

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 541.183:547.466.3

В.П. Юстратов, Ю.В. Соловьева

ИССЛЕДОВАНИЕ АДСОРБЦИИ ИОНОВ МЕДИ (II) ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ МОДИФИЦИРОВАННЫМИ АКТИВНЫМИ УГЛЯМИ

Неоспоримым фактом является наличие большого количества загрязняющих веществ в нашей среде обитания, вредность которых в первую очередь определяется: их устойчивостью, биологической доступностью и вероятностью вызывать негативные эффекты в очень малых концентрациях. Всеми этими характеристиками обладают химические элементы, отнесенные к группе тяжелых металлов. Токсичность тяжелых металлов проявляется в способности легко аккумулироваться живыми организмами, вызывая даже в малых количествах нарушения их функционирования. Основными источниками загрязнения окружающей среды ионами тяжелых металлов являются сточные воды гальванических производств. Одним из эффективных методов очистки мало-концентрированных сточных вод признаны адсорбционные методы. Активные угли, благодаря своей универсальности занимают ведущее место среди адсорбентов.

Для повышения адсорбционных свойств используют реагентное или температурное модифи-

цирование. Нами был разработан способ модификации активных углей с использованием капролактама, при этом полученные образцы называли АГ-OB-1кл [1].

Так как в настоящее время очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов представляет серьезную проблему была поставлена задача изучить возможность и эффективность использования модифицированного активного угля для очистки сточных вод от ионов металлов. Разработка адсорбционной технологии возможна на базе данных по изучению равновесия, кинетики и динамики.

Процесс адсорбции изучали равновесным методом в течение 24 часов, при этом 6 часов растворы равномерно встряхивали. Адсорбат представлял собой водные растворы нитрата меди, где концентрация ионов меди составляла 0,0025-0,25 моль/дм³.

Методика проведения кинетических измерений заключается в следующем: образцы сорбента массой 1 г помещали в колбы, в которые добавля-

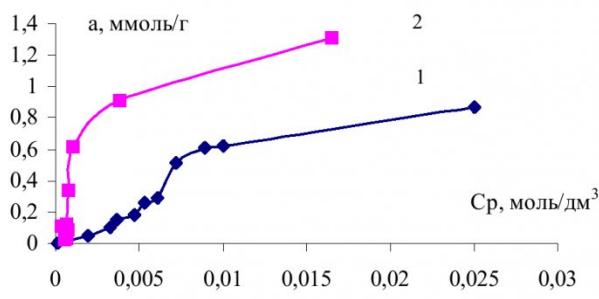


Рис.1. Изотермы адсорбции ионов меди (II) образцами активных углей: 1) АГ-OB-1 и 2) АГ-OB-1кл

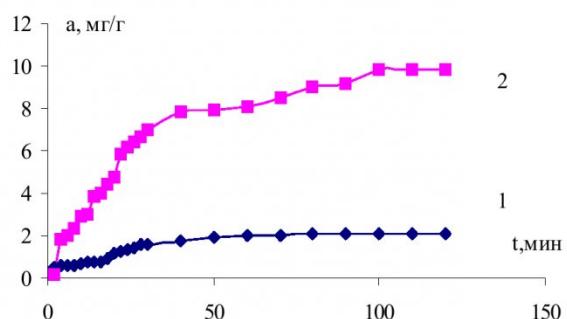


Рис.2. Экспериментальные кинетические кривые адсорбции ионов меди образцами активных углей: 1) АГ-OB-1 и 2) АГ-OB-1кл

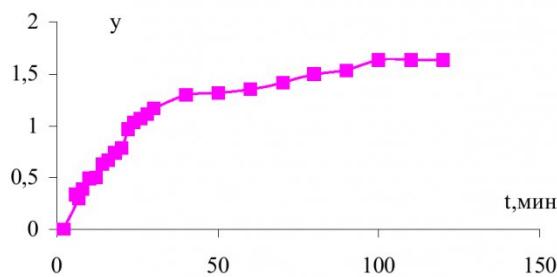


Рис.3. Зависимость степени достижения равновесия y от времени контакта раствора ионов меди с образцами угля АГ-OB-1кл

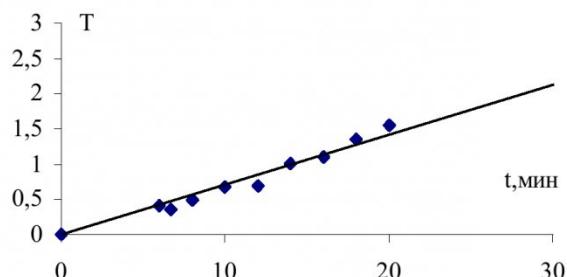


Рис.4. Зависимость теоретического параметра T от времени контакта адсорбента с раствором ионов меди (II)

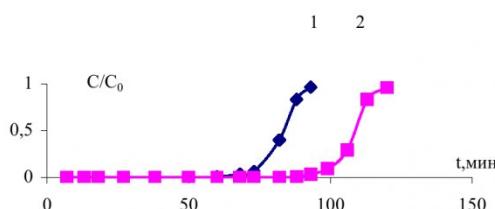


Рис.5. Экспериментальные динамические выходные кривые для образцов активных углей:
1)АГ-ОВ-1 и 2)АГ-ОВ-1кл

ли по 100 см³ исследуемого раствора адсорбата (концентрация ионов меди составляла 0,0025 моль/дм³). Процесс кинетики исследовали во временном интервале от 2 до 150 минут.

