

## МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ СОЛЕЙ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СКВАЖИН МИННИБАЕВСКОЙ ПЛОЩАДИ РОМАШКИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

*Л.А. Шангараева, А.В. Петухов*

Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет),  
Санкт-Петербург, l.shangaraeva@mail.ru

Современный этап добычи нефти на старых истощенных месторождениях характеризуется необходимостью извлечения на поверхность огромных объемов попутных вод, как пластовых, так и закачиваемых в залежи для поддержания пластового давления. Именно в результате увеличения обводнения добываемой продукции на всех стадиях разработки залежей нефти происходит образование осадков различных солей. Накапливаясь в эксплуатационных колоннах скважин, на поверхности глубинно-насосного оборудования и в системе внутринефтепромыслового сбора и подготовки нефти, отложения солей приводят не только к большим материальным затратам в процессе их удаления, но и к значительным потерям при добыче нефти.

По мере истощения запасов нефти на Ромашкинском месторождении и перехода его на заключительную четвертую стадию разработки с всевозрастающим фондом добывающих скважин, имеющих высокую степень обводнения, проблема значительно усугубилась. Кроме того, ухудшенная структура трудно извлекаемой нефти, требующая применения современных технологий повышения нефтеотдачи пластов, в том числе и с использованием различных химических реагентов (кислот, щелочей, ингибиторов и т.д.), стимулирует процессы солеобразования.

Миннибаевская площадь является одной из центральных площадей Ромашкинского нефтяного месторождения. Она приурочена к западной и центральной частям структуры II порядка — Южно-Татарскому своду. Основными объектами разработки являются продуктивные песчаники кыновского ( $D_0$ ) и пашийского ( $D_1$ ) горизонтов, залегающие в среднем на глубине 1750–1770 м. В настоящее время на Миннибаевской площади работает 612 добывающих скважин, во многих из которых происходит отложение солей.

Солеотложения — это в основном неорганические вещества, образующиеся в скважинах и в скважинном оборудовании в результате различных химических реакций.

Как правило, в скважинах отложения чистых солей встречаются редко. Обычно они представляют собой смесь одного или нескольких основных неорганических компонентов с продуктами коррозии, частицами песка, причем солевые отложения пропитаны или покрыты асфальто-смоло-парафиновыми веществами.

Механизм образования твердой фазы осадка состоит из нескольких стадий.

Первая стадия его развития начинается с насыщенного раствора в виде образования нестабильных кластеров из атомов. Затем образуются первичные центры кристаллизации, когда атомные кластеры переходят в маленькие кристаллы-зародыши. Эти кристаллы постепенно растут за счет адсорбции ионов на дефектных участках поверхности кристаллов, увеличивая свой размер, объединяются между собой в более крупные агрегаты. В течение некоторого времени в растворе образуются настолько крупные кристаллы или их агрегаты, что они не могут более удерживаться во взвешенном состоянии в растворе и происходит выделение твердой фазы (осадка).

Рост кристаллов также имеет место при инициировании определенных физико-химических реакций на уже имеющейся границе между твердым телом и жидкостью. Участками возникновения таких реакций являются различные дефекты поверхности, такие как неровности поверхностей труб, перфорационные отверстия и т.д.

На 1 января 2010 г. на Миннибаевской площади было выявлено 26 добывающих скважин с активным солеотложением. За период с декабря 2005 г. по январь 2010 г. было произведено 39 подземных ремонтов скважин, связанных с интенсивным солеотложением в сква-

жинном оборудовании. Причем некоторые из этих скважин вставляли на ремонт за это время неоднократно.

Число ремонтов скважин, причиной которых являются солеотложение в скважинном оборудовании, с каждым годом растет и имеет динамику к увеличению. Так за 2009 г. было зафиксировано 6,25% таких ремонтов от общего количества.

По способам эксплуатации скважин различными насосами распределение ремонтов, связанных с солеотложениями, выглядит следующим образом: на скважинах, эксплуатируемых УЭЦН, произошло 30 ремонтов (77%), на ШГН — 9 ремонтов (23%). Это можно объяснить тем, что более интенсивное отложение солей в скважинах, эксплуатируемых ЭЦН, связано с возникновением электромагнитных сил при работе насоса. Погружной электродвигатель создает переменное магнитное поле, в результате чего образуются наведенные токи на эксплуатационную колонну и насос, возникают электрохимические реакции, приводящие к отложению солей. Было установлено, что на Миннибаевской площади среди неорганических соединений преобладают отложения сульфата бария.

Большая часть ремонтов скважин Миннибаевской площади произошла по причине нарушения технического состояния эксплуатационных колонн и негерметичности пакера, на некоторых скважинах ремонты произошли из-за солеотложений по причине смешения несовместимых вод в результате эксплуатации нескольких продуктивных пластов одновременно или в скважинах, эксплуатируемых один пласт с заколонными перетоками из смежных горизонтов.

В пределах Миннибаевской площади было выделено 5 зон локализации скважин, осложненных солеотложением. В результате проведенного мониторинга было прослежено, какие изменения происходили в них за последние 4 года.

