

УДК 628.16.066.1 (575.2) (04)

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕСКА ИЗ ИВАНОВСКОГО КАРЬЕРА

А.И. Абдурасулов – аспирант

It was posed the result of adjectives filtered estimate description of Ivanovskiy's sand pit as a basis filtering category of sand filter bed of conductive channel system potable water.

В системах сельского, коммунального и промышленного водоснабжения для окончательного удаления из природных вод различных ингредиентов, находящихся в виде коллоидов и суспензий и именуемых взвешенными веществами, почти во всех случаях используется фильтрование через зернистые загрузки [1–4].

Теория работы зернистого фильтрующего слоя при фильтровании малоконцентрированных суспензий с отложением суспензий в его порах разработана Д.М. Минцем [4] и изучена Ю.М. Шехтманом [5] и К. Айвесом [6, 7].

Работа скорого фильтра характеризуется следующими параметрами: производительность, т.е. скорость фильтрования, – V_{ϕ} ; продолжительность фильтроцикла, т.е. продолжительность работы фильтра до проскока в фильтрат взвеси концентрацией большей, чем требуемая, – t_3 и продолжительность работы фильтра до достижения предельной потери напора – t_n . В свою очередь, продолжительность фильтроцикла определяется параметрами фильтрующей загрузки, к которым относятся [4]: высота загрузки – x ; эквивалентный диаметр – $d_{\text{экв}}$; коэффициент неоднородности загрузки – K_n , и свойства извлекаемой взвеси из раствора.

В проектировании для эффективного использования фильтров большое значение имеет правильный выбор, учитывающий условия эксплуатации, параметры их работы. Поэтому на практике для работы фильтровальных сооружений необходим [8] подбор условий, при которых соблюдается следующее равенство:

$$t_3 = \sigma t_n = t_{\text{ц}},$$

где σ – коэффициент запаса, принимаемый равным 1,2–1,3; t_n – продолжительность работы фильтра до промывки, принимаемая в соответствии с требованиями [9].

Оценка параметров работы фильтра производится исходя из технологического моделирования процесса фильтрования малоконцентрированных суспензий [4]. Основой технологического моделирования является определение момента ухудшения качества воды по толщине фильтрующей загрузки и приросту потери напора. В последнее время разработан другой, более упрощенный метод технологического моделирования [10], который основан на наблюдении прироста потерь напора в толще загрузки с помощью большого количества пьезометров – **пьезометрический метод**.

СНиП по водоснабжению рекомендует в качестве фильтрующей загрузки зернистых фильтров использовать волгоградский кварцевый песок, так как все теоретические предпосылки для расчёта скорого фильтра базировались на технологических параметрах этого песка [9].

В настоящее время по ряду причин как экономического, так и организационного характера использовать волгоградский кварцевый песок на водопроводных очистных станциях республики практически невозможно. Поэтому была поставлена задача по изучению фильтровальных характеристик доступного кварцевого

песка Ивановского карьера Чуйской долины Кыргызстана.

Истираемость и измельчаемость карьерного песка соответствовали определенным требованиям [2, 8]. Для упрощения проведения анализа остаточной концентрации взвешенных веществ в исследуемой воде в качестве коллоидных и суспензионных веществ использовали имитируемый раствор из сернокислого закисного железа и хлорного окисного железа. Следующей задачей стало определение оптимальных параметров работы скорого фильтра для фильтрования воды, содержащей гидроокись железа. Для этого было проведено экспериментальное определение параметров работы фильтров при фильтровании воды, содержащей различные концентрации гидроокиси железа. Опыты проводились в лабораторных условиях на модели фильтра, представленной на рисунке. Для предотвращения пристеночного эффекта [3] внутренняя поверхность модели фильтра из оргстекла была покрыта слоем кварцевого песка диаметром около 1 мм. Модель фильтра была загружена однородной загрузкой из ивановского песка с $d_{10}=0,903$, $d_{80}=1,36$, $d_{э\text{кв}}=1,12$ мм. $K_n=1,5$ на высоту 100 см.

