

ти зливових вод з поверхні автомобільних доріг. Визначення різниці між середньозваженою та середньою концентраціями забруднюючих речовин у зливових водах з поверхні автомобільних доріг показали невеликий відсоток різниці у межах 0,2-1,4%, що дозволяє в подальших розрахунках використовувати середньоарифметичні значення концентрацій забруднюючих речовин у складі зливових вод з поверхні автомобільних доріг.

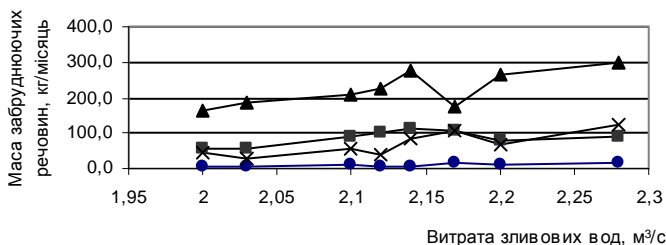


Рис.2 – Залежність маси забруднюючих речовин у сумарних зливових водах з поверхні автомобільних доріг, розташованих на території сучасної житлової забудови, від витрати зливових вод:

■ хром; ● кадмій; ▲ нікель; × мідь.

1.Отведение и очистка поверхностных сточных вод / В.С.Дикаревский, А.М.Курганов, А.П.Нечаев, М.И.Алексеев; Под ред. В.С.Дикаревского. – Л.: Стройиздат, 1990. – 224 с.

2.Хват В.М. Анализ антропогенного воздействия на формирование поверхностного стока городов // Моделирование и контроль качества вод. – Харьков: ВНИИВО, 1988. – С. 80-89.

3.Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа. – М.: Высш. шк., 1991. – 255 с.

Отримано 23.06.2006

УДК 628.3 : 546.742

Г.М.КОЧЕТОВ, канд. хим. наук, В.Е.ТЕРНОВЦЕВ, д-р техн. наук
Киевский национальный университет строительства и архитектуры

РАЗРАБОТКА МАЛООТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД МЕЛКИХ ПРОИЗВОДСТВ

Предлагается ресурсосберегающая технология очистки никельсодержащих сточных вод гальванических производств и ее аппаратурное оформление. Данная технология

позволяет утилизировать ценные тяжелые металлы и обеспечивает замкнутый цикл водооборота.

Выброс в окружающую среду сточных вод гальванических производств, помимо экологического наносит ощутимый экономический ущерб, поскольку токсичные соединения тяжелых металлов, и в первую очередь никеля, являются ценным химическим сырьем, природные источники которого в Украине отсутствуют. Существующие в настоящее время технологии не позволяют регенерировать дорогостоящий никель из сточных вод и достичь степени очистки, позволяющей сброс воды в водоемы или же повторное использование ее на производстве.

Поэтому сейчас особо значимо решение проблемы глубокой очистки промывных сточных вод участков никелирования, которые имеют примерно следующие показатели: концентрация ионов тяжелых металлов – 6 г-экв/м³, взвешенных веществ – 50 г/м³, ХПК – 50 г/м³, рН = 3-4. По нашему мнению, наиболее перспективным решением данной проблемы является создание систем очистки с использованием компактных сооружений, которые обеспечивают замкнутый цикл водооборота и извлечение полезных ингредиентов, содержащихся в сточной воде.

В зависимости от объемов промывных вод V_{np} участков никелирования нами рассматриваются два варианта технологических процессов обработки воды: для крупных ($V_{np} \geq 2,5$ м³/ч) и мелких производств ($V_{np} < 2,5$ м³/ч). Ранее нами была разработана комплексная ресурсосберегающая технология очистки никельсодержащих сточных вод крупных гальванических производств [1]. Эта технология обеспечивают регенерацию отработанных электролитов никелирования, возврат очищенных промывных вод в производство с максимальной утилизацией отходов очистки.

Целью настоящей работы является разработка малоотходной технологии очистки никельсодержащих вод мелких производств с использованием сорбционных и ионообменных процессов в компактных сооружениях обработки воды. Такая технология с обеспечением замкнутого цикла водооборота будет способствовать созданию безотходного процесса на гальваническом производстве.

