

УДК 626.816: 626.134

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАСТВОРЕНИЯ КОЛЬМАТИРУЮЩИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН

В.В. Извасечкин, кандидат технических наук

В.В. Губин, магистрант

А.М. Шейко, аспирант

А.Н. Кондратович, старший преподаватель
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 декольматации и сопровождается значительным нахождением реагента в стволе скважины (20-24 часа), что может неблагоприятно 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 растворимого 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 кольматирующих отложений возрастают с течением времени, поэтому для увеличения скорости растворения необходимо увеличить удельную поверхность кольматанта, 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 являются изучение способов интенсификации растворения кольматирующих отложений и разработка эффективного устройства для реагентной обработки фильтров скважин.

Методика экспериментов была следующей. В опытах использовалась проба кольматанта, взятого из фильтра скважины №18 «Зеленовка», содержащая 79,5% Fe₂O₃ по

массе, 3,93% SiO₂ и ряд других соединений, доля каждого из которых в общей массе составляла менее 0,5%. Кольматант предварительно высушивался на воздухе и перемешивался. В опытах использовалась 20% HCl, как наиболее эффективный реагент, предварительно подобранный на стадии тестирования [4].

Определенное количества кольматанта подвергалось 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 кольматанта и реагента варьировалось от 15 до 12 часов. Степень растворения кольматанта оценивалась по соотношению количества растворенного Fe³⁺ и теоретически рассчитанного при условии его полного растворения. Теоретическая концентрация C_T ионов железа в растворе реагента определялась по формуле:

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

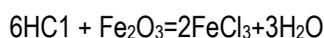
где m – масса пробы;

V – объем раствора реагента;

S₁ – содержание Fe₂O₃ в единице массы, S₁=0,795;

S₂ – содержание Fe³⁺ в оксиде железа, S₂=0,7.

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



Содержание растворенного Fe³⁺ определялось фотоколориметрическим методом на колориметре-нефелометре ФЭК 56М, который предварительно тарировался.

Эффективность n растворения кольматанта определялась по степени растворения железа Fe³⁺.

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

где C – текущая концентрация Fe³⁺ 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.

Перемешивание реагента с измельчением производилась в цилиндрическом сосуде при неизменной частоте вращения мешалки n=150 об/мин при турбулентном 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 °С степень растворимости железа возросла в среднем на (12-18%), а перемешивание реагента при T=34 °С позволило увеличить степень растворимости железа на 30-40% и значительно сократить время процесса растворения: за 6 часов величина n достигла 90%.

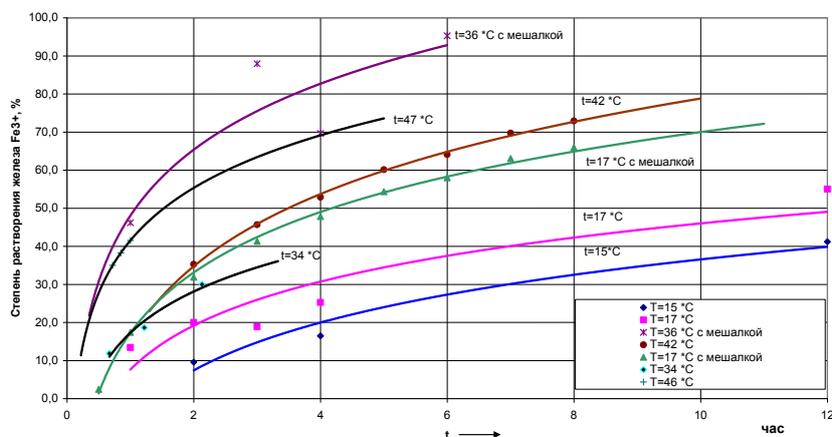


Рис. 1. Зависимость степени растворимости соединений железа (кольматанта скважины 18 водозабора «Зеленовка», г. Минск) от продолжительности растворения при различных параметрах процесса

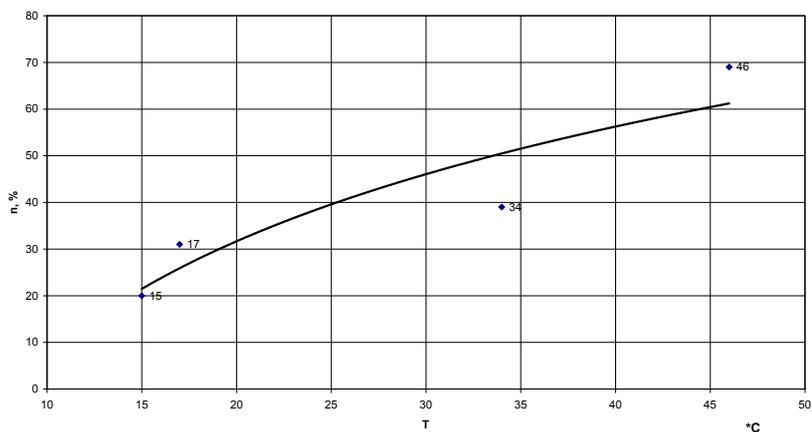


Рис. 2. Зависимость степени растворимости соединений железа n кольматанта скважины 18 водозабора «Зеленовка» (г. Минск) от температуры T при продолжительности растворения 4 часа в условиях реакгентной ванны

