

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **036590**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2020.11.26**

(51) Int. Cl. *E21B 37/08* (2006.01)  
*E03B 3/18* (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201900058**

(22) Дата подачи заявки  
**2018.12.28**

---

(54) **УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ФИЛЬТРОВ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН**

---

(43) **2020.06.30**

(56) BY-C1-8866  
SU-A1-1740577  
SU-A1-1768722  
EP-A2-0620356

(96) **2018/EA/0102 (BY) 2018.12.28**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:  
**БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(BY)**

(72) Изобретатель:  
**Ивашечкин Владимир Васильевич,  
Кондратович Александр Николаевич,  
Кочергин Антон Юрьевич (BY)**

(57) Изобретение относится к водоснабжению и может быть использовано для регенерации фильтров и прифильтровых зон водозаборных скважин от кольматирующих отложений. Задачей, решаемой изобретением, является повышение эффективности разрушения и извлечения прочных цементированных кольматирующих отложений, накапливающихся в длительно эксплуатирующихся скважинах, и повышении производительности устройства с целью обеспечения его конкурентоспособности. Поставленная задача решается тем, что устройство для регенерации фильтров водозаборных скважин, содержащее рабочую камеру (8), выполненную в виде цилиндра с цилиндрическим отверстием в нижней части, отражатель (11), свечу поджига (9), смонтированную в рабочей камере, электролизер (1) с пакетом электродов (2), которые электрически подключены к источнику постоянного тока (3), газовый колпак с коническим днищем (13), смонтированный под отражателем, содержащий газоподводящую и газоотводящую трубки (6) и (7), кольцевые манжеты (10), установленные на боковой поверхности рабочей камеры и газового колпака (12), дополнительно содержит бак для реагента (14) с дозатором (15), установленный у оголовка скважины, кольцевую перфорированную трубку для распределения реагента (18), установленную в нижней части рабочей камеры и соединенную с дозатором посредством шланга для реагента (17), дополнительную свечу поджига (21), установленную в полости газового колпака, причем электролизер размещен у оголовка скважины и содержит предохранительный затвор (4), который сообщен с газоподводящей трубкой (6) посредством газопроводного шланга (5).

**B1**

**036590**

**036590**

**B1**

Изобретение относится к водоснабжению и может быть использовано для регенерации фильтров и прифильтровых зон водозаборных скважин от кольматирующих отложений.

Известно устройство для регенерации фильтров водозаборных скважин [1], содержащее рабочую камеру в виде цилиндра с цилиндрическим отверстием в нижней части, отражатель, свечу поджига, смонтированную в рабочей камере, электролизер с пакетом электродов, которые электрически подключены к источнику постоянного тока.

Недостатком устройства являются низкие динамические параметры гидротока на стадии расширения продуктов взрыва в рабочей камере и слабое импульсное воздействие на кольматирующие образования на стадии схлопывания газового пузыря при конденсации водяных паров. Это снижает область применения устройства и не позволяет удалять липкие глиноподобные отложения из фильтра и прифильтровой зоны.

Известно устройство для регенерации фильтров водозаборных скважин [2] (прототип), содержащее рабочую камеру, выполненную в виде цилиндра с цилиндрическим отверстием в нижней части, отражатель, свечу поджига, смонтированную в рабочей камере, электролизер с пакетом электродов, которые электрически подключены к источнику постоянного тока, газовый колпак с коническим дном, который сообщен с электролизером посредством газопроводящей трубки, а с рабочей камерой посредством газоотводящей трубки, кольцевые манжеты, установленные на боковой поверхности рабочей камеры и газового колпака.

К недостаткам устройства относится низкая эффективность удаления прочных кольматирующих отложений из фильтра и прифильтровой зоны, характерных для длительно эксплуатируемых скважин.

Частично разрушенные подводными взрывами отложения остаются в прифильтровой зоне и быстро обрастают в процессе эксплуатации скважины новыми отложениями, так как увеличивается площадь контакта с омывающим их потоком воды.

