

организациях - МСЭ-Р и 3GPP пока на уровне постановки задачи и определения основных требований как к опорным сетям, так и к сетям радиодоступа. Возрастающая конкуренция на рынке услуг подвижной связи еще более обострится при развертывании систем 3G и внедрении в фиксированных сетях ресурсов радиодоступа 4G/5G. Неизбежное расширение бизнес-моделей, связанных с оказанием услуг подвижной связи, обусловит появление относительно свободных ниш для альтернативных участников.

Одной из таких ниш становится ниша виртуальных операторов подвижной связи (MVNO). Операторы подвижных сетей 2G+/3G, имея избыток сетевых ресурсов, могут предоставлять его часть операторам MVNO по схемам аутсорсинга и франчайзинга. Это снимет противоречие между наличием у операторов подвижных сетей избытка сетевых ресурсов и недостаточной заинтересованности в ведении собственного бизнеса и, в частности, в сфере оказания услуг IMS.

Оператор транзитной мультисервисной сети помимо выполнения функций по пропуску трафика, связанного с взаимодействием сетей в составе ЕСЭ РФ, может стать также и оператором MVNO. В этом случае такой оператор связи способен оказывать мультимедийные широкополосные услуги абонентам разнородных сетей на большой территории, используя ресурсы радиодоступа существующих и вновь появляющихся операторов фиксированных и подвижных сетей. В зависимости от оснащенности виртуального оператора сетевыми ресурсами целесообразно различать три уровня проникновения в сферу оказания услуг подвижной связи, а именно:

- управление бизнес-процессом (арендуется часть ресурсов всей сетевой инфраструктуры базового оператора);
- управление бизнес-процессом и управление услугами (арендуется часть ресурсов опорной сети и сети радиодоступа базового оператора);
- управление бизнес-процессом, услугами и опорной сетью (арендуется часть ресурсов сети радиодоступа базового оператора).

Применение технологии MVNO позволяет обеспечить:

- снижение рисков для традиционных операторов связи на пути продвижения в направлении оказания услуг IMS за счет расширения соответствующих бизнес-моделей;
- привлечение на рынок оказания услуг IMS дополнительных участников, что повысит конкуренцию и, как следствие, приведет к снижению тарифов на услуги подвижной связи.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕРОВОДОРОДНОЙ КОРРОЗИИ В ТАМПОНАЖНЫХ ЦЕМЕНТАХ

Доровских И.В., Живаева В.В.

*Самарский государственный технический
университет, Самара, Россия*

Проблеме изучения процессов сероводородной коррозии тампонажного камня уделяется большое внимание, однако, она остается актуальной, так как нет однозначных выводов о механизме и последствиях этого вида коррозии. Во многом это вызвано тем, что агрессивность сероводорода значительно выше других и осложнения, возникающие при сероводородной коррозии, более тяжелые, чем при других видах коррозии.

Сероводород, содержащийся в скважинах, контактирует с тампонажным камнем, как в газообразном, так и в растворенном состоянии. В зависимости от агрегатного состояния сероводорода механизм и скорость коррозионного поражения камня существенным образом меняются.

Сероводород является коррозионно-активным кислым газом, оказывает интенсивное разрушающее действие на тампонажные цементы. Это создает серьезную опасность экологическому равновесию, как на поверхности, так и в недрах в широком смысле этого слова.

Когда тампонажный камень взаимодействует с сероводородом, растворенном в пластовой воде, поражение камня протекает послойно. Сероводород, диффундируя вглубь цементного камня, вступает в химическую реакцию с растворенной гидроокисью кальция. В результате химических реакций поровая жидкость обедняется щелочью, что приводит к нарушению термодинамического равновесия между твердой и жидкой фазами цементного камня. Продукты твердения продолжают растворяться и гидратировать с выделением свободной гидроокиси кальция. Прежде всего, разрушается твердая фаза, представленная кристаллическим гидратом окиси кальция, высокоосновными алюминатами, гидросиликатом и гидроферритом кальция.

Нерастворимая часть цементного камня, химически инертная по отношению к сероводороду, образует буферную зону. Она представлена продуктами разложения гидратных фаз в виде гелей SiO_2 и $\text{Al}(\text{OH})_3$ и продуктами коррозии в твердой (CaS , FeS) и жидкой фазе, является более проницаемой, чем исходный камень, т.к. реакционноспособная часть цементного камня в процессе гидролиза и растворения перешла в раствор, а затем в виде хорошо растворимых продуктов коррозии - $\text{Ca}(\text{HS})$ - в окружающую среду.