Адсорбцию в динамических условиях проводили на лабораторной колонке с параметрами Н=7 см, d=1,5 см. Раствор адсорбата пропускали через неподвижный слой адсорбента с постоянной скоростью в течение 200 минут, концентрацию ионов меди определяли через каждые 5 минут. Скорость пропускания раствора через неподвижный слой адсорбента составляла 1,4 м/ч. Исходная концентрация нитрата меди составляла 1,2•10⁻⁵ моль/дм³.

Концентрацию ионов меди в растворах определяли потенциометрическим методом с использованием ионоселективных электродов.

По результатам измерений построили изотермы адсорбции (рис.1), кинетическую (рис.2) и динамическую (рис.3) кривые.

Анализ изотерм адсорбции позволяет сделать заключение о том, что по сравнению с исходным активным углем модифицированные образцы показали значительный рост адсорбционной активности по отношению к ионам меди, что не согласуется с данными параметров пористой структуры, так как при модифицировании происходит значительное снижение общей удельной поверхности и суммарного объема пор[2]. Вероятно, повышение адсорбционной активности обусловлено изменением химического состояния поверхности. Для определения лимитирующей стадии массопереноса по данным кинетических измерений (рис.2) рассчитали основные параметры и построили кривые степени достижения равновесия γ от времени адсорбции t . Расчет провели для модифицированных образцов, так как по данным статических измерений они наиболее перспективны для извлечения ионов меди из водных растворов.

Степень достижения равновесия находили как $\gamma = a_t/a_p$, где a_t - значение адсорбции за время t ; a_p - значение равновесной адсорбции.

Зависимость степени достижения равновесия от времени адсорбции носит прямолинейный характер до $y=0,3$, следовательно, можно предположить, что гранулы образцов активных углей соответствуют квазигомогенной модели, что позволяет вести расчет по этой модели.

Далее на основе $y=1-e^{-T}$ рассчитан безразмерный кинетический параметр T , зависимость которого от y является теоретической кинетической кривой. Определение лимитирующей стадии сводится к сопоставлению теоретической и экспериментальной кривых при одинаковых значениях y . График $T=T(t)$ в случае, когда лимитирующая стадия -внешний массообмен, представляет прямую, проходящую через начало координат.

По данным расчета видно, что процесс адсорбции модифицированными образцами контролируется внешним массопереносом в течение первых 20 минут.

Коэффициент внешнего массопереноса при адсорбции из растворов можно найти из общего коэффициента общего массопереноса, если лимитирующей стадией является внешний массообмен:

$$\beta = \operatorname{tg}(\alpha) / (V_3/V_p + k_e),$$

где α - угол наклона начального участка зависимости T от t ,

V_3 - суммарный объем массы адсорбента, см³;

V_p -объем раствора адсорбата, контактирующего с адсорбентом;

k_e - константа Генри ($k_e = a_p/C_p$).

Расчетное значение β составило 0,0641. Полученные результаты позволяют предположить, что при проведении процесса адсорбции в динамических условиях можно ожидать высокую степень извлечения ионов меди из стока при средней скорости фильтрации. Проведено сравнительное экспериментальное исследование процесса адсорбции в динамических условиях на активных углях АГ-ОВ-1 и АГ-ОВ-1кл. Выходные динамические кривые приведены на рис.5.

На основании эксперимента можно сделать вывод, что процесс модифицирования приводит к увеличению количества воды, очищенной до профильтрации загрязнений в фильтрат примерно на 50%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Астракова Т.В., Юстратов В.П., Кряжев Ю.Г., Шишиянникова Н.Ю. //ХТТ. 2003.№ 5, С. 32-38.
2. Астракова Т.В., Краснова Т.А., Юстратов В.П.//Вестник СО АН ВШ. 1999. №1(5), С.3-12.
3. Когановский А.М. Адсорбционная технология очистки вод. - Киев: Техника,1981. - 175с.

□ Авторы статьи:

Соловьева
Юлия Викторовна
- аспирант каф. общей и неорганической химии КемТИПП

Юстратов
Владимир Петрович
- проф., ректор КемТИПП