К недостаткам устройства также относится низкая производительность обработки фильтра, которая зависит от производительности электролизера по выработке водородно-кислородной смеси. Это обусловлено стесненными условиями фильтров скважин, которые имеют диаметры от 150 до 300 мм. Здесь трудно разместить электролизер высокой мощности, так как размер электрода ограничен диаметром фильтра, а максимальная плотность тока на поверхности электрода не может превышать допустимых значений порядка 0,2-0,25 А/см<sup>2</sup>. Увеличение числа электродов приводит к увеличению весогабаритных показателей погружного электролизера, газлифтному выбросу электролита из полости электролизера, к росту общего напряжения, подаваемого на электролизер, выходящему за безопасные пределы.

Задачей, решаемой изобретением, является повышение эффективности разрушения и извлечения прочных цементированных кольматирующих отложений, накапливающихся в длительно эксплуатируемых скважинах, и повышении производительности устройства с целью обеспечения его конкурентоспособности.

Поставленная задача решается тем, что устройство для регенерации фильтров водозаборных скважин, содержащее рабочую камеру, выполненную в виде цилиндра с цилиндрическим отверстием в нижней части, отражатель, свечу поджига, смонтированную в рабочей камере, электролизер с пакетом электродов, которые электрически подключены к источнику постоянного тока, газовый колпак с коническим дном, смонтированный под отражателем, содержащий газоподводящую и газоотводящую трубки, кольцевые манжеты, установленные на боковой поверхности рабочей камеры и газового колпака, дополнительно содержит бак для реагента с дозатором, установленный у оголовка скважины, кольцевую перфорированную трубку для распределения реагента, установленную в нижней части рабочей камеры и соединенную с дозатором посредством шланга для реагента, дополнительную свечу поджига, установленную в полости газового колпака, причем электролизер размещен у устья скважины и содержит предохранительный затвор, который сообщен с газоподводящей трубкой посредством газопроводного шланга.

Сущность изобретения поясняется чертежом.

Устройство состоит из электролизера 1 с пакетом электродов 2, источника постоянного тока 3, предохранительного затвора 4, газопроводного шланга 5, газоподводящей трубки 6, газоотводящей трубки 7, рабочей камеры 8, свечи поджига 9, манжет 10, отражателя 11, газового колпака 12, конического дна 13, бака для реагента 14, дозатора 15, вентиля 16, шланга для реагента 17, кольцевой перфорированной трубки 18, троса 19, лебедки 20, дополнительной свечи поджига 21.

Погружную часть устройства на тросе 19 опускают в зону очищаемого фильтра и устанавливают в его верхней части. Затем открывают вентиль 16 и подают из бака для реагента 14 в дозатор 15 порцию реагента, объем которой определяют по насыщенности обрабатываемого участка фильтра и обсыпки кольматантом. Реагент по шлангу 17 подают в кольцевую перфорированную трубку 18, которая распределяет его равномерно на обрабатываемом участке фильтра. Исходная концентрация реагента должна быть подобрана так, чтобы при разбавлении его водой обеспечивалась оптимальная концентрация реагента в зоне обработки. Начинается растворение кольматанта в режиме реагентной ванны, который характеризуется малой скоростью растворения.

Затем подают напряжение от источника постоянного тока 3 на пакет электродов 2 электролизера 1, заполненного раствором гидроксида калия КОН. Образующиеся при разложении воды водород и кисло-

род по отдельным трубкам (на чертеже не показаны) снизу поступают в предохранительный затвор 4, барботируют через слой жидкости, собираются в верхней части и поступают по газопроводному шлангу 5, газоподводящей трубке 6 в полость газового колпака 12 и заполняют его до уровня нижнего среза газотводящей трубки 7. Затем по газотводящей трубке 7, барботируя через слой жидкости, газы попадают в полость рабочей камеры 8.

Через определенное время, достаточное для накопления в рабочей камере заданного объема газа, напряжение на электролизере 1 выключают и после паузы, необходимой для прекращения движения газовой смеси в газотводящей трубке 7, включают свечу поджига 9 и дополнительную свечу поджига 21.

