Записки Ленинградского горного института имени Г.В.Плеханова.
Т. 129. Л., 1991

УДК 245.514

З.Н.ШЕМЯКИН,
Ф.Г.АТРОЩЕНКО,
М.Г.ШИПУЛИНА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ ПРИЕМИСТОСТИ НАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИН

Создание противофильтрационных завес (ПФЗ) вокруг трубки „Мир" (см. статью В.А.Мироненко, Ф.Г.Атрощенко и В.В.Лобанова в этом сборнике) не решает проблемы утилизации высокотоксичных дренажных рассолов: в карьере даже под защитой ПФЗ будут фильтроваться рассолы с расходом 300 $м^3/ч$ и более. В сложившейся ситуации принято решение о сбросе дренажных рассолов в осушаемый водоносный горизонт методом обратной закачки [4]. Исключительно важное значение при этом имеют процессы, влияющие на приемистость нагнетательных скважин при их эксплуатации. Для условий трубки „Мир" снижение приемистости скважин во времени происходит из-за наличия в дренажных водах различных минеральных и органоминеральных компонентов, взаимодействие которых с породами и пластовыми рассолами приводит к кольматации скважин и прискважинного пространства.

Из перечисленных факторов наиболее существенным, влияющим на изменение приемистости скважин, является коррозия фильтровых колонн. В частности, для условий трубки „Мир" снижение приемистости скважин связано с кольматацией продуктами химической и электрохимической коррозии и адсорбированными на них органоминеральными ассоциатами пород прискважинной зоны и собственно фильтра, приводящей к уменьшению скважинности последнего [3]. Отметим, что существенную роль в процессе адсорбции играет органическое вещество, имеющее широкое распространение в пластовых рассолах. В то же время присутствие в последних высоких концентраций сероводорода, поддерживающего восстановительную обстановку, исключает возможность окислительной коррозии. Однако высокие концентрации хлорид-ионов в рассолах, наличие в корпусе обсадных труб блуждающих токов, возникающих при работе насосного оборудования, а также содержащиеся в рассолах многочисленные активаторы химической коррозии (в первую очередь йодид- и бромид-ионы) способствуют появлению сложных наложенных видов коррозии. Образующиеся в результате этих процессов ионы двухвалентного железа Fe^{2+} взаимодействуют с сероводородом, образуя сульфид железа FeS, который отлагается на стенках фильтра. Затем на продолжающийся процесс коррозии, обеспечивающий рост сульфидного слоя, накладывается процесс адсорбции минеральных взвесей и органических веществ, так как сульфид железа является достаточно хорошим сорбентом. Как показали лабораторные эксперименты, при

воздействии на металл фильтровой колонны рассолами, содержащими взвеси и органические вещества, на поверхности фильтра образовались достаточно плотные отложения состава FeS – органическое вещество – минеральные частицы. С целью определения адсорбционной способности этих образований нами проводились опыты по динамическому взаимодействию фильтров, покрытых сульфидом железа, и сульфидов с органоминеральными отложениями и с рассолами, в которые вводилось небольшое количество (200 мг/л) двухвалентного железа. В ходе опыта все железо переходило в коллоидный сульфид железа черного цвета. При пропускании такого раствора через модели фильтровых колонн с одним из указанных отложений наблюдались разные адсорбционные эффекты. На трубах с плотными отложениями FeS в течение суток адсорбции не наблюдалось и концентрация сульфида железа в растворе оставалась постоянной. На трубах с отложениями сульфида с органоминеральными адсорбтивами происходил процесс активной адсорбции и в течение 2 ч раствор освобождался от сульфида железа.

Этот факт чрезвычайно важен для решения вопросов раскольматажа фильтров и прифильтровых зон скважин с целью повышения их проницаемости. В настоящее время для этого в НПО „Якутгаз" принята солянокислотная или термокислотная обработка скважин, в процессе которой в скважину нагнетается до 10 т 15-процентной технической соляной кислоты. В результате в скважине происходит очистка стенок фильтровых колонн за счет растворения сульфида железа по реакции $FeS + 2H^+ = Fe^{2+} + H_2S$, причем количество железа в кислом растворе увеличивается также за счет частичного растворения металла колонн. В процессе нагнетания образовавшегося раствора в прискважинную зону кислота относительно быстро нейтрализуется за счет взаимодействия с карбонатными породами. При этом ионы Fe^{2+}, взаимодействуя с сероводородом, образуют сульфид, который, с одной стороны, способствует кольматации пород прискважинной зоны, а с другой, в результате откачек попадает в скважину и активно отлагается на поверхности фильтров, так как пластовый раствор имеет повышенное содержание взвесей, образованных за счет растворения карбонатных пород кислотой. Эффект образования отложений в стволе фильтровой колонны описан выше. Вследствие этих процессов приемистость скважин через короткое время после проведения указанной обработки существенно снижается, о чем свидетельствует и опыт эксплуатации скважин системы осушения трубки „Мир": период восстановительной производительности скважин составлял в основном 5–6 месяцев, достигая в отдельных случаях 10–15 месяцев [2].

