

**В. С. Алешин, Е. Б. Рассказов, С. Г. Иващенко**  
(Ростов-на-Дону, РГСУ). **Доочистка сточных вод гальванических производств на фильтрах с различной загрузкой.**

Наибольшее распространение для доочистки производственных сточных вод получили фильтры с зернистой загрузкой после механической, химической или физико-химической очистки.

Гальванические сточные воды, прошедшие предварительно электрохимическую обработку и разделение продуктов обработки отстаиванием, подвергаются фильтрации, т. е. доочистке с целью уменьшения содержания в сточных водах взвешенных веществ, что дает возможность создать в гальваническом цехе бессточную систему водоснабжения.

Д. М. Минц [1], разработавший теорию фильтрования воды через слой зернистого материала, рассматривает два основных вида процесса фильтрования суспензии: 1) с образованием осадка; 2) без образования осадка.

При малой концентрации взвешенных веществ в жидкости накопления их в пористой среде и изменение режима движения во времени происходит медленно. Это позволяет рассматривать движение малоконцентрированных суспензий в течение короткого отрезка времени как стационарное движение однородной жидкости.

Пусть  $C = f(h, t)$  — начальная концентрация взвеси, поступающей в рассматриваемый слой загрузки фильтра.

Получаем дифференциальное уравнение

$$\frac{\partial^2 C}{\partial h \partial t} + \alpha \frac{\partial C}{\partial h} + \beta \frac{\partial C}{\partial t} = 0,$$

которое нетрудно проинтерпретировать.

Необходимо определить параметры  $\alpha$  и  $\beta$  экспериментальным моделированием, поэтому пользуемся критерием подобия. Такой анализ позволяет выразить основные закономерности процесса фильтрования более простыми уравнениями:

$$T_n = \frac{1}{v_i \gamma \sqrt{d}} \left( \frac{H d_s^2}{\psi \sigma} - h \right), \quad \Psi = \frac{\alpha^2 \mu (1 - m)^2}{1,9 m^3},$$

где  $T_n$  — продолжительность работы фильтра до момента достижения предельной потери напора (т. е. период между двумя промывками);  $v_i$  — параметр для учета свойств содержащейся в воде взвеси;  $\gamma$  — параметр для учета степени неоднородности загрузки;  $\sigma$  — скорость фильтрования, м/ч;  $H$  — предельная потеря напора в фильтре, м;  $d_s$  — эквивалентный диаметр зерен загрузки, мм;  $m$  — пористость зернистого слоя;  $\alpha$  — коэффициент формы зерен;  $\mu$  — динамический коэффициент вязкости воды.

При выборе фильтрующей загрузки предпочтение отдавалось материалам, имеющим развитую удельную поверхность и большую межзерновую пористость. Этим требованиям в наибольшей степени отвечают кварцевый песок крупных фракций, гравий, антрацит, керамзит, полистирол. Экспериментальные исследования проводились на однослойных и двухслойных фильтрах с нисходящим потоком воды. Загрузкой однослойного фильтра служил кварцевый песок с крупностью зерен от 1,0 до 2,2 мм. Высота песчаной загрузки 0,7 м. Вода, пройдя через загрузку фильтра, отводилась в емкость оборотного водоснабжения. Крупность зерен и их однородность в слое характеризуется данными ситового анализа, который позволяет определить эквивалентный диаметр зерен в мм:  $d_s = 100(\sum P_i d_i)^{-1}$ , где  $P_i$  — процентное содержание фракций со средним диаметром зерен  $d_i$ , последний определяется как полусумма калибров смежных сит.

Коэффициент неоднородности  $K = d_{80}/d_{10}$ , где  $d_{80}, d_{10}$  — диаметры зерен в мм, соответствующие 80%-му и 10%-му калибру.

Для загрузки фильтров применялись более однородные зернистые материалы с коэффициентом неоднородности  $K \leq 2,0$ . Повышение неоднородности обеспечивает лучшие условия промывки материала, а применительно к фильтрам с нисходящим фильтрационным потоком — более глубокое проникновение загрязнений внутрь загрузки и, следовательно, более полное использование ее грязеемкости.

При наблюдении за работой песчаного фильтра в течение всего периода он работал удовлетворительно, вода на выходе из фильтра была прозрачной, без цвета, концентрация взвешенных веществ в среднем 1,0 мг/л, но при увеличении фильтроцикла более 16–17 часов наблюдалось ухудшение качества фильтрата, вода приобрела желто-бурый цвет, выносились хлопья гидроокиси железа с сорбированными на них загрязнениями. Значительно уменьшилась скорость фильтрации, увеличилась потеря напора в фильтре. Для восстановления фильтрующей способности загрузки фильтр выключали из работы и проводилась его промывка обратным током воды, величина относительного расширения загрузки колеблется от 25 до 50%.

При исследовании работы двухслойного фильтра загрузка состояла из антрацита (верхний слой), высотой 0,5 м и кварцевого песка (нижний слой), высотой 0,5 м.

Гидравлическая крупность зерен антрацита 1,0–2,0 мм, кварцевый песок с крупностью зерен от 1,0 до 2,2 мм.

Межзерновая пористость антрацитово-кварцевой загрузки и коэффициент формы зерна выше, чем у кварцевого песка, и составляет от 52 до 58% и от 1,5 до 2,5% соответственно.

Наблюдения за работой двухслойного фильтра с антрацито-кварцевой загрузкой показали их достаточно высокую эффективность при обработке гальванических сточных вод.

Вывод: исследования показали, что в песчаной фильтрующей загрузке с течением времени происходит накопление частиц гидроокислов, а особенно при малой интенсивности промывки, что сказывается на продолжительности работы фильтра и качестве фильтрата. Более устойчивая и надежная в работе была двухслойная фильтрующая загрузка — антрацит и кварцевый песок.