

Интенсификация растворения кольтматирующих отложений водозаборных скважин

Ивашечкин В. В., Губин В. В., Шейко А. М., Кондратович А. Н.

Белорусский национальный технический университет

Известный метод химической регенерации фильтров скважин с помощью реагентной ванны и циклического надавливания реагента за контур фильтра [1] не обеспечивает необходимую степень декольтмации и сопровождается значительным нахождением реагента в стволе скважины (20-24 часа), что может не благоприятно сказаться на состоянии конструкций фильтра, и привести к загрязнению пласта выпавшими в осадок продуктами растворения.

Поэтому для повышения качества и сокращения времени обработки актуальной является задача интенсификации растворения отложений.

К способам интенсификации процесса растворения относятся: увеличение температуры реагента, интенсивности перемешивания, степени измельчения твердого растворяемого материала, наложение скрещенных магнитных и электрических полей, создание низкочастотных механических колебаний и пульсаций жидкости, высокочастотных звуковых и ультразвуковых колебаний и др. [2]

Кольматирующие отложения скважин накапливаются в перфорации каркаса фильтров, между каркасом и водоприемной поверхностью, в отверстиях и щелях водоприемной поверхности, а также в порах гравийной обсыпки и водоносных пород. Глубина распространения и прочность кольтматирующих отложений возрастают с течением времени, поэтому для увеличения скорости растворения необходимо увеличить удельную поверхность кольтматанта, а значит и поверхность контакта с реагентом. Этого можно достичь, например, если использовать в качестве источника импульсных возмущений для измельчения отложений подводный взрыв водородно-кислородной газовой смеси (ВКГС) который легко реализуется

установкой ГДУ-150 [3]. Последующее интенсивное растворение и удаление из скважины продуктов реакции может быть реализовано в специальном устройстве, спускаемом в зону фильтра.

Поэтому целью работы является изучение способов интенсификации растворения колюматирующих отложений и разработка эффективного устройства для реагентной обработки фильтров скважин.

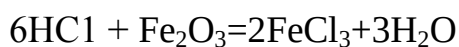
Методика экспериментов была следующей. В опытах использовалась проба колюматанта, взятого из фильтра скважины №18 «Зеленовка», содержащая 79,5% Fe_2O_3 по массе, 3,93% SiO_2 и ряд других соединений, доля каждого из которых в общей массе составляла менее 0,5%. Колюматанта предварительно высушивался на воздухе и перемешивался. В опытах использовалась 20% HCl , как наиболее эффективный реагент, предварительно подобранный на стадии тестирования [4].

Определенные количества колюматанта подвергались воздействию реагентной ванны при различных температурах: 15, 17, 42 и 46 °С, и также гидродинамическому воздействию от перемешивания в 20% HCl при температурах 17 и 34 °С. Время контакта колюматанта и реагента варьировалось от 15 до 12 часов. Степень растворения колюматанта оценивалась по соотношению количества растворенного Fe^{3+} и теоретически рассчитанного при условии его полного растворения. Теоретическая концентрация C_T ионов железа в растворе реагента определялась по формуле

$$C_T = S_1 \cdot S_2 \cdot m / V$$

где m – масса пробы; V – объем раствора реагента; S_1 - содержание Fe_2O_3 в единице массы, $S_1=0,795$; S_2 - содержание Fe^{3+} в оксиде железа, $S_2=0,7$.

Количество реагента брали не менее чем с 30% избытком исходя из уравнения реакции



Содержание растворенного Fe^{3+} определялось фотоколориметрическим методом на колориметре-нефелометре ФЭК 56М, который предварительно тарировался.

Эффективность n растворения кольматанта определялась по степени растворения железа Fe^{3+}

$$n = C/C_T \cdot 100\%$$

C – текущая концентрация Fe^{3+} в растворе реагента

На рис. 1 представлены кривые зависимости степени растворимости соединений железа кольматанта скважины №18 водозабора «Зеленовка» от продолжительности процесса растворения при различных параметрах: температуре и перемешивании.

