

ПРИМЕНЕНИЕ ДИОКСИДА ХЛОРА НА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

1. ОБРАБОТКА СКВАЖИН

Диоксид хлора продемонстрировал уникальные свойства в процессе обработки скважин нефтяных и газовых месторождений. **Диоксид хлора** как истинный газ, даже находясь в жидкой фазе, может проникать в области пластов и ствол скважины, что не может быть достигнуто при применении других химических веществ и биоцидов, как для закупоренных скважин, так и скважин без наличия закупорки. **Диоксид хлора** хорошо растворим в маслах, что придает ему уникальные способности фактически влиять на смачиваемость/поверхностное натяжение нефти, и тем самым содействовать расширению движения и потока нефти, при этом не оставляя никаких вредных остаточных веществ. Это свойство в сочетании со способностью **диоксида хлора** как анти-закупорочного агента, приводит к увеличению эффективности эксплуатации и нефтеотдачи скважин, что невозможно достичь другими методами.

2. УВЕЛИЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СКВАЖИН

Диоксид хлора оказался весьма эффективным химическим методом удаления закупоривающих веществ из скважин и нефтеносных пластов. **Диоксид хлора** повышает производительность скважин путем решения трех проблем, общих для нефтяных и газовых месторождений:

- **удаление сульфида железа**

Диоксид хлора продемонстрировал высокий эффект при удалении закупоривающих веществ, таких как бактерии, сульфид железа и полимерные соединения из ствола скважин и пластов, находящихся в призабойной зоне скважин. В США опыт применения диоксида хлора как при инжектировании, так при сбросе и производстве показывает немедленные и устойчивые положительные результаты, в том числе с достижением более высокого, чем ожидалось дебита скважин.

Закупорка призабойной зоны скважин сульфидом железа широко признается причиной снижения производительности скважин. В отличие от обычного окисления путем введения соляной кислоты, имеющей низкую величину pH, которое лишь временно растворяет отложения сульфида железа, **диоксид хлора** полностью растворяет сульфид железа и преобразует его в растворимый в воде сульфат железа.

- **инактивация биологических загрязнений**

Отложения сульфида железа, которые вызывают закупорку призабойной зоны скважин, формируются за счет метаболической активности сульфат-редуцирующих бактерий (СРБ), которые попадают в скважину в виде биологических загрязнений во время капитального ремонта скважин, гидроразрыв пласта и эксплуатации скважин. Окружающая среда в глубине скважин, как правило, теплая и анаэробная (т.е. нет молекулярного кислорода). СРБ хорошо развиваются в таких условиях, используя

повсеместно сульфат, как «комбинированный» источник кислорода для завершения их метаболического цикла, что приводит к образованию отложений сульфида железа и газообразного сероводорода (H_2S), являющихся нежелательными побочными продуктами. **Диоксид хлора** является мощным биоцидом; он инактивирует все формы микробов, с которым он вступает в контакт, в том числе СРБ. Обработка скважин диоксидом хлора инактивирует сульфат-редуцирующие бактерии, присутствующие в призабойной области, тем самым предотвращая образование отложений сульфида железа, которые препятствуют эффективной эксплуатации скважин.

- **устранение ущерба, вызванного полимерами**

Хорошо известно, что снижение дебита скважин происходит из-за их закупорки полимерными реагентами, используемыми при бурении скважин, гидроразрыве пластов и стимуляции работы скважин. Хотя применение полимерных реагентов очень важно для выполнения этих задач, остаточное содержание полимеров может препятствовать эффективной работе скважин, если полимер остается в призабойной зоне скважины после завершения этих работ. **Диоксид хлора** продемонстрировал, что он способен устранять ущерб, вызванный остаточным содержанием полимера в скважине. При контакте раствор двуокиси хлора разрушает большинство наиболее часто используемых полимеров за счет химического окисления, способствуя тем самым их удалению из призабойной зоны скважины.

3. ЗАЩИТА ИНВЕСТИЦИЙ

Помимо увеличения производительности скважин нефтяных и газовых месторождений, **диоксид хлора** позволяет решать следующие важные задачи:

- **повышение безопасности на рабочих местах**
окисляет потенциально опасный газ сероводород H_2S , который присутствует в призабойной зоне скважин и не может выйти наружу в атмосферу.
- **снижение повреждения оборудования**
создаёт условия внутри скважин, способствующих их бесперебойной эксплуатации.
- **продление межремонтного периода скважин и оборудования**
является химическим средством, которое может быть использовано для «отрывания» «зацементированного» технологического оборудования, такого как погружные и штанговые насосы, снижая тем самым зависимость от ремонта скважин для поддержания их эксплуатации.

ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ДИОКСИДА ХЛОРА НА НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ США

ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ 1

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

Проблема: Закупорка скважин бактериями и сульфидом железа.

