

**Поинтервальная реверсивно-реагентная обработка  
водозаборных скважин методом свабирования**

Амелишко И. Е., Ивашечкин В. В.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

*В процессе работы водозаборных скважин происходит снижение удельного дебита в результате кольматажа. Эксплуатация скважины без проведения профилактических и ремонтных мероприятий приводит к снижению ее дебита и влечет перерасход электроэнергии на подъем воды. Для восстановления работоспособности старых скважин используют различные методы [1]. Каждый метод имеет свою область применения, преимущества и недостатки. Циркуляционно-реагентные способы регенерации скважин наиболее перспективны. Они могут обеспечить необходимую глубину и равномерность очистки фильтра и прифильтровой зоны скважин. Дальнейшее совершенствование технологий циркуляционно-реагентной регенерации, обеспечивающих равномерное удаление кольматирующего осадка, является актуальной научно-технической задачей.*

В БНТУ предложено осуществлять циркуляционно-реагентную обработку фильтров водозаборных скважин способом свабирования. Регенерация проводится поинтервально на участке фильтра, ограниченного двумя пакерами и заполненного реагентом. Предложенное скважинное устройство для регенерации методом линейного свабирования в замкнутой камере [2] имеет ряд сложных конструктивных элементов. Поэтому мы упростили конструкцию устройства. Схема обработки участка гравийного фильтра упрощенным устройством для регенерации методом линейного свабирования представлена на рис. 1.

Устройство для регенерации опускаю в обрабатываемый участок фильтра. Пакеры делают выбранный участок скважины замкнутым. Реверсивно перемещая сваб в фильтре между двух пакеров, можно создать избыточное давление, которое инициирует фильтрационный поток реагента, огибающий сваб по гравийной обсыпке и направленный в зону пониженного давления. Рабочие ходы повторяют до тех пор, пока не будет достигнута необходимая степень регенерации участка фильтра. После устройство для регенерации перемещают на новый участок фильтра и процесс повторяют.

Для расчета продолжительности обработки фильтра на основе метода линейного свабирования воспользуемся методикой расчета продолжитель-

ности работы установки для реверсивно-реагентной обработки фильтров [3]. Для описания процесса растворения отложений использована система уравнений (1): объединенного уравнения движения и сохранения массы и обобщенного уравнения кинетики.

$$\begin{cases} -v \frac{\partial C}{\partial x} - \rho_{oc} \frac{\partial b}{\partial t} = n_0 \frac{\partial C}{\partial t} \\ \frac{\partial b}{\partial t} = -\Phi \cdot (C_m - C) \end{cases}, \quad (1)$$

где  $C_m$  – максимальная концентрация солей в реагенте (концентрация насыщенного раствора);  $C$  – концентрация солей в реагенте;  $v$  – скорость движения реагента в гравийной обсыпке;  $n_0$  – начальная пористость грунта;  $b$  – удельная насыщенность грунта кольматантом, плотность которого равна  $\rho_{oc}$ .

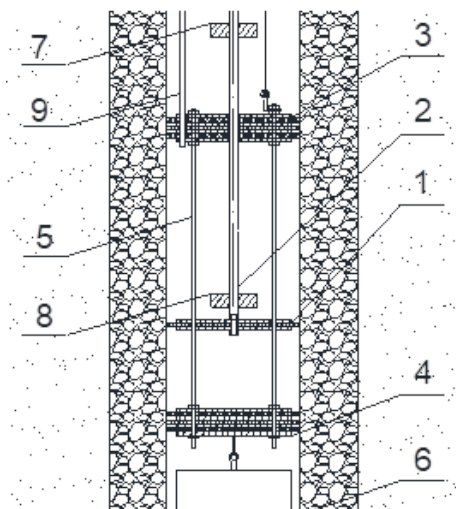


Рис. 1. Схема реагентной обработки фильтра на основе метода линейного свабиворонения:

- 1 – сваб; 2 – шток; 3 – верхний пакер; 4 – нижний пакер;
- 5 – направляющие стержни; 6 – массивный груз; 7 – верхний упор;
- 8 – нижний упор; 9 – шланг для подачи реагента

Путем интегрирования уравнения кинетики получена аналитическая зависимость для расчета продолжительности регенерации слоя гравийной обсыпки:

$$b(T_0, L) = b_0 - \sum_{m=1}^k [n_0 (1 - e^{-a_m T_0}) + a_m \cdot e^{-a_m T_0} (1 - n_0) T_0] J_m, \quad (2)$$

Формула (2) позволяет рассчитать время, по истечении которого удельный объем кольматирующих отложений достигнет нуля. По полученным формулам была составлена компьютерная программа, позволяющая рассчитать количество циклов работы устройства, продолжительность очистки и степень удаления кольматанта на каждом этапе работы.

В программу занесены следующие исходные данные: внешний диаметр фильтра  $D_{\text{ф}} = 273$  мм; наружный диаметр гравийной обсыпки  $D_{\text{обс}} = 450$  мм; удельный объем отложений кольматанта  $b_0 = 0,1$ ; начальная пористость среды  $n_0 = 0,3$ ; плотность кольматанта  $\rho_k = 2250$  кг/м<sup>3</sup>; длина обрабатываемого участка фильтра  $L = 1$  м; максимальная концентрация хлорида железа в данном объеме реагента  $C_{\text{mFeCL}_3} = 529$  кг/м<sup>3</sup>; скорость движения реагента в закольматированной загрузке  $v = 2$  мм/с.

Результаты расчетов: время прохода реагентом участка длиной 1 м:  $T_0 = 500$  с. Продолжительность промывки участка длиной 1 м составляет  $T_{\text{общ}} = 25$  минут.

Заключение. Доработана и упрощена конструкция устройства для регенерации методом линейного свабирования в замкнутой камере, заполненной реагентом; рассмотрен пример расчета продолжительности реагентной обработки участка фильтра при использовании соляной кислоты в качестве реагентов.

### Литература

1. Алексеев, В. С. Восстановление дебита водозаборных скважин / В. С. Алексеев, В. Т. Гребенников. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 239 с.
2. Ивашечкин, В. В. Реагентная декольматация водозаборных скважин методом свабирования в замкнутых камерах / В. В. Ивашечкин, А. М. Шейко, Ю. А. Медведева, А. Н. Глинская, И. Е. Иванова // Мелиорация. – 2018. – № 2(84). – С. 20–27.
3. Иванова, И. Е. Теоретические исследования процесса выщелачивания кольматанта в гравийной обсыпке фильтра скважины при использовании установок для реверсивно-реагентной регенерации / И. Е. Иванова, В. В. Ивашечкин, В. В. Веременик // Энергетика. – 2018. – № 1(61). – С. 80–92.