

УДК 628.112.2

Анализ некоторых циркуляционно-реагентных способов регенерации водозаборных скважин

Артёмчик А.А.

Научный руководитель Ивашечкин В.В., д.т.н., профессор
Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Процессы кольматации в прифилтровой зоне и на поверхности фильтра приводят к снижению дебита скважин и увеличению себестоимости добываемой воды. В статье описаны некоторые способы циркуляционно-реагентной декольматации и приведены результаты оценки их эффективности.

В Республике Беларусь в эксплуатации находится более 36 тысяч водозаборных скважин, среди которых более 10 тысяч предназначены для централизованного питьевого водоснабжения, также ежегодно к этому количеству прибавляется около 500 новых водозаборных скважин [1].

Многолетние исследования и наблюдения за работой водозаборных скважин показали, что независимо от конструкции фильтра скважины или конструкции водозабора, с течением времени производительность скважин неизбежно деградирует ввиду процессов механического, биологического и химического кольматажа фильтра и прифилтровой зоны. В Республике Беларусь фактический срок службы большинства водозаборных скважин, составляет порядка 16-19 лет, что существенно меньше нормативного периода эксплуатации, который составляет не менее 25 лет. Эта существенная разница приводит к значительным финансовым затратам на бурение новых скважин.

В данной статье рассматриваются лишь некоторые способы химической циркуляционной декольматации кольманта, который образуется на поверхности фильтра и в прифилтровой зоне вследствие изменения гидродинамического равновесия в пласте в процессе эксплуатации водозаборных скважин. Образование химического кольманта считается неизбежным процессом, который наиболее интенсивно происходит на водоприёмной поверхности фильтра ввиду увеличения скоростей фильтрационного потока вблизи фильтра и лучшими условиями аэрации.

Выделяют три слоя кольманта: первый слой, находящийся в непосредственном контакте с фильтром, который имеет темно-бурый цвет и толщину от 0.3 до 1.3 мм. Он характеризуется наибольшей плотностью и наихудшими фильтрационными свойствами. Именно этот слой является

основной причиной снижения дебита скважины, так как он значительно затрудняет движение воды через фильтр; второй слой кольматанта имеет желто-бурый цвет и толщину от 0.2 до 10 мм. Он менее плотный по сравнению с первым слоем, но также способствует ухудшению фильтрационных характеристик; третий слой кольматанта, который может быть зеленовато-желтым или серовато-желтым, имеет толщину от 1 до 10 мм. Он характеризуется наиболее рыхлым строением и лучшей проницаемостью по сравнению с первыми двумя слоями [2].

Главной задачей циркуляционно-реагентных способов является деструкция, диспергирование и удаление кольматирующих отложений из фильтра и прифильтровой зоны. Циркуляционно-реагентные способы регенерации фильтров водозаборных скважин применяются во всем мире. Все разработанные способы циркуляционной регенерации базируются на делении фильтра скважины во время обработки на две и более секции. Декольматация осуществляется закачиванием реагента в одну и откачиванием из другой секции. В результате такого деления фильтра происходит циркуляция реагента в прифильтровой закольматированной зоне скважины. Теоретические исследования, проведённые Гаврилко В.М. и Алексеевым В.С. показали увеличение скорости процесса декольматации с ростом скорости движения реагента в порах [2].

Известен способ вертикальной циркуляционной реагентной обработки, предложенный В. Г. Тесля для скважины (рис. 1).

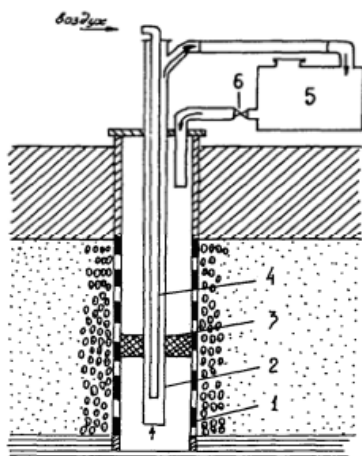


Рис. 1. Схема устройства для реагентной обработки скважины
1-фильтр; 2-водоподъемная колонна; 3-пакер; 4-воздухопроводная колонна;
5-ёмкость; 6-задвижка

Способ регенерации заключается в разделении фильтра скважины пакером на две секции, в одну секцию производится закачка реагента из ёмкости, а из другой – откачка обратно в ёмкость эрлифтом. Преимуществом предлагаемой технологии обработки является отсутствие насоса для обеспечения циркуляции реагента, а удаления продуктов реакции, как и реагента из нижней секции обратно в бак осуществляется эрлифтом [3; 4].

К недостаткам устройства относится наличие эрлифта с передвижным компрессором, которые усложняют технологическое оборудование и ограничивают область его применения только использованием реагентов, которые допускают присутствие в воде растворенного кислорода. При работе с реагентом – восстановителем: дитионитом натрия будет происходить быстрая потеря его активности из-за поглощения кислорода. Также недостатком такой технологии является то, что циркуляция реагента происходит по наиболее проницаемым участкам в обход закольматированной прифильтровой зоны, а не по всей прифильтровой зоне по высоте фильтра [5].