Полученные экспериментальные данные обрабатывались согласно [10]. Были определены параметры фильтрования с помощью формул [4]:

$$b = \frac{X_0}{x_0}, \quad (1)$$

$$\frac{a}{b} = \frac{n}{k}. \quad (2)$$

Экспериментальные данные и результаты расчётов влияния концентрации железа (гидроокиси) на кинетику удаления из воды и прирост потери напора позволили определить фильтрационный параметр $F(A)$ с помощью уточнённой формулы:

$$F(A) = 0,15 \left[\frac{1}{(1-A)^3} - 1 \right]. \quad (3)$$

Как видно, с повышением концентрации железа ($C_0 = 1,6 + 22,4$ мг/л) в фильтруемой воде интенсивность прилипания частиц гидроокиси к поверхности загрузки увеличивается

$$b = 10,56 \div 39,41 \text{ м}^{-1}.$$

Скорость проникновения хлопьев в глубину загрузки также увеличивается и равна

$$\frac{a}{b} = 0,046 \div 0,08 \text{ м/ч}.$$

При этом время защитного действия загрузки t_3 пропорционально уменьшается от 16,7 до 6,2 ч. Кроме того, с увеличением концентрации исходного железа C_0 от 1,6 до 22,4 мг/л прочность отложения осадка на поверхности загрузки возрастает от 0,469 до 3,25 ч⁻¹. Вследствие этого относительный прирост потери напора

$$\left(\frac{h}{t} : C_0 \right) \quad (4)$$

уменьшается от 3,94 до 1,78 см/ч на 1 мг задержанного железа.

Теория технологического моделирования процесса фильтрования малоконцентрированных суспензий позволяет определить защитное действие загрузки фильтра несколькими методами. Принятый нами метод основан на использовании зависимости [5]:

$$t_3 = \frac{1}{k^1} \left(\frac{x}{V_\phi^{1,7} \cdot d_{э\text{кв}}^{0,7}} - \frac{X'_0 d_{э\text{кв}}}{V_\phi} \right), \quad (5)$$

где t_3 – продолжительность защитного действия загрузки, принимаемая в нашем случае из условий эксплуатации фильтров 24 и 12 ч; x – толщина слоя загрузки, равная 1,5 м;

$$k' = k \frac{\alpha}{\beta}, \quad (6)$$

и

$$X'_0 = \frac{x'_0}{\beta}, \quad (7)$$

где K' , X'_0 – параметры, определяемые по требуемому значению из [4];

β , $\frac{\alpha}{\beta}$ – безразмерные параметры, соответственно учитывающие влияние прочности образуемого осадка и скорости его продвижения в загрузке.

Задачей дальнейших расчётов являлось определение значения скорости фильтрования V_ϕ и величины эквивалентного диаметра фильтрующей загрузки $d_{э\text{кв}}$, соответственно в м/ч и мм. Для определения диаметра загрузки $d_{э\text{кв}}$ при различных величинах V_ϕ , с тем чтобы t_3 составляла 12 и 24 ч (чтобы обеспечить в течение суток одно или двухразовую промывку