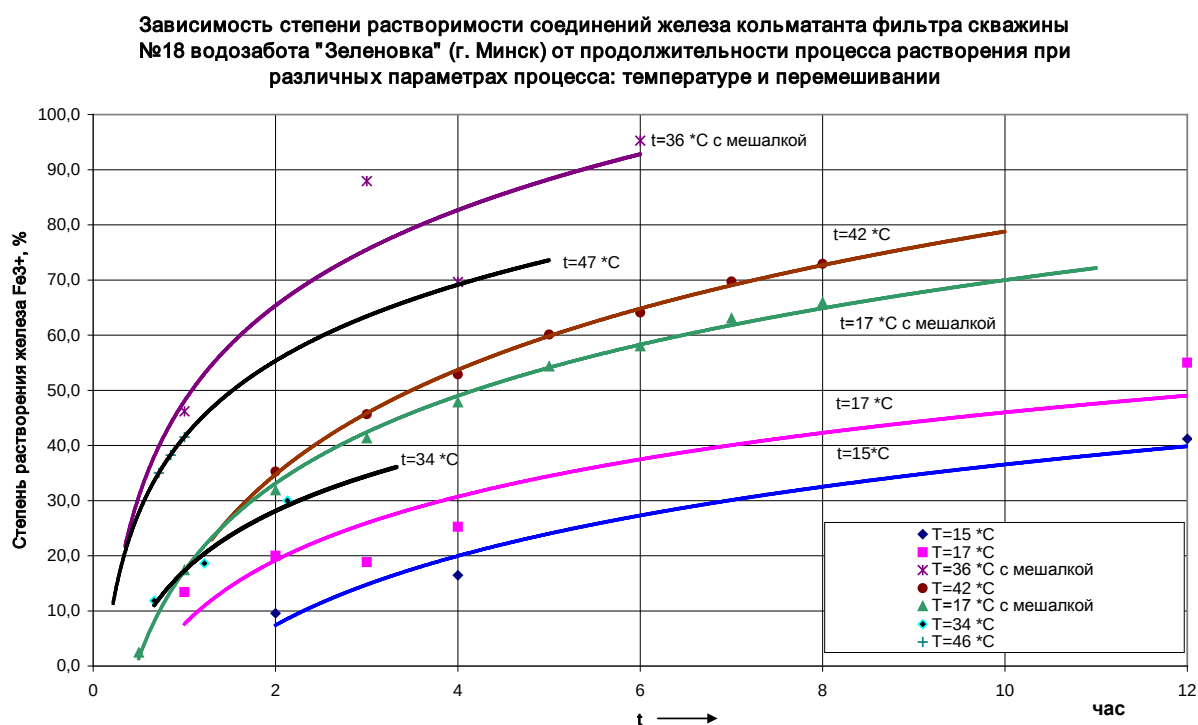


Рис. 1 Зависимость степени растворимости соединений железа кольматанта скважины №18 водозабора «Зеленовка» (г. Минск) от продолжительности растворения при различных параметрах процесса

Перемешивание реагента с измельчением производилась в цилиндрическом сосуде при неизменной частоте вращения мешалки $n=150$ об/мин при турбулентным гидродинамическом режиме ($Re=105$). В опытах использовалась лабораторная мешалка с подогревом.

Анализ результатов показывает, что интенсивность процесса растворения существенно возрастает при использовании механического перемешивания реагента по сравнению с растворением по методу реагентной ванны при той же температуре. При перемешивании реагента при $T=17\text{ }^{\circ}\text{C}$ степень растворимости железа возросла в среднем на (12-18%), а перемешивание реагента при $T=34\text{ }^{\circ}\text{C}$ позволило увеличить степень растворимости железа на (30-40%) и значительно сократить время процесса растворения: за 6 часов величина n достигла 90%.

На рис. 2 представлены зависимость степени растворимости n соединений железа Fe^{3+} от температуры T при продолжительности растворения $T=4$ часа (реагентная ванна).