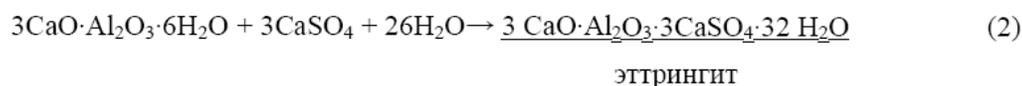
Если тампонажный камень контактирует с газообразным сероводородом, то последний способен проникать по открытым порам на значительную глубину в камень. Проникший газ растворяется в гелевых порах, заполненных раствором гидроокиси кальция и диссоциирует.

При $\text{pH} > 11$ основным продуктом взаимодействия сероводорода с гидроксидом кальция является малорастворимый сульфид кальция. По мере убывания из раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$ нарушается равновесие между твер-

дой и жидкой фазами, что вызывает растворение и гидролиз составляющих тампонажного камня. В результате гидролиза в раствор вступают новые порции $\text{Ca}(\text{OH})_2$, которые связываются растворенным сероводородом. Накапливаемые в порах цементного камня сульфиды кальция вызывают в нем внутренние напряжения и последующую деструкцию. Такой вид коррозии характерен для тампонажного материала, камень



Объемное расширение опасно, когда оно происходит в уже затвердевшем цементном камне. Дело в том, что этtringит может образовываться из продуктов



При этом наблюдается 4-6 кратное увеличение объема, что в затвердевшем камне приводит к возникновению напряжения, нарушению и разрушению структуры.

К этой группе цементов в первую очередь следует отнести портландцементы, в частности цементы ПЦТ-100, ПЦТД20-100.

Одним из путей повышения коррозионной стойкости цементного камня является метод химического ингибирования. Суть метода в дополнительном введении в состав жидкой фазы тампонажной суспензии компонентов, способных к взаимодействию с присутствующим в газе сероводородом. Образующиеся в результате продукты реакции должны представлять собой труднорастворимые соединения, способные препятствовать проникновению агрессивного агента в цементный камень.

Лучшим вариантом, конечно, будет использование специальных коррозионноустойчивых цементов, в составе камня которых отсутствуют компоненты, способные к реакциям восстановления (шлаковые цементы, НКИ).

Имея в виду невозможность поставок специальных видов цемента, необходимо производить обработку тампонажного раствора специальными реагентами, которые сами не реагируют с сероводородом, кроме того, обладают способностью связывать гидроокись кальция, нарушая цепочку образования сульфидов и гипсов. Это один из наиболее доступных путей повышения коррозионной стойкости.

Из сказанного выше следует, что повышение седиментационной устойчивости, снижения количества несвязанной воды (снижение степени фильтрации), ускорение сроков схватывания, предотвращение возможности радиальной усадки камня при твердении способствует упрочнению структуры гидратирующегося це-

на основе которого представлен свободным гидроксидом кальция, высокоосновными гидросиликатами и гидроалюминатами кальция, равновесная рН которых больше 12.

Основной причиной разрушения цементного камня на основе портландцемента является процесс межфазовых переходов

гидратации C_3A в результате сульфатной агрессии по уравнению

ментного камня, исключает вероятность образования микрозазора и не дает возможности проникновения вызывающего коррозию агента (сероводорода) в поровое пространство цементного камня.

Нами рекомендована комплексная обработка воды затворения для цементного раствора смесью реагента РДН-У (реагент для добычи нефти унифицированный) и стабилизатора типа КМЦ (карбоксометиллцеллюлоза).

В случае если вода затворения обработана каким-либо реагентом, преобладающим в процессе сероводородной коррозии цементного камня является взаимодействие газа с химическими добавками-регуляторами. Реакция может быть направлена так, что приведет к исчезновению функционального действия реагентов-регуляторов на растворы, и, как следствие, к катастрофическому нарушению свойств последних. Направленным регулированием кинетики процессов взаимодействия реагентов с агрессивными флюидами и комбинациями химических добавок можно защитить цементный камень от сероводородной агрессии. В этой среде преимуществом в плане защиты цементного камня от коррозии должны использоваться реагенты органического строения. При выборе неорганических реагентов нужно быть особо осторожным, т.к. вероятность реакции их с сероводородом резко возрастает.

В результате проведенных исследований были выявлены закономерности процессов, происходящих при формировании тампонажного камня и под действием агрессивного агента сероводорода, находящегося в жидкой фазе, на тампонажный камень, который имеет в своем составе широкую гамму реагентов, применяемых для улучшения его свойств.