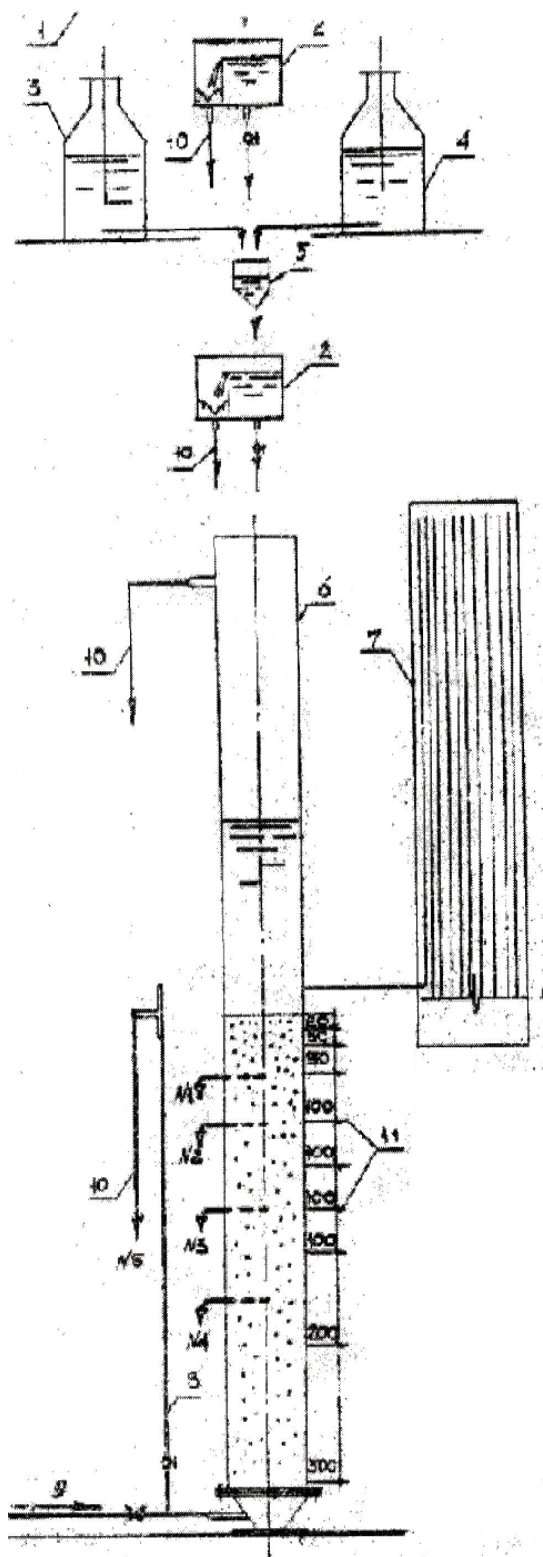


Схема экспериментальной установки: 1 – подача водопроводной воды; 2 – переливные бачки; 3 – подача имитационного раствора; 4 – подача реагента; 5 – смеситель; 6 – фильтровальная колонна; 7 – пьезометрический щит; 8 – отвод фильтрата; 9 – подача промывной воды; 10 – отвод в сток; 11 – к пьезометрам; №1–5 – пробоотборники.

ку установки), необходимо решить следующее уравнение (4). Принимая $t_{ц} = 0,9 t_{з}$, получим:

$$\frac{x}{X'_0 V_\phi^{1,7} d_{э\text{кв}}^{0,7}} - \frac{1,1 t \cdot K' \cdot V_\phi}{X'_0 \cdot d_{э\text{кв}}} = 1. \quad (8)$$

Наиболее простое решение этого уравнения может быть получено либо методом проб, либо графоаналитическим методом [5,11]. В нашем случае для решения уравнения (8) был выбран первый метод при условии: $x = 150$ см; $t_{ц}$, равной 12 и 24 часам изменением значения величин V_ϕ и $d_{э\text{кв}}$. Для осуществления вычислений по определению параметров фильтрования были приняты эталонные значения V_ϕ^* и $d_{э\text{кв}}^*$, т. е. $V_\phi^* = 10$ м/ч и $d_{э\text{кв}}^* = 1$ мм.

В результате вычислений можно определить значения $d_{э\text{кв}}$ и V_ϕ для обеспечения $t_{ц} = 12$ и 24 ч.

