

УДК 669.849

Вей Мое Аунг, Марченко М.В., Веселова О.А., Трошкина И.Д.

СОРБЦИЯ РЕНИЯ ИЗ СЕРНОКИСЛО-ХЛОРИДНЫХ РАСТВОРОВ АКТИВИРОВАННЫМИ УГЛЯМИ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Вей Мое Аунг, аспирант кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе;

Марченко Марина Валерьевна, студент 4 курса кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе;

Веселова Ольга Александровна, инженер кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе;

Трошкина Ирина Дмитриевна, д.т.н., профессор кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе, e-mail: tid@rctu.ru.

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
125047, Москва, Миусская площадь, д. 9

В статических условиях изучена сорбция рения из сернокисло-хлоридных растворов активированными углями ВСК, ДАС и ПФТ (Россия). Определены значения сорбционной емкости по рению и рассчитаны коэффициенты его распределения. Изотермы сорбции рения активированными углями ДАС и ПФТ имеют линейный характер и описываются уравнением Генри с константами 2600 и 2180 мл/г, соответственно.

Ключевые слова: рений, адсорбция, активированный уголь, изотерма, сорбционная емкость, коэффициент распределения, константа Генри.

RHENIUM SORPTION FROM SULFURIC-CHLORIDE SOLUTIONS BY ACTIVATED CARBONS OF DIFFERENT ORIGIN

Wai Moe Aung, Marchenko M.V., Veselova O.A., Troshkina I.D.

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia

Under static conditions, sorption of rhenium from sulfate-chloride solutions by activated carbons WSK, DAS, and PFT (Russia) was studied. Sorption isotherms of rhenium by the best activated carbons DAS and PFT have a linear character. They are described by the Henry equation with the constants 2600 and 2180 ml/g, respectively.

Keywords: rhenium, adsorption, activated carbon, isotherm, sorption capacity, distribution coefficient, Henry constant.

Незаменимым компонентом жаропрочных суперсплавов, используемых для создания двигателей в развивающейся наукоемкой авиакосмической отрасли, является рений [1]. Запасы этого элемента, как в мире, так и в России ограничены.

В связи с этим приобретает актуальность вовлечение в сырьевую базу нетрадиционных источников, в том числе полиметаллических руд [2].

В процессах гидрометаллургической переработки ренийсодержащего сырья основное место занимает сорбция [3].

Использование в сорбционных процессах извлечения рения, присутствующего в растворах в виде перренат-аниона [1, 3], как традиционных анионитов, так и комплексообразующих ионитов, отличает длительное время установления равновесия – от 4–6 ч.

При использовании волокнистых материалов можно повысить скорость процесса, однако, их объемная емкость значительно ниже, что может привести к значительному увеличению объема используемых сорбционных аппаратов.

Альтернативными сорбционными материалами, имеющими лучшие по сравнению с гранулированными синтетическими органическими

смолами кинетические характеристики, могут быть активированные угли [4, 5].

Цель работы – исследование сорбционных характеристик по рению российских активированных углей последнего поколения при его извлечении из сернокисло-хлоридных растворов.

Активированные угли, используемые в работе, изготовлены в ОАО «ЭНПО «Неорганика» (Россия) из различного сырья: кокосового ореха, каменного угля – антрацита, отходов реактопластов (табл. 1).

Уголь ПФТ отличают высокая прочность, низкая зольность и развитый объем тонких (0,44–0,46 нм) микропор, ответственных за емкостные характеристики [6]. Тонкопористая структура характерна и для углей, полученных из кокосового ореха.

Для определения содержания рения в активированных углях проводили эксперименты по сорбции его в статических условиях из сернокисло-хлоридных растворов ($[\text{SO}_4^{2-}]$, 10 г/л; $[\text{Cl}^-]$, 1 г/л) с концентрацией по рению 20 мг/л и кислотностью, соответствующей pH 2.

Состав растворов моделировал состав продуктивных растворов подземного выщелачивания полиметаллического сырья [2]. Соотношение фаз уголь: раствор при сорбции составляло 1:500 (г : мл).

Таблица 1. Характеристики активированных углей различного происхождения

Сырье и показатели	Марка АУ		
	ВСК-300	ПФТ	ДАС
Исходное сырье	Скорлупа кокосового ореха	Отходы реактопластов	Антрацит
Насыпная плотность, г/дм ³	387	290	872
Прочность, % (ГОСТ 16188-70)	87,6	84,5	83,3
Содержание золы, %	3,3	12,1	7,1
Объем пор, см ³ /г			
– суммарный	0,98	1,28	0,23
– макропор	0,05	0,35	0,03
– мезопор	0,10	0,26	0,07
– микропор	0,83	0,67	0,13
Размер микропор, нм	1,51	1,70	1,55
Адсорбционная способность, мг/г			
– по йоду	1150	1100	600
– по метиленовому голубому	327	245	58

После контакта фаз осуществляли их разделение и анализировали водную фазу на рений с помощью фотометрического метода, основанного на образовании окрашенного комплекса перренат-иона с роданид-ионом в сильнокислой среде [7]. По разнице концентраций рения в исходном и конечном растворе с учетом соотношения фаз рассчитывали содержание (сорбционную емкость) рения в угле.

Коэффициент распределения рения в активированном угле K_d , мл/г рассчитывали как отношение равновесной сорбционной емкости угля по рению (мг/г) к равновесной концентрации рения в растворе (мг/л).

