

СОРБЦИЯ МЕДИ НА ИОНИТЕ «ВОФАТИТ»

Статику ионного обмена изучали в изотермических условиях. Изотермы сорбции строили методом переменных концентраций в координатах: статическая обменная емкость (СОЕ) — начальная концентрация раствора ($C_{\text{нач}}$) и статическая обменная емкость — равновесная концентрация раствора ($C_{\text{равн}}$).

Опыты проводили с раствором медного купороса в дистиллированной воде, содержащим от 50 до 2500 мг/л ионов меди.

Кинетику ионного обмена изучали на лабораторной установке, состоящей из двух стеклянных колонок диаметром 25 мм. Вес смолы в каждой колонке 10 г, высота слоя загрузки 60 мм.

Исследования проводили с растворами, содержащими 10, 50, 65, 100 и 555 мг/л ионов меди.

Исследовали влияние скорости фильтрования на процесс сорбции меди. Контроль за процессом сорбции вели по проскоку (на качественную реакцию) иона меди, а также определение ионов меди в фильтрате. Концентрацию меди находили колориметрическим методом с применением диэтилдитиокарбомата натрия [1], величину СОЕ — по изотермам сорбции.

Установлено, что СОЕ увеличивается с увеличением концентрации внешнего раствора (табл. 1). Величина максимальной СОЕ,

Таблица 1

Результаты экспериментов по сорбции ионов меди в динамических условиях*

№ п/п	V, м/ч	C ₀ , мг/л	W, л	Время, мин		Г, гм-экв/л		R, мин ⁻¹
				до про-скака	полное	ДОЕ	ПДОЕ	
1	15	100	15,2	37,6	127,5	0,76	2,15	0,00639
2	15	50	31,2	26,0	256,0	0,25	1,756	0,00278
3	10	50	22,0	140,0	280,0	0,85	1,51	0,00192
4	10	100	18,4	25,0	240,0	0,25	2,31	0,00389
5	5	100	12,0	145,0	325,0	0,85	1,75	0,00201
6	1	555	4,35	296,0	494,0	2,32	3,58	0,00567
7	5	50	25,8	435,0	645,0	1,37	1,95	0,00124
8	1	100	11,72	1170	1440	1,5	1,81	0,00049
9	15	10	116,6	445	905	0,97	1,48	0,00068
10	10	65	21,6	150	270	1,23	2,03	0,003

* За момент проскока принято появление следовых количеств металла в фильтрате.

полученной в наших опытах, для смолы «Вофатит» по иону Cu^{2+} равна 3,65 мг-экв/г сухой смолы.

Величину динамической обменной емкости до проскока ионов меди в фильтрат (ДОЕ) и полной динамической обменной емкости (ПДОЕ), т. е. до выравнивания концентрации ионов меди в поступающем и вытекающем растворах, определяли по выходным кривым, которые представлены на рис. 1.

По результатам опытов установлено, что величина ПДОЕ возрастает с увеличением концентрации внешнего раствора. Рабочая

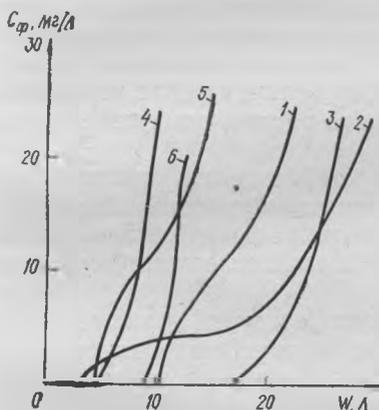


Рис. 1. Выходные кривые сорбции ионов меди на катионите «Вофатит» в динамических условиях: 1 — $C_0=50$ мг/л, $v=10$ м/ч; 2 — $C_0=50$ мг/л, $v=15$ м/ч; 3 — $C_0=50$ мг/л, $v=5$ м/ч; 4 — $C_0=100$ мг/л, $v=5$ м/ч; 5 — $C_0=100$ мг/л, $v=15$ м/ч; 6 — $C_0=100$ мг/л, $v=1$ м/ч

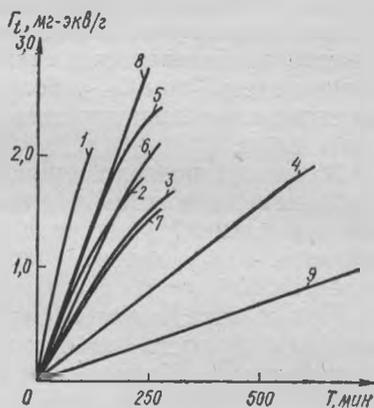


Рис. 2. Зависимость количества сорбированных ионов меди от продолжительности контакта: 1 — $C_0=100$ мг/л, $v=15$ м/ч; 2 — $C_0=50$ мг/л, $v=15$ м/ч; 3 — $C_0=50$ мг/л, $v=5$ м/ч; 4 — $C_0=100$ мг/л, $v=5$ м/ч; 5 — $C_0=50$ мг/л, $v=5$ м/ч; 6 — $C_0=100$ мг/л, $v=10$ м/ч; 7 — $C_0=65$ мг/л, $v=10$ м/ч; 8 — $C_0=555$ мг/л, $v=1$ м/ч; 9 — $C_0=100$ мг/л, $v=1$ м/ч

обменная емкость до проскока металла в фильтрат мало зависит от концентрации внешнего раствора.

