дисперсионные силы между гидрофобными полостями воды и наполнителем упрочнят получаемую структуру. Такой тампонажный раствор будет затвердевать в прочный непроницаемый камень.

На основании реализации положения о возможности упрочнения структуры гидратной воды цемента путем формирования гидратных соединений включения становится возможным получение высокоэффективных тампонажных растворов с добавками неэлектролитов.

### Список литературы

1. *Бутт Ю.М.* Химическая технология вяжущих материалов / Ю.М. Бутт, М.М. Сычев, В.В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1980.
2. *Булатов А.И.* Тампонажные материалы / А.И. Булатов, В.С. Данюшевский. – М.: Недра, 1987.
3. *Бакшутов В.С.* Минерализованные тампонажные растворы / В.С. Бакшутов. – М.: Недра, 1986.
4. *Данюшевский В.С.* Проектирование оптимальных составов тампонажных цементов / В.С. Данюшевский. – М.: Недра, 1978.
5. *Шарафутдинова З.З.* Буровые и тампонажные растворы: справ. руководство / З.З. Шарафутдинов, Ф.А. Чегодаев, Р.З. Шарафутдинова. – СПб.: НПО «Профессионал».
6. *Хаган М.* Клатратные соединения включения / М. Хаган. – М.: Мир, 1980.