В работе [4] обозначено, что регенерация всего фильтра одновременно путем разделения его пакером на две секции: закачную и откачную неэффективна, так как установлено, что максимальные размеры зоны обработки, соответствующие поступлению в откачную секцию 95% закачиваемого расхода, составляют всего 1,4-1,6 м вне зависимости от конструкционных установок. Автором также отмечено, что регулирование размеров зоны циркуляции возможно за счет сокращения общего времени обработки, однако это приводит к тому, что нижняя часть пласта вместе с откачной секцией фильтра остаются необработанными.

По этой причине В. Г. Тесля были рассмотрены многопакерные схемы декольматации с чередованием закачивающих и откачивающих секций для улучшения равномерности распределения реагента, автором установлено, что при установке в фильтре n_n пакеров, конечные размеры обрабатываемой зоны уменьшаются в n_n раз по сравнению с однопакерной схемой, время обработки также сокращается в n_n^2 раз [4].

Известен способ циркуляционной регенерации фильтра и прифильтровой зоны скважины [6], где предлагается разделять фильтр скважины на три секции удлинёнными пакерами с поинтервальной обработкой, которая происходит на длину участка фильтра в зависимости от длины герметизированного пакера.

Этому способу также присущ недостаток, когда циркуляция реагента может происходить по высокопроницаемым участкам по пути от закачной до откачной секции, создавая пути обхода, не только в пределах самого фильтра, но и за его пределами, в окружающем водоносном горизонте,

минуя закольматированные участки прифильтровой зоны, оставляя обработку неполной.

С целью снижения степени разбавления реагента и обеспечения циркуляции в пределах всей закольматированной прифильтровой зоны бала разработана конструкция с установкой в фильтре нескольких негерметичных дисков [7]. Цель достигается с помощью колонны водоподъемных труб с закрепленным на ней набором дисков, установленных друг от друга на расстоянии не более 0,1 длины фильтра; причем нижний и верхний диски установлены на расстоянии от нижнего конца скважины не более 0,1 и 0,75–0,8 длины фильтра, соответственно. Диаметр нижнего диска в предлагаемой конструкции принят 0,85–0,90 диаметра фильтра, а отношение разницы диаметров нижнего и остальных дисков к диаметру фильтра составляет 0,04–0,06. Диски позволяют создать сопротивление циркуляции реагента в стволе скважины и вынуждают двигаться реагент через закольматированную прифильтровую зону. При заливке реагент из емкости над верхним диском поступает в прифильтровую зону в верхней части участка установки дисков и возвращается в скважину в его нижней части при минимальном разбавлении реагента. Циркуляцию производят с помощью эрлифта. Схема устройства для циркуляционной обработки скважин с набором дисков на колонне труб представлена на рисунке 2.

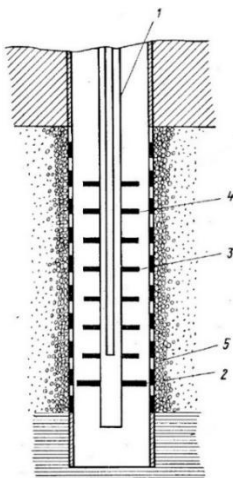


Рис. 2. Схема устройства для циркуляционной обработки скважин на воду [7]
1 – колонна водоподъемных труб; 2, 3, 4 – диски; 5 – фильтр.

Наилучшую эффективность данный способ демонстрирует при декольматации прифильтровых зон малых размеров, поскольку реагент циркулирует как в прифильтровой зоне, так и непосредственно в самом фильтре скважины. При этом расход реагента находится в прямой зависимости от суммарного расхода откачки и закачки, и сопротивления, которое оказывают диски и прифильтровая зона. Способ результативен для скважин с небольшими сроками эксплуатации, когда рыхлый кольматирующий осадок не успевает дегидратироваться и упрочниться.

К недостаткам устройства относится наличие эрлифта с передвижным компрессором, которые усложняют технологическое оборудование и ограничивают область его применения только использованием реагентов, которые допускают присутствие в воде растворенного кислорода. К недостаткам устройства также относится необходимость устройства негерметичных перегородок.

А. М. Шейко разработан способ регенерации фильтра с горизонтальным циркуляционным движением реагента в прифильтровой зоне скважины. Фильтр внутри разделяется на два вертикальных сектора при помощи трёх пакеров: вертикального и ограничивающих горизонтальных, реагент задавливается в прифильтровую зону через нагнетательный сектор, а возвращается во всасывающий сектор при помощи создаваемого разрежения во всасывающем секторе фильтра [5].