В целях разработки более эффективных способов регенерации водопоглощающих скважин нами в лабораторных условиях была воспроизведена работа нагнетательной скважины. В ходе эксперимента зафиксировано значительное снижение (свыше 30 %) ее производительности в результате длительного взаимодействия (более 30 суток) высокоминерализованных (до 100 г/л), насыщенных сероводородом рассолов с фильтровой колонной скважины, оборудованной в породах из Метегеро-Ичерского водоносного горизонта. Затем было произведено восстановление приемистости данной скважины в рамках разрабо-

танного нами способа, суть которого заключается в электрохимической регенерации скважины с помощью электролиза, в котором катодом служит обсадная труба, а анодом - подвижной электрод, выполненный из сетки нержавеющей стали, крепящейся на фторопластовых кольцах.

Созданная физическая модель, имитирующая скважину и электролизер в масштабе 1:250, оборудована регистрирующими приборами для изучения условий, влияющих на эффективность регенерации скважин. В результате опытных исследований, проведенных при нескольких режимах процесса электролиза в скважинах, подвергнутых в различной степени поражению коррозией, установлено, что в процессе электролиза на поверхности катода (обсадная труба) выделяется газообразный водород, который способствует разрыхлению слоя отложений и отрыву их от поверхности фильтровой колонны. Одновременно на поверхности подвижного анода происходит ряд окислительных процессов с участием хлорид-ионов и сероводорода рассола. В результате анодного процесса в восстановительной обстановке среды, обусловленной присутствием сероводорода, хлор и кислород не выделяются и основным продуктом электрохимического окисления является элементная сера, которая в дисперсном состоянии переходит в рассол, заполняющий скважинную полость.

В результате катодного процесса растворения железа фильтровой колонны не происходит, а поверхность ее полностью очищается от коррозионно-адсорбционных отложений и пассивируется на определенный период по отношению к коррозионным процессам.

Выделившиеся в ствол скважины кольматажные отложения в дальнейшем удаляются с помощью кратковременной откачки и потому, в отличие от способа термокислотной обработки, не попадают в прискважинное пространство. Благодаря этому исключается кольматаж пород прискважинного пространства и привнос в пластовый рассол солей железа и кислоты. В послерегенерационный период процессы отложения коррозионно-адсорбционных образований на поверхности фильтровой колонны происходят со скоростями, меньшими, чем в начальный период работы скважины. Это объясняется тем, что в начальный период работы скважины ее поверхность покрыта некоторым слоем продуктов окислительной коррозии, которые, взаимодействуя с сероводородом пластовых рассолов, образуют сульфиды, провоцирующие дальнейшие процессы нарастания кольматажных коррозионно-адсорбционных отложений. Механизм этих процессов был рассмотрен выше. Скорость процессов образования коррозионно-адсорбционных отложений на поверхности регенерированной скважины замедляется из-за отсутствия на ее поверхности образований, способных к взаимодействию с сероводородом рассолов, а также пассивацией поверхности металла в процессе электролиза.

Подвижный анод, перемещаемый снизу вверх по стволу скважины со скоростью 60-70 м/ч, способствует равномерному протеканию процесса электролиза и полной очистке фильтра от кольматанта при минимальном расходе электроэнергии. Источником питания при этом может служить любой источник постоянного тока, имеющий высокую емкость и входное напряжение не менее 2,5 В. В качестве источника питания можно использовать и источники с переменным током при условии применения выпрямителей.

После проведения эксперимента продукты разрушения коррозионных отложений удалялись из ствола скважины с помощью кратковременной откачки. В реальных условиях применение данного способа позволит, по нашему мнению, в течение 3-5-часовой обработки скважины полностью восстановить ее производительность, причем прокачка скважины для удаления продуктов разрушения коррозионных отложений не будет превышать I-2 ч. Этот способ, являющийся более эффективным, чем солянокислотная обработка, может применяться для регенерации также и эксплуатационных водопонизительных и режимных скважин, причем без последующей прокачки, что значительно повышает его технико-экономические показатели.