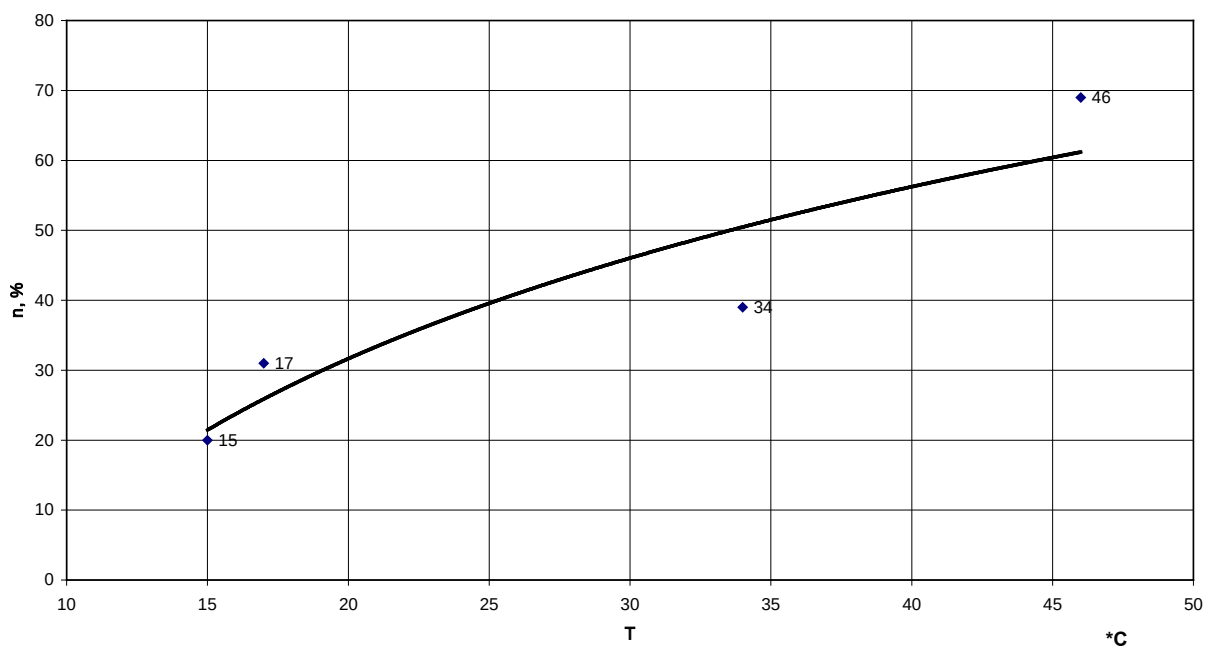


Рис. 2 Зависимость степени растворимости соединений железа n кольтманта скважины №18 водозабора «Зеленовка» (г. Минск) от температуры T при продолжительности растворения 4 часа в условиях реагентной ванны

Из графика следует, что с ростом температуры T степень растворимости n возрастает при $T=46\text{ }^{\circ}\text{C}$ $n=70\%$. В то же время использование перемешивания подогретого реагента до температуры $34\text{ }^{\circ}\text{C}$ способно за тот

же промежуток времени ($T=4$ часа) обеспечить степень растворения $p=83\%$ (см. рис. 1).

На основании проведенных опытов авторами предложено устройство для реагентной обработки фильтра, которое представлено на рис. 3

Устройство опускают на кабель-тросе в зону очищаемого фильтра и устанавливают в его верхней части, включают электродвигатель, открывают вентиль и из емкости по шлангу в нагнетательную циркуляционную камеру подают реагент, который через сопло, полость насоса и всасывающий патрубок попадает во всасывающую циркуляционную камеру. Закрывают вентиль, после этого включают от пульта управления электродвигатель, который приводит во вращение рабочее колесо насоса и турбинную мешалку с лопатками. При этом насос создает пониженное давление в камере и всасывает реагент через патрубок. Реагент попадает на рабочее колесо насоса и через сопло подается в нагнетательную камеру. На выходе сопла формируется струя реагента, направленная в сторону стенки фильтра.