Для обработки промывной воды участка нанесения никелевых покрытий предложена двухсекционная установка с предочисткой воды в первой секции и применением ионного обмена во второй секции установки. Принципиальная схема данной локальной системы очистки воды представлена на рис.1.

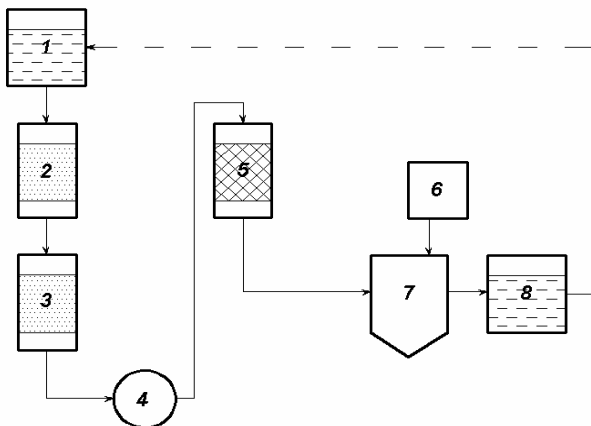


Рис.1 – Технологическая схема очистки промывных вод:
 1 – коллектор промывной воды; 2 – фильтр с пенополистирольной загрузкой;
 3 – угольный адсорбер; 4 – насос; 5 – Н-катионитовый фильтр; 6 – дозатор щелочи; 7 – смеситель-нейтрализатор; 8 – коллектор очищенной воды.

Практика эксплуатации ионообменных установок, многочисленные литературные данные свидетельствуют о том, что использование метода ионного обмена целесообразно при содержании органических и взвешенных веществ не более чем 6 и 3 мг/л, соответственно. Поэтому для последующего обеспечения надежности работы ионообменного фильтра второй секции, в первой секции установки, состоящей из двух последовательных фильтров, осуществляется предочистка воды. Причем в верхнем фильтре первой секции, загруженном вспененным полистиролом, происходит улавливание взвешенных веществ, а в нижнем фильтре слой активированного угля сорбирует органические загрязнения.

Следует отметить, что по сравнению со скорыми песчаными фильтрами, в которых взвешенные вещества задерживаются главным образом в первых слоях фильтра, что приводит к быстрому приросту потерь напора в загрузке и к уменьшению ее грязеемкости, фильтр со вспененным полистиролом лишен указанного недостатка. Кроме того, этот материал износоустойчив, нетоксичен, имеет хорошую механическую прочность и адгезионную способность [2]. Исследования показали, что эффективность процесса осветления промывной воды обеспечивается при соответствии рабочей продолжительности фильтроцикла t_n до достижения предельных потерь напора и времени защитного действия t_z фильтрующего слоя; наибольшая экономичность и на-

дежность работы фильтра достигается при выполнении соотношения $t_n/t_3 \approx 1,2$. Взаимосвязь длительности защитного действия пенополистирольной загрузки с основными конструкционными и технологическими параметрами фильтра можно определить формулой [2]:

$$t_3 = \frac{1}{K_1} \left[\frac{x}{v^{1,7} d^{0,7}} - \frac{K_2 d}{v} \right], \quad (1)$$

где x – толщина слоя загрузки; v – скорость фильтрации; d – диаметр зерен загрузки; K_1 и K_2 – константы.

Значения параметров K_1 и K_2 , которые зависят только от степени осветления воды C_ϕ/C_o , были определены из графиков рис.2. Для построения этих графиков использованы данные, приведенные в [3]. Как следует из рис.2, для необходимой степени осветления исследуемой воды $C_\phi/C_o \approx 0,05$ значения K_1 и K_2 составляют соответственно 0,264 и 1,485.