Исследования показали, что в скважины Миннибаевской площади в период с 1974 по 1994 г. производилась закачка серной кислоты для повышения нефтеотдачи пластов. Это, в свою очередь, привело к значительному увеличению в пластовых водах сульфат-ионов, и как следствие этого — к образованию осадков солей сульфата бария (барита) и сульфата кальция (гипса, ангидрита). Если сопоставить зоны распространения скважин, осложненных отложениями барита и гипса, и зоны закачки серной кислоты, то видно, что эти зоны пространственно совпадают. Из этого можно сделать вывод, закачка серной кислоты в продуктивные пласты повлияла на процессы солеобразования в этих скважинах.

В настоящее время существует ряд способов предупреждения и борьбы с отложением неорганических солей при эксплуатации скважин. На Миннибаевской площади в этих целях применялся ингибитор СНПХ-5314. Он предназначен для защиты нефтепромыслового оборудования от отложений соединений железа (оксидов и гидроксидов) на всем пути технологического процесса добычи нефти. СНПХ-5314 также применяется для предотвращения отложений карбоната кальция и сульфата бария.

Однако на практике ингибитор СНПХ-5314 оказался неэффективным, ввиду чего его перестали применять на данном промысловом объекте. Низкую эффективность этого реагента можно объяснить следующими причинами. Смешанная вода в скважинах имеет первоначальную высокую степень перенасыщенности сульфатами, либо в этих скважинах происходит рост сульфатов из-за нарушения технического состояния колонны и в смешанной на забое скважины воде содержится большое количество кристаллов солей, сформированных задолго до введения в нее ингибитора.

С целью снижения темпа отложения солей в скважинах на Миннибаевской площади были проведены две экспериментальные работы — испытание системы предотвращения солевых и парафиновых отложений ClearWELL компании «Weatherford» и внедрение технологии кратковременной эксплуатации скважин (КЭС) с УЭЦН.

Устройство ClearWELL представляет собой прибор для электронной физической очистки воды, позволяющий снижать уровень отложений солей на стенках оборудования.

Прибор устанавливается в системе производственных трубопроводов эксплуатационной скважины с помощью ферритового кольца. Данное устройство проходило испытание на

Миннибаевской площади на 2 скважинах. После внедрения прибора скважины проработали не более 30 суток, после чего насос заклинил. Предпосылок для заклинивания в процессе эксплуатации ClearWELL выявлено не было. В результате комиссионного разбора насоса было выявлено, что причиной заклинивания стало отложение солей на приеме насоса. На обеих скважинах установки были демонтированы и переданы представителю компании Weatherford.

На сегодняшний день основным способом решения проблемы отложения солей является смена способа эксплуатации скважин с УЭЦН на УШГН, при этом процесс солеобразования происходит менее интенсивно. Этот метод применялся на 8 скважинах Миннибаевской площади. Эксперимент показал, что на семи скважинах проведенное мероприятие оказалось эффективным.

Совершенствование внутринефтепромыслового оборудования путем применения систем автоматизации, внедрение контроллеров способствует появлению новых технологий по снижению осложняющих факторов. Одним из таких методов снижения солеотложения является экспериментальная технология кратковременной эксплуатации скважин, оборудованных УЭЦН (КЭС), внедряемая на Миннибаевской площади. Технология кратковременной эксплуатации скважины позволяет поддерживать невысокую температуру рабочих элементов насоса.

В добывающую скважину спускается установка УЭЦН с многократным запасом по производительности и мощности. Станция управления с частотным приводом обеспечивает изменение производительности установки в широком диапазоне и плавный пуск в работу, что увеличивает срок работы электродвигателя. Благодаря тому что, параметры УЭЦН значительно превосходят потенциальный дебит скважины, откачка жидкости из межколонного пространства происходит в считанные минуты, что не позволяет рабочим частям нагреться и уменьшает вредное влияние электромагнитного поля от ПЭД. Это существенно снижает риск образования солей на рабочих поверхностях. Испытание данной технологии проводилось на двух скважинах Миннибаевской площади и показало хорошие результаты.

Борьба с отложениями солей в скважинном оборудовании не имеет однозначного решения, каждый случай образования солей имеет свой индивидуальный подход. Особое значение в решении столь сложной многогранной проблемы приобретает прогнозирование возможных осложнений, связанных с солеотложением. Для успешного решения необходим постоянный мониторинг за скважинами и происходящими в них физико-химическими процессами. Большую помощь в этом деле могут оказать карты изменений состава пластовых вод по различным компонентам: хлоридам, сульфатам, баритам и минерализации. Такие карты были построены и прослежена динамика изменения физико-химического состава вод за последние 4 года. В результате были выявлены очаги наибольшей концентрации компонентов, приводящие к выпадению солей в скважинах.

Для повышения эффективности эксплуатации скважин Миннибаевской площади, осложненных отложением солей, предлагается и в дальнейшем внедрять технологию КЭС на проблемных скважинах, а также проводить изоляционные и ремонтные работы при негерметичности цементного кольца и эксплуатационной колонны.