Газовые смеси в рабочей камере 8 и газовом колпаке 12 поджигают одновременно, в результате чего в двух объемах смеси происходит взрывное химическое превращение, идущее по уравнению:  $2\text{H}_2 + \text{O}_2 = 2\text{H}_2\text{O} + Q$ , где  $Q$  - теплота взрыва. Образуются полости высокого давления продуктов взрыва, состоящих из водяных паров. Давление в паровых полостях примерно в 10 раз превышает гидростатическое на участке обработки. Паровые полости как поршни воздействуют на жидкость. Наличие уплотняющих манжет 10 предотвращает утечки реагента вдоль ствола скважины. В реагент излучаются волны сжатия на стадии расширения продуктов взрыва и волны разряжения на стадии конденсации паровых пузырей. Энергия залпом произведенных газовых взрывов расходуется на разрушение отложений на участке фильтра между рабочей камерой 8 и коническим днищем 13. Если каждый взрыв в отдельности можно рассматривать как сферический взрыв, то два одновременных взрыва на близком расстоянии будут создавать воздействие на фильтр, имеющее цилиндрическую симметрию, которая характеризуется меньшими потерями энергии при распространении волны давления за стенкой фильтра, чем у сферического взрыва. Кроме этого, возрастает общая энергия взрыва, которая приводит к росту давления на фронте волны, воздействующей на фильтр. Это следует из общего закона подобия для волн повышения давления в жидкости, инициируемых различными источниками: подводными взрывами твердых взрывчатых веществ, газовыми взрывами, электроразрядами. Энергетический закон подобия записывается в виде:

$$P = f(E^{1/3}/R),$$

где  $P$  - давление на фронте волны;  $E$  - энергия, выделяемая при воздействии;  $R$  - расстояние от источника возмущения до точки измерения давления.

Таким образом, проведение залпового взрыва в рабочей камере и газовом колпаке за счет суммирования энергий взрывов с большей вероятностью позволит разрушить цементированные отложения, характерные для длительно эксплуатируемых скважин. Подводные взрывы производятся в среде реагента, что значительно интенсифицирует процесс растворения. При взрывах происходит измельчение отложений, возрастает площадь поверхности кольматанта, что интенсифицирует процесс растворения, значительно увеличиваются скорости движения реагента на поверхности кольматанта при пульсациях продуктов взрыва, что улучшает отвод продуктов реакции, блокирующих процесс растворения [4]. Все это повышает эффективность извлечения отложений из фильтра и пористой среды гравийной обсыпки и пласта. Процесс инициирования двойных взрывов осуществляют до тех пор, пока фильтру не будет передана расчетная (исходя из прочности кольматанта и глубины его проникновения) энергия.

Для того чтобы усилить эффект растворения отложений за счет увеличения скорости фильтрационного потока в гравийной обсыпке на завершающем этапе регенерации участка фильтра, когда прочные кольматирующие отложения разрушены и раздроблены двойными взрывами до необходимой степени измельчения, переходят на комбинированную обработку участка фильтра мощными струями реагента, которые инициируют в гравийной обсыпке фильтрационные потоки знакопеременного направления. Для этого подают из бака для реагента 14 через дозатор 15 новую порцию реагента по шлангу 17 в кольцевую перфорированную трубку 18, которая распределяет его равномерно на обрабатываемом участке фильтра. Заполняют от электролизера 1 полости газового колпака 12 и рабочей камеры 8 газовой смесью и включают свечу поджига 9. Газовая смесь в рабочей камере 8 взрывается с образованием парового пузыря высокого давления, в составе которого находятся перегретые водяные пары, которые формируют гидрострую (струю, направленную на стенку фильтра). Под действием высокого давления и сформированного им гидроструи происходит деформация кольцевых манжет 10, расположенных снаружи нижней части рабочей камеры 8 и верхней части газового колпака 12, по направлению к стенке фильтра и уплотнение с ней. Под действием высокого давления парового пузыря гидроструи разгоняется до высокой скорости, проникает в гравийную обсыпку и создает там интенсивный прямой фильтрационный поток реагента, направленный в сторону газового колпака 12, в котором находится газовая смесь. Смесь сжимается и играет роль демфера, усиливая фильтрационный поток. Это позволяет паровому пузырю в рабочей камере 8 достигнуть максимальной степени расширения, на которой давление в паровом пузыре станет ниже гидростатического, пузырь перерасширится и начнет схлопываться. При обратном движении парового пузыря формируется обратный гидроструи, направленный из газового колпака 12 с избыточным давлением в сторону рабочей камеры 8, который инициирует обратный фильтрационный поток реагента в гравийной обсыпке. Применение двойных манжет 10 на газовом колпаке обеспечивает создание знакопеременного фильтрационного потока, позволяет создать вакуумирование прифилтровой зоны, удалить