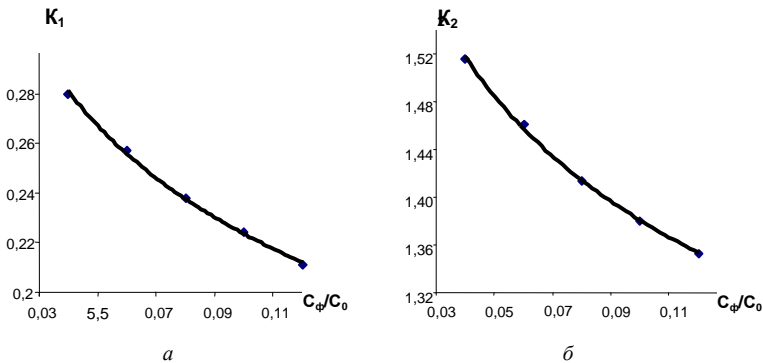


Рис.2 – Зависимость коэффициентов K_1 (а) и K_2 (б) от степени осветления воды C_ϕ/C_o

Анализ имеющихся в наличии данных позволил установить приемлемую продолжительность фильтроцикла, связанную со временем достижения предельных потерь напора в фильтре, $t_n \geq 8$ ч. Кроме того, при нормальной работе фильтра приведенная выше величина t_n приемлема исходя из целесообразности промывки фильтрующего слоя не чаще одного раза в смену. Поскольку формула (1) устанавливает зависимость длительности защитного действия загрузки с основными технологическими параметрами фильтра, то для решения конкретной задачи можно находить необходимый параметр, задаваясь другими. Так, при $t_3 = 1,2 \cdot t_n = 10$ ч и для наиболее часто используемых на прак-

тике скоростей фильтрации $v=7-11$ м/ч и величин слоя загрузки $x = 1-1,6$ м по формуле (1) рассчитаны значения d (таблица). В этой таблице приведены также величины площади ω пенополистирольного фильтра для гальванического производства с объемом промывных вод $V_{np} = 2$ м³/ч.

Результаты расчета фильтра с пенополистирольной загрузкой

x, м	v=7 м/ч		v = 9 м/ч		v =11 м/ч	
	d, мм	ω, м ²	d, мм	ω, м ²	d, мм	ω, м ²
1	2,3	0,29	1,2	0,22	0,8	0,18
1,3	3,3	0,29	1,8	0,22	1,1	0,18
1,6	4,4	0,29	2,4	0,22	1,4	0,18

В результате анализа полученных данных предложены следующие основные параметры работы фильтров с пенополистирольной загрузкой: $v = 9-11$ м/ч, $x = 1,3-1,6$ м. При этом рекомендуется использовать гранулы размером $d= 1-2,5$ мм, широко применяемые в практике водоочистки. Для удаления взвешенных веществ следует проводить противоточную промывку фильтрующей загрузки не чаще одного раза в день.

После прохождения через механический фильтр, вода поступает на фильтр из гранулированного активированного угля марки АГ-3 с удельной сорбционной массой 0,5 м³/кг. Линейная скорость фильтрации составляет 7-11 м/ч в колонне со слоем угольного адсорбента 1 м. Данные рабочие параметры фильтров обеспечивают требуемое снижение концентрации взвесей и органических примесей в очищенной воде [4]. Активированный уголь ввиду сложности и экономической нецелесообразности его регенерации рекомендуется периодически (раз в год) заменять.

После адсорбционной очистки вода насосом подается на ионообменный фильтр для удаления ионов тяжелых металлов. Предлагается использование ионообменного фильтра, который заполнен сильнокислотным Н-катионитом. При выборе основных рабочих параметров ионообменного фильтра рекомендуется использовать предложенную нами математическую модель и разработанную на ее основе методику расчета, которые представлены в [5].

По мере отработки ионообменного фильтра при достижении на выходе из него концентрации сорбируемых ионов 0,02 г-экв/л, катионит следует подвергать регенерации. Наилучшие результаты дает регенерация в противотоке со скоростью 1-2 м/ч раствором серной кислоты концентрацией 1 моль/л. После регенерации фильтр промывается водопроводной водой, а промывная вода используется для приго-

товления регенерирующего раствора. При применении 1,5-кратного мольного избытка регенерирующего реагента (H_2SO_4) степень регенерации катионита превышает 80%.

Очищенная в установке вода отвечает всем требованиям для повторного использования на предприятии, за исключением низкого значения $pH=3-4$. Для корректировки величины pH вода поступает в смеситель-нейтрализатор для подщелачивания, куда через дозатор подается раствор $Ca(OH)_2$ концентрацией $C=0,02$ моль/л. Доза данного реагента для достижения нейтрального pH очищенной воды определяется по формуле

$$V_1 = \frac{2 \cdot 10^{-pH} \cdot V_2}{C}, \quad (2)$$

где V_1 и V_2 – объемы раствора щелочи и очищаемой воды, соответственно.