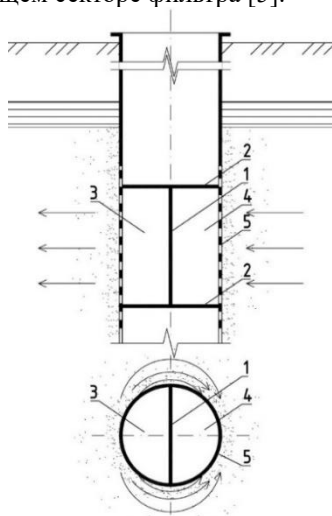


Рис. 3. Схема горизонтальной циркуляции реагента

1 – вертикальный пакер, 2 – горизонтальный пакер, 3 – нагнетательный сектор, 4 – всасывающий сектор, 5 – фильтр

Анализ технологии регенерации водозаборных скважин, предложенный Шейко А.М., показал неравномерность поля скоростей фильтрационного потока, т.к. линии тока близки по виду к дуге окружности, то можно сделать вывод о малоэффективной промывке наиболее отдалённых участков закольматированной прифильтровой зоны, что приведёт к значительным энергозатратам.

Произведен анализ некоторых существующих способов циркуляционной регенерации водозаборных скважин, а также их эффективности.

Циркуляционная регенерация фильтра и прифильтровой зоны – сложная технологическая задача, эффективность которой напрямую зависит от равномерного распределения реагента по всей прифильтровой зоне. Существующие способы, к сожалению, часто сталкиваются с проблемой неравномерного проникновения реагента, что снижает их эффективность. Главный недостаток заключается в преференциальной циркуляции реагента по наиболее проницаемым каналам, минуя закольматированные участки.

Необходимо отметить, что описанные выше способы восстановления водозаборных скважин характеризуются миграцией реагента в водоносный пласт и требуют привлечения специализированных ремонтных организаций, имеющих сложное оборудование для их проведения.

Такие схемы прокачки достаточно эффективны лишь для скважин эксплуатирующихся непродолжительной период, пока кольматант находится в пастообразном или пористо-рыхлом состояниях, а также для водозаборных скважин, на которых регулярно проводятся восстановительные мероприятия через промежуток времени, не превышающий межремонтный период для данной скважины.

Самостоятельная циркуляционно-реагентная регенерация зачастую оказывается неэффективной для достижения желаемого результата восстановления пористости водонасыщенных пластов, особенно в скважинах с высоким дебитом, представляет собой сложную задачу, требующую применения комбинированных способов регенерации, которые обеспечат более глубокое и равномерное проникновение реагента за контур скважины, что и способствовало появлению комбинированных способов регенерации (электрогидроудар в реагенте, пневмо-реагентный, газоимпульсно-реагентный и вибрационный), которые выполняются до обработки реагентом или одновременно. Такие способы позволяют предварительно разрушить цементированные отложения, создавая новые пути для фильтрационных потоков, улучшая проникновение реагента.

Литература

1. О Национальной стратегии управления водными ресурсами в условиях изменения климата на период до 2030 года [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 22 февр. 2022 г., № 91 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22200091>. – Дата доступа: 30.11.2024.
2. Гаврилко, В. М. Фильтры буровых скважин / В. М. Гаврилко, В. С. Алексеев. – 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Недра, 1985. – 334 с.
3. Ивашечкин, В. В. Ремонтпригодные водозаборные скважины / В. В. Ивашечкин, П. А. Автушко; под. ред. В. В. Ивашечкина. – Минск : БНТУ, 2016. – 228 с.
4. Тесля, В.Г. Циркуляционная регенерация скважин и пласта : дис. канд. техн. наук : 04.00.06 / В. Г. Тесля. – М., 1986. – 144 с.
5. Ивашечкин, В. В. Регенерация скважин и напорных фильтров систем водоснабжения / В. В. Ивашечкин, А. М. Шейко, А. Н. Кондратович ; под ред. В. В. Ивашечкина. – Минск : БНТУ, 2008. – 276 с.
6. Method and apparatus for cleaning well liner and adjacent formation : pat. US 3945436 / R. Nebolsine. – Опубл. 23.03.1976.
7. Устройство для циркуляционной обработки скважин на воду: пат. SU 1182129 А / В. С. Алексеев, Г. М. Коммунар, В. Г. Тесля. – Опубл. 30.09.1985.

УДК 330.15, 330.5

Сравнительный анализ стоимостной оценки экосистемной услуги водных ресурсов в Республике Беларусь за 2020-2022 гг.

О. В. Борисенко, Ю.А. Игнатьева

Научный руководитель: Дубенок С.А., к.т.н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Экосистемные услуги являются неотъемлемой частью природного капитала, обеспечивающего устойчивое развитие общества и экономики. Водные ресурсы, как важнейшая составляющая экосистем, играют ключевую роль в поддержании жизни на Земле, обеспечивая питьевое водоснабжение населения, производственные и сельскохозяйственные нужды, рыболовство, рекреацию, отдых и туризм, а также сохранение биоразнообразия. Однако с увеличением населения, ростом экономической активности и изменением климата давление на водные ресурсы