Решение: Применение диоксид хлора (ClO_2) для стимулирования процесса.

Исходные данные

Нефтегазовая компания эксплуатирует большое месторождение нефти и газа в северо-центральной части штата Юта. Скважины данного месторождения имеют проблемы, связанные с бактериями и сульфидом железа.

Соображения о целесообразности применения диоксида хлора

Добыча нефти и газа снизилась в среднем до 31 баррелей нефти в сутки, и при этом, продукт имел темные полосы сульфида железа FeS . Для решения проблемы пытались использовать различные обычные биоциды. Эти обычные биоциды не смогли искоренить проблему сульфидов, которые закупорили скважины, и поэтому необходимо было найти альтернативное решение.

Обработка диоксидом хлора

В результате проведенных обширных испытаний для данного месторождения было рекомендовано использование **диоксид хлора** с поэтапным введением его в скважину и кислоты, содержащей мицеллярный растворитель, ингибитор коррозии и хелант железа.

В обычной стимуляции скважин кислотой, кислота растворяет карбонат и сульфид железа, который остается в растворе до тех пор, как pH остается ниже 2. После того как кислота израсходуется и pH пластовой жидкости поднимается выше 2, сульфид железа повторно осаждается и закупоривает поры пластов скважины.

Диоксид хлора усиливает обычную стимуляцию кислотой путем окисления преимущественно нефте-смоченного водного оксида железа, который затем хелатируется (связывается) добавками кислоты, и окисления нерастворимого сульфида в водорастворимые сульфаты. **Диоксид хлора** также имеет способность окисления биомассы и полимеров.

После удаления насоса в трубу скважины поэтапно закачивали 1000 баррелей **диоксида хлора** и 15% раствор соляной кислоты HCl . Затем скважина была закрыта в течение одного дня, прежде чем вернуть её в производство.

После обработки **диоксидом хлора**, скважина была чистая, при этом получали окрашенную в желтую цвет нефть без признаков FeS . Добыча газа увеличилась с 2,15 млн. м^3 / сутки (до применения диоксида хлора) до 5,32 млн. м^3 /сутки. Добыча нефти возросла с 29 баррелей нефти в сутки (до применения диоксида хлора) до 89 баррелей нефти в сутки (после обработки **диоксидом хлора**).



Результаты

Применение **диоксида хлора** было успешным. За 90 дней после стимулирования скважин **диоксидом хлора** выручка составила около \$150 млн. (рентабельность 301%), по сравнению с доходом около \$50 млн., если месторождение не применило бы обработку **диоксидом хлора**. Срок окупаемости для этого месторождения составил 27 дней. После 90 дней после окончания обработки диоксидом хлора, месторождение продолжало оставаться высокопроизводительным.

Научное обоснование успеха

В отличие от альтернативных технологий, **диоксид хлора** является истинным газом, который является относительно стабильным окислителем, реагируя только с восстановленными соединениями, такими как сульфиды, фенолы, и биомассой. Кроме того, диоксид хлора убивает активные и неактивные бактерии, в отличие от обычных биоцидов. Было доказано, что диоксид хлора убивает споры бактерий при относительно коротком времени контакта и бактерии не могут сформировать сопротивление диоксиду хлора. Поэтому **диоксид хлора** сертифицирован также Американским Агентством по Охране Окружающей Среды (USEPA) в качестве биоцида для использования в питьевом водоснабжении и пищевой промышленности.

WWW.SUPERFILTER.RU



ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ 2

УСТРАНЕНИЕ СУЛЬФИДА ЖЕЛЕЗА В НЕФТЯНЫХ СКВАЖИНАХ

Обработка эксплуатационных скважин

Проблема: Закупорка скважины сульфидом железа.

Решение: Применение диоксида хлора (ClO_2) для стимулирования процесса

Исходные данные

Нефтяная компания эксплуатирует месторождение в западном Техасе. Из-за длительных проблем, связанных с сульфидом железа, одна из скважин вызывала чрезмерные расходы вследствие её частого капитального ремонта и простоя.

Соображения о целесообразности применения диоксида хлора

На данном месторождении электрические погружные насосы (ЭПН) закупоривались до четырех раз в две недели. В ходе каждого двухнедельного периода, проводились две кислотные обработки с целью решения этой проблемы. Обе стимуляции оказались неудачными и ЭПН пришлось заменить, что обошлось более, чем \$ 21000 плюс потери доходов из-за остановки производства нефти.

Отобранные образцы материалов, отложившихся на поверхности ЭПН, подтвердили, что закупоривавший насосы материал состоял в основном из сульфида железа и карбоната кальция.