Важной характеристикой при выборе марок ионообменных смол является избирательность (селективность) их по отношению к различным ионам металлов.

Селективность ионного обмена определяется коэффициентом распределения λ , который показывает относительное содержание ионов в фазах раствора и ионита в условиях равновесия, т. е.

$$\lambda = \frac{\Gamma_A}{C_A}, \quad (1)$$

где Γ_A — содержание иона А в ионите; C_A — содержание иона А в растворе.

Коэффициент распределения находился по изотерме сорбции.

В исследованиях установлено, что при равновесной концентрации до 60 мг/л, что соответствует примерно 450 мг/л внешнего раствора, СОЕ ионита прямо пропорциональна величине C , т. е. величина $\lambda = \text{const}$. С увеличением равновесной концентрации (более 150 мг/л) изотерма имеет вид выпуклой кривой, которая асимптотически приближается к величине полной обменной емкости смолы, причем здесь (при $C_{\text{равн}}$ больше 900 мг/л) величина СОЕ уже меньше зависит от концентрации равновесного раствора и λ изменяется опять мало.

В данных исследованиях величину коэффициента распределения λ находили лишь для начального прямого участка изотермы, так как концентрация меди в сточных водах обычно не превышает 500 мг/л. Коэффициент распределения λ для исследуемой системы равен 1750.

При выборе марок ионообменных смол следует обращать внимание на скорость сорбции металлов, которая характеризует кинетику процесса. Кривые кинетики сорбции представлены на рис. 2.

Кинетика ионного обмена описывается уравнением

$$\Gamma_t^A = \Gamma_0^A (1 - e^{-Rt}), \quad (2)$$

где Γ_t^A — количество сорбированных ионов А единицей веса смолы к моменту времени t ; Γ_0^A — величина обменной емкости по иону А.

На основании экспериментальных данных было получено значение константы скорости процесса R (табл. 1):

$$R = \frac{\beta}{\lambda}, \quad (3)$$

где β — эффективный кинетический коэффициент скорости, мин^{-1} , определяемый по уравнению

$$\beta = A \frac{C_0 V}{\Gamma_0 d_0}, \quad (4)$$

где V — скорость фильтрования; d_0 — эквивалентный диаметр зерна; A — коэффициент, характеризующий обменную систему ионит—металл.

Значения коэффициента A вычислены при условии, что d_0 принято в мм, β — в мин^{-1} , V — в м/ч, C_0 — в мг-экв/л, Γ_0 — в мг-экв/г.

На основании экспериментальных данных значение параметра A для системы вофатит—медь равно 0,862.

Литература

1. Лурье Ю. Ю., Рыбникова А. И. Химический анализ производственных сточных вод.— М., 1974.

Н. И. КОМАР

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОКОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Один из новых перспективных методов в технологии очистки воды — электромагнитное фильтрование (ЭМФ), которое в основном применяется для обработки котловой воды и конденсата.

При воздействии магнитного поля относительно невысокой напряженности ($0,35 \cdot 10^5$ а/м) практически целесообразная длина электромагнитного фильтра составляет 0,7—0,9 м [1, 2].

Наибольшее число исследований по применению ЭМФ проведено в ФРГ фирмой «Крафтверк Унион» (автор А. Хейтман). По результатам исследований ЭМФ работает с наибольшим эффектом при напряженности магнитного поля $1,5 \cdot 10^5$ а/м, сила тока — 50 а, напряжение — 300 в. В качестве загрузки применяются стальные шарики $D=6-7$ мм, изготовленные из ферромагнитного материала. Высота слоя шариков составляет 1,0—1,2 м. Вокруг фильтра (концентрически) располагается мощный соленоид, генерирующий магнитный поток. При пропуске обрабатываемой воды через слой шариков, пронизанных магнитным полем, ферромагнитные окислы металлов задерживаются, располагаясь в пространстве вокруг точек контакта шариков друг с другом. В основном ЭМФ применяются фирмой для обработки конденсата. Проводились предварительные исследования и по задержанию цветных металлов.

Эффект извлечения металлов из конденсата составляет от 80 до 98% при оптимальной скорости фильтрования 30 см/с. Фирма разработала типовые конструкции фильтров. Первые установки работают на электростанции в г. Киле ($Q=700-900$ т/ч, степень обезжелезивания 86—90%), атомной электростанции в г. Штаде