Основными изменяющимися величинами, которые могут быть определены с высокой степенью точности, на стадии проектирования тампонажного состава

ва являются: абсолютная и фазовая проницаемости, доля свободного поперечного сечения пор, прочность на изгиб, свободная поверхность, приходящаяся на единицу объема и скорость химической реакции сероводорода с компонентами цементного камня. Так же необходимо исследовать изменение поверхности контакта агрессивного агента с цементным камнем.

Все исследуемые величины находятся в прямой зависимости от седиментационной устойчивости и степени фильтрации тампонажных суспензий. Зная результаты предварительно проведенного седиментационного анализа, можно прогнозировать реологические и физико-механические свойства тампонажной суспензии и сформированного из нее тампонажного камня.

Физико-механические характеристики сформированного тампонажного камня определяют, в какой степени и за какой период в условиях эксплуатирующейся скважины произойдет диффузионное проникновение в него коррозионно-активного флюида и начнется его разрушение.

Процесс твердения тампонажных растворов сопровождается переупаковкой молекул воды. Химически связанная вода занимает объем на четвертую часть меньше, чем свободная. В результате возникает изменение объема. Высвобожденный первоначально занимаемый свободной водой объем, заполняется за счет притока воды извне, если этот приток возможен. При твердении же в межколонном пространстве или против плотных пород приток воды к цементу невозможен, а с момента возникновения замкнутых пор исключается возможность подвода воды к гидратирующемуся цементу из окружающей среды даже при твердении цемента в воде. Поэтому по мере дальнейшей гидратации цемента и расходования воды в замкнутой поре образуется вакуум. Напряжение внутри цементного камня, возникающее в результате вакуумирования замкнутых пор достигает значительных величин и приводит к усадке цементного камня. В результате этого на границе "цементный камень-обсадная колонна" образуется микрозазор. При этом не исключена возможность микро-макро-переноса по всему объему цементного камня. Газ может проходить по контактными зонам и возможно его проникновение и по самому цементному камню по каналам, возникшим в результате седиментации и диффузии газа в тампонажный раствор. Значительно снизить возникающие внутренние напряжения и усадку раствора позволяет обработка воды затворения вакуумированием до введения воды в состав вяжущего, что позволяет увеличить в несколько раз прочность самой воды путем удаления из нее растворенного газа. Нами экспериментально доказано, что такого рода обработка примерно на 10% увеличивает прочностные характеристики цементного камня.

Такие процессы наиболее вероятны в цементных камнях, сформированных из седиментационно-неустойчивых тампонажных растворов, а также у рас-

творов с замедлителями сроков схватывания, в которых структура камня продолжительное время будет представлена открытой пористостью.

ЗАЩИТА ОТ ПОМЕХ В ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕ

Зибров В.А., Попов А.С.

*Южно-Российский Государственный Университет
Экономики и Сервиса, Шахты, Россия*

Основным недостатком известных пьезоэлектрических приводов перемещения является то, что они содержат большое количество управляющих и регулирующих элементов. Использование данных элементов уменьшает устойчивость системы, затрудняет регулирование и управление в целом, приводит к высоким энергетическим затратам и чаще всего не дает желаемого результата и точного позиционирования.

Рассматриваемое техническое решение свободно от недостатков присущих известным приводам. Устройство содержит меньшее количество элементов и в него введена дополнительная цепь обратной связи, что способствует увеличению устойчивости системы и увеличению помехозащищенности привода перемещения. Привод состоит из основного усилителя мощности, к выходу которого подключена обкладка пьезоэлектрического привода с датчиком обратной связи. Для уменьшения помех, возникающих в цепи основного усилителя мощности и пьезоэлектрического привода, введена дополнительная цепь управления. Цепь состоит из двухвходового сумматора, к одному из входов которого через фазовращатель подключен вход основного усилителя мощности, а к другому входу усилителя – датчик, выход сумматора через корректирующее звено и дополнительный усилитель соединен с обкладкой привода перемещения.

Помехи, вызывающие смещения на обкладке корректируются смещением в структуре пьезоэлектрического преобразователя на обкладке привода перемещения. Фазовращатель служит для задержки части входного сигнала с напряжением, поступающего на второй вход сумматора, на время необходимое для прохождения другой части входного сигнала по цепи: основной усилитель мощности, пьезоэлектрический привод, датчик обратной связи до поступления его с напряжением на первый вход сумматора. Датчик служит для преобразования колебаний пьезоэлектрического привода в напряжение. Корректирующее звено с коэффициентом передачи (К) служит для выравнивания в рабочем диапазоне частот суммарной амплитудно-частотной характеристики цепи из усилителя и пьезоэлектрического привода, а также для компенсации сдвига фаз в этой цепи между напряжением сигнала на выходе сумматора и напряжением на выходе усилителя мощности.