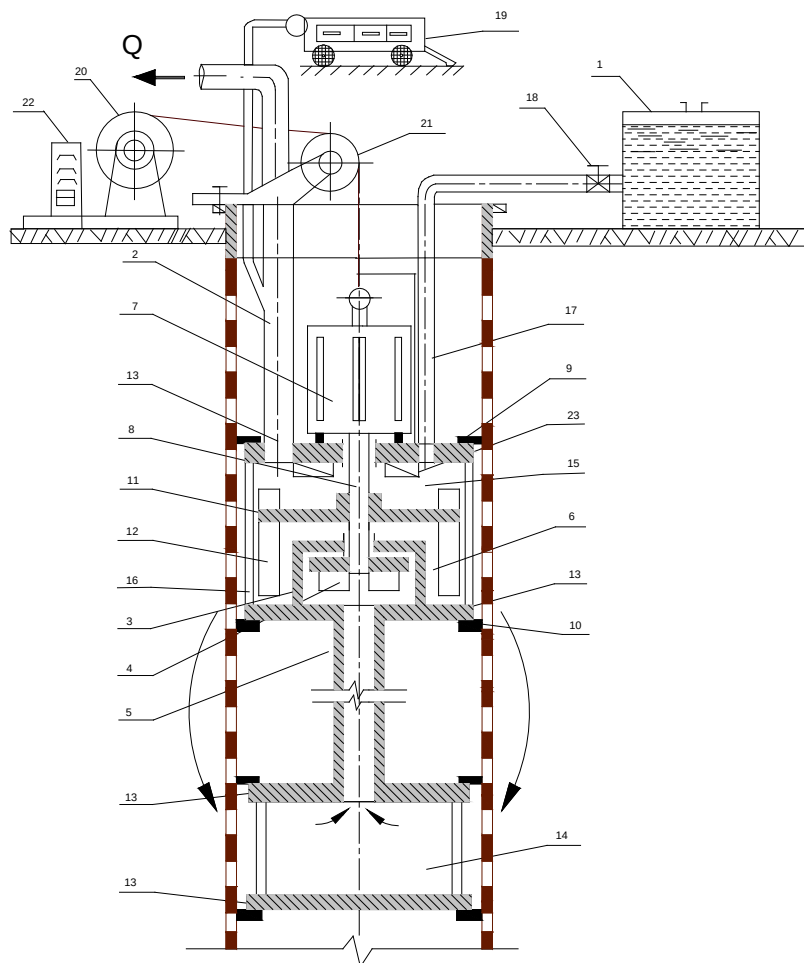


Рис. 3 Устройство для циркуляционной обработки скважин.: 1 – емкость с реагентом; 2 – эрлифт; 3 – насос; 4 – рабочее колесо насоса; 5 – всасывающий патрубок; 6 – сопло; 7 – электродвигатель; 8 – вал; 9, 10 – пакеры; 11 – турбинная мешалка; 12 – лопатки; 13 – поперечные перегородки; 14, 15 – всасывающая и нагнетательная камеры; 16 – продольные перегородки; 17 – шланг; 18 – вентиль; 19 – компрессор; 20 – лебедка; 21 – скважинный блок; 22 – пульт управления; 23 – электронагреватель.

При вращении мешалки происходит периодическое перекрытие отверстия сопла лопатками, поэтому истечение через сопло получается прерывистым и сопровождается пульсациями скорости и давления в обеих камерах и в прифильтровой зоне.

Между камерами возникает перепад давлений и устанавливается циркуляционное пульсирующее движение реагента в прифильтровой зоне,

направленное от нагнетательной камеры к всасывающей камере через проницаемые стенки фильтра.

В процессе движения реагента происходит растворение кольматирующих отложений в перфорационных отверстиях, проволоочной обмотке и в грунте прифилтровой зоны. Процесс растворения кольматанта интенсифицируется его нагревом посредством электронагревателя и дополнительной циркуляцией реагента внутри нагнетательной камеры, которая снабжена плоскими вертикальными перегородками. При наличии перегородок турбинная мешалка формирует радиальный поток, направленный в перфорационные отверстия. При этом большая часть радиального потока поглощается и уходит в прифилтровую зону, а некоторая часть жидкости образует восходящие и нисходящие циркуляционные потоки внутри нагнетательной камеры, омывая каркас и растворяя обрастания каркаса. Все перечисленные потоки, включая фильтрационный, являются пульсационными из-за периодического перекрытия лопатками мешалки выходного отверстия сопла. Частота пульсаций зависит от частоты вращения вала электродвигателя и от количества лопаток мешалки. Момент окончания процесса декольматации обрабатываемого интервала определяется по стабилизации электропроводности раствора. После этого включают компрессор и удаляют продукты растворения кольматанта из прифилтровой зоны и из камер.

Затем скважинное устройство перемещают на нижележащий интервал и процесс очистки повторяют.

Применение в скважинном устройстве насоса и турбиной мешалки с регулируемой частотой вращения позволяет управлять процессом растворения кольматанта на участке регенерации. С увеличением частоты вращения вала насоса возрастает подача и давление насоса, т.е. возрастает глубина обработки. С другой стороны увеличивается частота пульсаций, создаваемых лопастями мешалки, и интенсивность циркуляции реагента в прифилтровой зоне.

Применяемое устройство позволит поинтервально восстанавливать фильтр с регулируемой скоростью регенерации.

Выводы:

1. Изучено влияние подогрева и перемешивания реагента на степень растворимости соединений железа. Показано, что целью сокращения времени реагентной обработки, необходимо одновременное воздействие этих факторов.

2. Разработана конструкция устройства для реагентной циркуляционной обработки фильтра, в котором для интенсификации процесса растворения использовано одновременное воздействия комплекса факторов: подогрев реагента, создание потока с колебанием скорости и давления, обеспечение помимо наружной циркуляции раствора реагента в прифильтровой зоне также и внутренней циркуляции в нагнетательной камере.

Тел. Ивашечкин Владимир Васильевич 029 7 56 99 32

Шейко Андрей Михайлович 029 77 095 42

Интенсификация растворения кольматирующих отложений водозаборных
скважин

Ивашечкин В. В., Губин В. В., Шейко А. М., Кондратович А. Н.

Белорусский национальный технический университет

Реферат

Целью работы является изучение способов интенсификации растворения кольматирующих отложений и разработка эффективного устройства для реагентной обработки фильтров скважин.

На основании лабораторных экспериментов изучено влияние подогрева и перемешивания реагента на степень растворимости соединений железа, а также разработана конструкция устройства для реагентной циркуляционной обработки фильтра, в котором для интенсификации процесса растворения использовано одновременное воздействия комплекса факторов: подогрев реагента, создание потока с колебанием скорости и давления, обеспечение помимо наружной циркуляции раствора реагента в прифильтровой зоне также и внутренней циркуляции в нагнетательной камере.

Ключевые слова: водозаборная скважина, кольматаж, растворение.

Key words: water well, incrustation, solution.

ABSTRACT

Candidate of Science Ivashechkin V., Gubin V., Sheiko A., Kondratovich A.

Intensification solution processes of water wells incrustation

Belorussian National Technical University