Качество очищенной по данной технологии промывной сточной воды (общее содержание ионов тяжелых металлов – $0,02$ г-экв/м³; концентрация взвешенных веществ – $2-3$ г/м³; ХПК – $2-3$ г/м³; нейтральный pH) позволяет повторно использовать эту воду в производстве.

Таким образом, применение предложенной технологической схемы очистки воды непосредственно после промывных ванн позволяет применять локальные установки с малогабаритными фильтрами, причем их регенерация осуществляется на месте. Заключительным этапом разработанной нами комплексной технологии очистки промывной воды является переработка элюата, образующегося после регенерации ионообменного фильтра. Использование для этой цели ранее разработанных нами технологий [6, 7] позволяет вернуть в производство основные компоненты продуктов очистки сточных вод.

Внедрение на украинских предприятиях предложенной технологии очистки промывных никельсодержащих сточных вод на блочно-модульной установке, позволит ликвидировать сброс токсичных сточных вод в водоемы, максимально использовать ценный металл на производстве, сократить расходы на водоподготовку за счет существенно повышения количества воды, находящегося в системе оборотного водоснабжения предприятия.

1. Терновцев В.Е., Кочетов Г.М. Замкнутая система очистки промывных сточных вод линии никелирования гальванических производств // Коммунальное хозяйство городов: Научн.-техн. сб. Вып.47. – К.: Техніка, 2003. – С.162-167.

2. Журба М.Г. Очистка воды на зернистых фильтрах. – Львов: Вища школа, 1980. – 192 с.

3.Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. – М.: Стройиздат, 1971. – 579 с.

4.Адсорбция органических веществ из воды / А.М.Когановский, Н.А.Клименко, Г.М.Левченко, И.Г.Рода. – Л.: Химия, 1990. – 256 с.

5.Кочетов Г.М., Терновцев В.Е., Потапенко Л.И. Математическое моделирование и расчет параметров ионообменной очистки никельсодержащих сточных вод гальванических производств // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – №4. – С. 43-46.

6.Кочетов Г.М., Терновцев В.Е., Емельянов Б.М. Регенерация тяжелых металлов из промывных сточных вод гальванических производств // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – №1. – С.35-38.

7.Кочетов Г.М. Получение феррита никеля из жидких отходов гальванических производств сточных вод // Проблемы водопостачания, водовідведення та гідраліки: Наук.-техн. зб. Вип. 4. – К.: КНУБА, 2005. – С.97-101.

Получено 26.05.2006

УДК 628.16.067

В.И.ПРОГУЛЬНЫЙ, канд. техн. наук

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОРИСТЫХ СИСТЕМ ОТВОДА ПРОМЫВНОЙ ВОДЫ ИЗ СКОРЫХ ФИЛЬТРОВ

Рассматриваются вопросы оптимизации пористых систем отвода промывной воды из скорых фильтров. Приводится разработанный алгоритм расчета фильтров и экономическая оценка внедрения новой технологии.

Обязательным элементом в технологических схемах очистки природных вод являются скорые фильтры, от которых сильно зависят экономические показатели водопроводных очистных сооружений, полезная производительность и качество подаваемой воды потребителям.

Эффективность работы фильтров во многом обеспечивается нормальным функционированием системы отвода промывной воды. Вымытые из загрузки загрязнения должны быть быстро и как можно более полно удалены за пределы фильтра. В противном случае в фильтрующем слое произойдет рост остаточных загрязнений и начальных потерь напора, что приведет к увеличению продолжительности фильтроцикла.

Исследования [1, 2] позволяют сделать вывод, что к системам отвода промывной воды предъявляют определенные требования, главными из которых являются обеспечение равномерного сбора воды и недопущение уноса фильтрующей загрузки при промывке. Традиционные устройства отвода промывной воды не всегда обеспечивают выполнение этих требований.

На кафедре водоснабжения и рационального использования водных ресурсов Одесской государственной академии строительства и