В лабораторных условиях была проведена также экспериментальная проверка возможности гетерогенных образований при смешении пластовых и дренажных рассолов, при закачке последних в Метегеро-Ичэрский водоносный горизонт.

При проведении эксперимента пластовые рассолы смешивались с дренажными, средняя расчетная минерализация которых составляла около 60 г/л, причем выбор соотношений для смешения производился с учетом натурных условий при нагнетании рассолов в пласт. Целесообразными соотношениями смешения дренажных и пластовых рассолов были выбраны следующие: I:25; I:I0; I:2; I:I; 2:I; I0:I; 25:I, причем плотность в смешенных рассолах в указанных объемах, замеренная с помощью ареометра, оказалась равной I,049; I,049; I,05I; I,056; I,059; I,06I г/см^3 соответственно. Исходная величина плотности пластовых рассолов I,06I г/см^3, дренажных - I,049 г/см^3.

Возможность образования гетерогенной системы при смешении пластовых и дренажных рассолов в указанных выше соотношениях проверялась при различных температурах дренажного рассола (от +I5 ^{0}C до -7 ^{0}C), при которой в естественных условиях происходит преобладающий переход исследуемого объема растворов в льдокристаллическое состояние.

В процессе экспериментов (длительность опытов составила 3 месяца) никаких признаков кристаллизации солей при смешении пластовых и дренажных рассолов в данных условиях и при различных содержаниях сероводорода в закачиваемых рассолах (содержание сероводорода в дренажных рассолах колебалось от 25 до I20 мг/л) не обнаружено.

Итак, главными факторами, влияющими на производительность скважин, являются фильтрационные свойства пласта, техника и технология бурения скважин и коррозия фильтровых колонн при взаимодействии их с агрессивными пластовыми рассолами. В то же время нельзя не учитывать возможности снижения приемистости поглощающих скважин при кольматации их прифильтровых зон содержащимися в пластовых рассолах взвесями органического и неорганического происхождения. И хотя содержание взвесей в дренажных рассолах, согласно работе [I], не превышает допустимых величин, при которых может происходить глубокая кольматация прифильтровых зон скважин, о чем свидетельствует и опыт эксплуатации водопонизительных скважин, срок работы которых (2-5 лет) определялся, в основном, процессами коррозии фильтровых колонн, необходимо все же учитывать, что в процессе длительной ра-

работы поглощающих скважин наличие в закачиваемых рассолах даже незначительных количеств взвесей может привести со временем к существенному снижению их приемистости. В этой связи желательно заранее предусмотреть возможность искусственного увеличения производительности скважин системы обратной закачки. Из существующих методов (торпедирование скважин, химическая обработка, гидроразрыв пласта и др.) для условий трубки „Мир" в настоящее время наиболее реальным является применение гидроразрыва Метегеро-Ичерского водоносного горизонта в нагнетательных скважинах, активно используемого при нагнетаниях тампонажных растворов на участке создания ПФЗ. В этой связи следовало бы уже сейчас применить этот метод на одной из сооружаемых поглощающих скважин с целью проверки его эффективности по повышению приемистости как Метегеро-Ичерского водоносного горизонта, так и многолетнемерзлых пород. Единственное различие в технологии гидроразрыва пласта на участке обратной закачки от ПФЗ в том, что в образованную трещину или систему трещин нагнетается жидкость, содержащая крупнозернистый песок, который предупреждает смыкание стенок трещин после прекращения нагнетания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеев В.С., Курманенко А.Д., Суханов Е.Ф. О методике оценки зон проницаемости в пластах по данным расходометрии // Разведка и охрана недр. 1970. № 5. с. 41-43.

2. А.с. 1038468 СССР МКИ[3] Е 21 В 37/02; В 08 В 9/04. Способ очистки скважинных труб от солеотложений и устройство для его осуществления / О.Ф.Андреев, Ю.В.Черемков, Е.Н.Храменков, В.С.Смирнов, В.Д.Шуюрев, А.М.Эскин. Опубл. 19.06.83. Бюл. № 32.

3. Веригин Н.Н. Кольматаж призабойной зоны скважин // Прикладная механика и техническая физика. 1964. № 2. С.74-80.

4. Осушение месторождений при строительстве железорудных предприятий / И.Ф.Оксанич, Ю.Ф.Преснев, А.Б.Гордон и др. М.: Недра, 1977. 285 с.