Из графика (рис. 2) следует, что с ростом температуры T степень растворимости n возрастает при $T=46^{\circ}\text{C}$ $n=70\%$. В то же время использование перемешивания подогретого реагента до температуры 34°C способно за тот же промежуток времени ($T=4$ часа) обеспечить степень растворения $n=83\%$ (см. рис. 1).

На основании проведенных опытов авторами предложено устройство для реакгентной 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

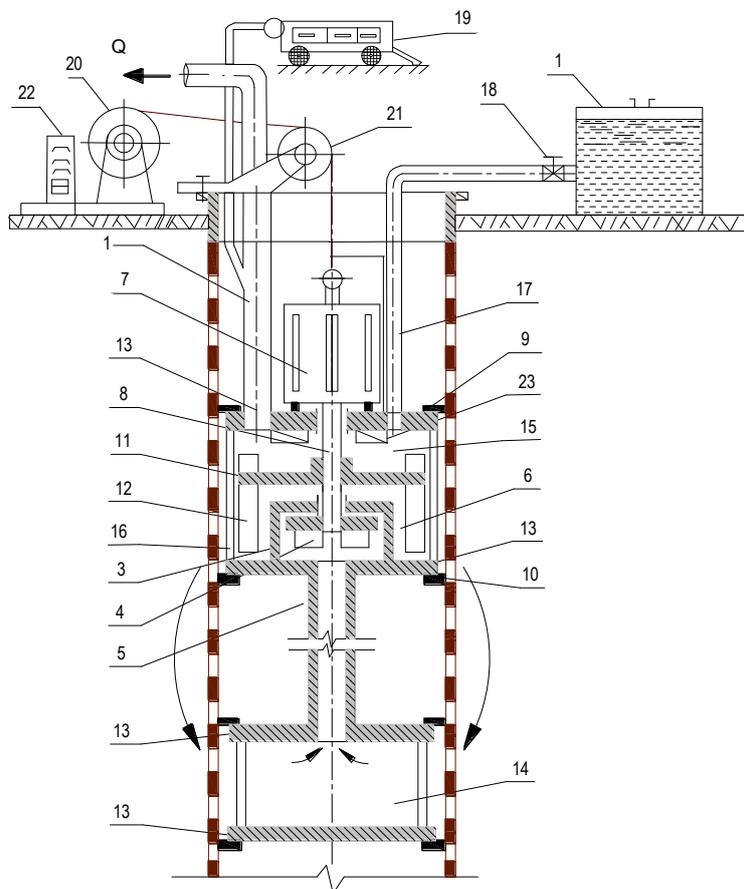


Рис. 3. Устройство для циркуляционной обработки скважин.
1 – емкость с реагентом; 2 – эрлифт; 3 – насос; 4 – рабочее колесо насоса;
5 – всасывающий патрубок; 6 – сопло; 7 – электродвигатель; 8 – вал; 9, 10 – пакеры;
11 – турбинная мешалка; 12 – лопатки; 13 – поперечные перегородки;
14, 15 – всасывающая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

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.

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 прифилтровой 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 турбинной 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.

Выводы

1. Изучение влияния подогрева и перемешивания реагента на степень растворимости соединений железа показало, что для сокращения времени реагентной обработки необходимо одновременное воздействие этих факторов.

2. Разработанная конструкция устройства для реагентной циркуляционной обработки фильтра, в котором для интенсификации процесса растворения использовано одновременное воздействие комплекса факторов (подогрев реагента, создание потока с колебанием скорости и давления, обеспечение помимо наружной циркуляции раствора реагента в прифилтровой зоне также и внутренней циркуляции в нагнетательной камере) позволит поинтервально восстанавливать фильтр с регулируемой скоростью регенерации.

Summary

Ivashechkin V., Gubin V., Sheyko A., Kondratovich A. Intensification of dissolution of

colmatage deposits in water-supply wells

The purpose of work is the analysis of methods for intensification of dissolution of colmatage deposits and development of an effective device for reagent processing of filters of wells.

On the basis of laboratory experiments the influence of preheating and agitating of a reagent on a solubility degree of ferro-compounds is investigated, and also the design of the device for reagent circulation processing of the filter is developed. For intensification of dissolution, simultaneous action of complex of the factors is used: preheating a reagent, implementation of stream with variable speed and pressure, implementation of circulation within discharge chamber in addition to external circulation of dissolved reagent in close-to-filter zone.