оттуда остаточные кольматирующие отложения и снизить утечки реагента вдоль ствола скважины. После полной конденсации парового пузыря процессы заполнения рабочей камеры 8 и подрыва там газовой смеси продолжают до тех пор, пока не стабилизируется солесодержание в жидкости в зоне обработки, фиксируемое датчиком электрического сопротивления (на рисунке не показан). Это укажет на окончание обработки участка фильтра и будет являться сигналом для перемещения устройства на следующий нижележащий участок. После обработки всего фильтра скважина прокачивается эрлифтом.

Анализ конструкции и рабочего процесса предлагаемого устройства для регенерации фильтров водозаборных скважин показывает, что размещение электролизера на дневной поверхности у устья скважины снимает ограничения на его мощность и позволяет в сжатые сроки провести обработку фильтра любой длины, что позволит сделать устройство конкурентноспособным.

Подача реагента в зону обработки позволит сделать обработку комбинированной, т.е. производить подводные взрывы в реагенте, что значительно интенсифицирует процесс удаления кольматирующих отложений и повысит эффективность декольматации, что особенно актуально для длительно эксплуатируемых скважин, закольматированных прочными сцементированными отложениями.

Применение второй дополнительной свечи поджига, смонтированной в газовом колпаке, позволяет производить не только дискретные взрывы в рабочей камере, но и залповые взрывы, которые имеют большее разрушающее действие не только за счет увеличения зоны воздействия, но и за счет увеличения общей мощности взрыва и давления на фронте волны.

Использование дополнительной манжеты на газовом колпаке позволит использовать ее как средство для усиления знакопеременного фильтрационного потока реагента в гравийной обсыпке и интенсифицировать процесс растворения. Из анализа работ по кинетике растворения кольматирующих образований следует, что процесс растворения во многом зависит от гидродинамических условий. Ранее был исследован процесс растворения солей при фильтрации воды через грунт, поры которого заполнены солями. В результате была получена в критериальном виде зависимость для коэффициента массопереноса  $\beta_1$ , из которой следует, что он пропорционален скорости фильтрации в степени 0,5, т.е.  $\beta_1 \sim v^{0,5}$ .

Теоретически и экспериментально доказано, что за счет увеличения скорости движения реагента интенсифицируется процесс растворения и выноса продуктов реакции из прифильтровой закольматированной зоны скважины.

#### Литература

1. Авторское свидетельство СССР № 977712 "Устройство для регенерации фильтров водозаборных скважин".
2. Патент РФ 8866 "Устройство для регенерации фильтров водозаборных скважин" опубликован 30.06.2005.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Устройство для регенерации фильтров водозаборных скважин, содержащее рабочую камеру, выполненную в виде цилиндра с цилиндрическим отверстием в нижней части, отражатель, свечу поджига, смонтированную в рабочей камере, электролизер с пакетом электродов, которые электрически подключены к источнику постоянного тока, газовый колпак с коническим днищем, смонтированный под отражателем, содержащий газоподводящую и газоотводящую трубки, кольцевые манжеты, установленные на боковой поверхности рабочей камеры и газового колпака, отличающееся тем, что оно дополнительно содержит бак для реагента с дозатором, устанавливаемый у оголовки скважины, кольцевую перфорированную трубку для распределения реагента, установленную в нижней части рабочей камеры и соединенную с дозатором посредством шланга для реагента, дополнительную свечу поджига, установленную в полости газового колпака, причем электролизер выполнен с возможностью размещения у оголовка скважины и содержит предохранительный затвор, который сообщен с газоподводящей трубкой посредством газопроводного шланга.