Обработка диоксидом хлора

По результатам полного исследования было рекомендовано применить для удаления сульфида железа путем его окисления в растворимую форму метод стимуляции **диоксидом хлора**. Для удаления закупоривающего материала в скважину было закачено 250 баррелей **диоксида хлора** поступенчато с кислотой, содержащей мицеллярный растворитель, ингибитор коррозии и хелат железа.

Обычная стимуляция кислотой приводит к растворению карбоната и сульфида железа, которые остаются в растворенном виде до тех пор, пока pH остается ниже 2. После того, как кислота израсходуется и pH пластовой жидкости поднимается выше 2, сульфид железа повторно осаждается, закупоривая поры и всасывающую линию насоса.

Диоксид хлора улучшает обычную стимуляцию кислотой путем окисления преимущественно нефте-смоченного водного оксида железа, который хелатируется, а нерастворимый сульфид окисляется до растворимых в воде сульфатов.

Результаты

Сульфид железа закупоривал ЭПН, что приводило к расходам до \$38000 каждые две недели. В результате использования диоксида хлора, не было никаких проблем с насосами из-за сульфида железа в течение двух лет. Другие расходы, связанные с вытягиванием насоса из скважины, очисткой скважины и потерянными доходами из-за простоя были также ликвидированы. В результате, обработка диоксидом хлора окупилась меньше, чем за 30 дней. Затем с таким же успехом были обработаны другие скважины с аналогичной проблемой закупорки ЭПН.

**ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ 3****СНИЖЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА ВОДОНАГНЕТАТЕЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ**

Задача: Снизить давление нагнетания

Решение: Применение диоксид хлора (ClO₂)

Исходные данные: На скважине, расположенной на западе Техаса, ежегодно осуществлялась стимуляция скважины с целью уменьшения давления нагнетания.

Соображения о целесообразности применения диоксида хлора**Характеристики скважины**

Тип скважины	Водонагнетательная скважина
Пористость	8,5%
Перфорация	350 футов (общая), 87 футов (чистая)
Вещества, вызывающие закупорку скважины	FeS и CaCO ₃

Перед последней традиционной кислотной стимуляцией, воду закачивали в количестве 200 баррелей в сутки, давление нагнетания было 3450 фунтов на квадратный дюйм (psi).

При этой кислотной стимуляции, аналогичной проводимым в предыдущие годы, были получены следующие результаты:

Продолжительность (суток) после обработки	Количество закачиваемой воды, баррелей/сутки	Давление закачки, psi (фунт/дюйм ²)
10	230	3000
50	210	3300
80	200	3400
135	200	3450

Скважина вернулась к объему закачиваемой воды и давлению нагнетания, которые имели место до стимуляции, в течение 135 дней после обработки. Из-за недостаточно удовлетворительных результатов от стимуляции, заказчик захотел, чтобы рассмотрели альтернативные методы обработки, которые могут обеспечить более продолжительный эффект после обработки скважины.

Во время обычной стимуляции кислотой, кислота растворяет сульфида железа и карбонат кальция. По мере увеличения pH жидкости, сульфид железа повторно осаждается, закупоривая поровые пространства. В результате уменьшается объем закачиваемой воды и повышается давление закачки.



Обработка диоксидом хлора

Для решения проблемы был рекомендован диоксид хлора. При правильной по-стадийной стимуляции скважины с кислотой, диоксид хлора будет превращать сульфид железа с водосмоченный оксид железа, который затем хелатируется добавки, применяемыми в кислотной стадии процесса обработки. При этом сульфид железа больше осаждаться не будет.

Было также рекомендовано, чтобы мицеллярный окисляющий растворитель использовался в сочетании с кислотой. Мицеллярный окисляющий растворитель полностью смешивается в обычных кислотах, превращая кислоту в более мощный растворитель путем объединения моющих, водо-смачивающих и способностью растворять свойств в одной жидкости, используемой для обработки скважины.

Обработка заключалась в применении 200 баррелей диоксида хлора вместе с 110 галлонами мицеллярного окисляющего растворителя, добавляемого на стадии кислотной обработки. Были достигнуты следующие результаты:

Результаты

Продолжительность (суток) после обработки	Количество закачиваемой воды, баррелей/сутки	Давление закачки (psi) (фунт/дюйм ²)
10	340	1850
50	350	2000
80	340	1860
135	350	2100
1397	350	2400

Ожидания заказчика о результатах применения диоксида хлора были значительно превышены. Мало того, что давление в скважине сократилось более чем 1000 фунтов на квадратный дюйм, объем закачиваемой воды увеличился на 75% по сравнению с параметрами, имевшими место до обработки. Даже через четыре года после завершения обработки скважины диоксидом хлора, не требует дополнительная стимуляция скважины. Это привело к существенной экономии затрат и увеличению прибыли для заказчика за счет снижения необходимости проведения кислотной обработки и снижения соответствующих эксплуатационных расходов.