Такая методика моделирования процесса фильтрования позволяет свести решение уравнения для определения предельной потери напора в фильтрах к следующим зависимостям:

$$\frac{H_1 - H_0}{t_H} = i_0 F(A) \cdot \frac{\alpha}{\beta} \cdot V_\phi^{1,7} \cdot d_{э\text{кв}}^{0,7}, \quad (9)$$

где $H_1 - H_0 = \Delta H_{\text{пр}}$ – предельный рост потери напора в фильтре, что можно принимать равным $\Delta H_{\text{пр}} = 5$ м.в.ст.; $F(A)$ – функциональный параметр, зависящий от предельной насыщенности загрузки осадком “А” по уравнению (3), а также выражению:

$$F(A) = \frac{h}{t} / i_0 \frac{a}{b}, \quad (10)$$

где i_0 – начальный гидравлический уклон в фильтрующей загрузке в опытах по технологическому моделированию;

$\frac{h}{t}$ – прирост потери напора в опытных колоннах, м/ч; а и b – параметры фильтрации, ч⁻¹ и м⁻¹.

После преобразования в пределах значений параметров, полученных по результатам опытов из уравнения (9) и (10), получаем сравнительно простые зависимости:

$$t_{ц} = 24 \text{ ч}, F(A) = 520 \frac{d_{э\text{кв}}^{1,3}}{V_\phi^{2,7}}, \quad (11);$$

$$t_{ц} = 12 \text{ ч}, F(A) = 1040 \frac{d_{э\text{кв}}^{1,3}}{V_\phi^{2,7}}. \quad (12)$$

Далее, преобразовав выражение

$$(1 - A) = (1 - A) * \left(\frac{V_\phi}{V_\phi^*} \right)^{0,5} \cdot \left(\frac{d_{э\text{кв}}}{d_{э\text{кв}}^*} \right)^{0,25}, \quad (13)$$

получаем

$$(1 - A) = 0,316(1 - A) \sqrt{V_\phi} \cdot \sqrt[4]{d_{э\text{кв}}}. \quad (14)$$

Поставив уравнение (13) в (3), определим значение $F(A)$.

Путём решения уравнения (3) и (11), а также (3) и (12) графоаналитическими методами, так, чтобы при различных значениях V_ϕ и $d_{э\text{кв}}$ разница значений указанных попарно уравнений равнялась нулю, были найдены оптимальные значения $d_{э\text{кв}}$ при заданном значении V_ϕ для обеспечения $t_{ц}$, соответственно, 12 и 24 ч. Точка пересечения двух соответствующих линий по V_ϕ и $t_{ц}$ указывает на параметры работы фильтра и загрузки $d_{э\text{кв}}$ при $x = 150$ см при различных значениях концентраций взвеси в исходной воде C_0 , которые обеспечивают продолжительность фильтроцикла 24 и 12 ч.

Выводы

В результате экспериментальных исследований в лабораторных условиях:

- определена возможность использования ивановского карьерного песка для загрузки зернистых скорых фильтров;
- установлены эмпирические зависимости для определения оптимальных значений технологических параметров процесса фильтрования малоцентрированных суспензий из водного раствора, содержащих закисные и окисные соединения железа.

Литература

1. Абдурасулов И. Очистка подземных вод от высококонцентрированных устойчивых форм железа на установках заводского изготовления: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М.: МИСИ им. В.В. Куйбышева, 1977.
2. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. – М.: Стройиздат, 1971. – 579 с.
3. Кургаев Е.Ф. Пристеночный эффект в моделях осветлителей и фильтров // Водоснабжение и санитарная техника. – №9. – 1971.
4. Минц Д.М. Теоретические основы технологии очистки воды. – М.: Стройиздат, 1964. – 156 с.

5. *Шехтман Ю.М.* Фильтрация малоцентрированных суспензий. – М.: Изд. АН СССР, 1961.– 211 с.
6. *Ivoes K.J.* “Journ. AWWA” V.52, # 7, 1960.
7. *Ivoes K.J.* “Water and water Engi-rs” #5, 1965.
8. Руководство по химическому и технологическому анализу воды. – М.: Стройиздат, 1973. – 273 с.
9. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение: Наружные сети и сооружения.– М.: Стройиздат, 1986.– 120 с.
10. *Миц Д.М., Мельцер В.З.* Упрощенный метод технологического моделирования процесса фильтрования // Водоснабжение. Вып. 98. – М.: ОНТИ АКХ, 1973.