Данные по сорбции рения из растворов активированными углями (табл. 2) позволяют выбрать адсорбенты – ДАС и ПФТ, которые обладают лучшими емкостными характеристиками. Коэффициент распределения рения в них превышает 3000 мл/г.

Таблица 2. Сорбция рения активированными углями ВСК, ПФТ и ДАС

Уголь	Сорбционная емкость по рению, мг/г	Коэффициент распределения рения, K_d , мл/г	Степень сорбции, %
ВСК	6,8	1060	67,9
ДАС	8,9	3900	88,6
ПФТ	8,6	3000	85,7

Методом переменных объемов раствора были получены изотермы сорбции рения этими активированными углями (рисунки 1, 2).

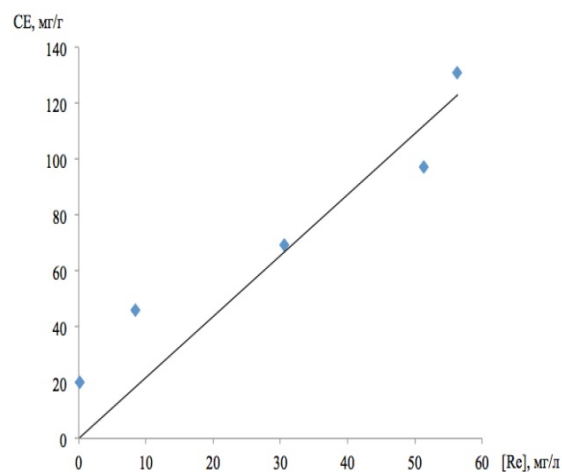


Рисунок 1. Изотерма сорбции рения из сернокислородных растворов (рН 2) активированным углем ПФТ

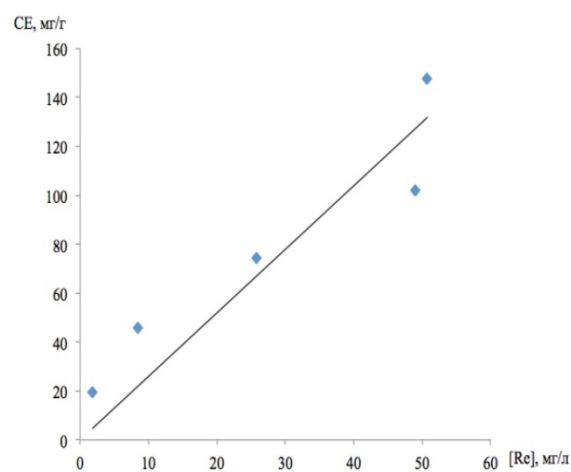


Рисунок 2. Изотерма сорбции рения из сернокислородных растворов (рН 2) активированным углем ДАС

Изотерма описывает равновесие в системе сорбируемый элемент–адсорбент и является одной из основных характеристик сорбционного материала, позволяющей рассчитать максимально возможную емкость адсорбента при извлечении металла из различных по концентрации растворов, а также количество ступеней сорбции, необходимых для расчета колонного оборудования [8].

Полученные изотермы имеют линейный характер и могут быть описаны уравнением Генри. Рассчитанные константы Генри составили 2180 и 2600 мл/г для угля ПФТ и ДАС соответственно.

Эти значения свидетельствуют о высокой адсорбционной способности по рению исследуемых углей. Такую емкость по рению для активированного угля ПФТ можно объяснить тем, что он обладает наибольшим суммарным объемом пор – 1,28 см³/г (табл. 1) среди исследованных адсорбентов. Что касается активированного угля ДАС, то повышенное сродство рения к нему, видимо, связано с наличием на поверхности и в объеме этого угля природных соединений, способных к ионному обмену, а также возможной спецификой структуры, совместимой со структурой большого по размерам перренат-иона.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о возможности применения активированных углей ДАС и ПФТ в гидromеталлургических процессах при переработке ренийсодержащего полиметалльного сырья.

Авторы выражают благодарность д.т.н., профессору Мухину Виктору Михайловичу за предоставленные образцы активированных углей.

Список литературы

1. Трошкина И.Д. Рений // Большая Российская энциклопедия. – М.: Большая Рос. энцикл., 2015. Т.28. – С. 389-390.
2. Подземное выщелачивание полиэлементных руд /Лаверов Н.П., Абдульманов И.Г., Бровин К.Г. и др.; Под ред. Лаверова Н.П.–М.: Издательство Академии горных наук, 1998.– 446 с.
3. Палант А.А., Трошкина И.Д., Чекмарев А.М., Костылев А.И. Технология рения. –М.: ООО «Галлея-Принт», 2015.– 329 с.
4. Мухин В.М., Тарасов А.В., Клушин В.Н. Активные угли России. Под общ. ред. Тарасова А.В.–М.: Metallургия, 2000. –С. 103-144.
5. Активные угли. Эластичные сорбенты. Катализаторы, осушители и химические поглотители на их основе: Каталог/Под общ. ред. Мухина В.М.– М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2003. – С.18-128.
6. Мухин В.М., Зубова И.Д., Гурьянов В.В., Курилкин А.А., Гостев В.С. Новые технологии получения активных углей из реактопластов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2009. Т.9. Вып.2. С. 191-195.
7. Борисова Л.В., Ермаков А.Н. Аналитическая химия рения. –М.: Химия, 1974. – 318 с.
8. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. –М.: Химия, 1984. – 512 с.