

# СОРБЕНТ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ алюминиевого производства **ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД** от соединений ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

**Описана технология получения сложных высокопористых сорбентов на основе отхода производства электролизного алюминия, обладающих высокой адсорбционной активностью по отношению к ионам тяжелых металлов, таких как медь, кадмий и свинец. Получены технологические характеристики, позволяющие рекомендовать данный сорбент для очистки сточных вод предприятий металлургической и металлообрабатывающей промышленности.**

## Введение

**А**ктуальной проблемой современности является очистка сточных вод гальванических производств, предприятий металлургической и металлообрабатывающей промышленности от соединений тяжелых металлов, являющихся высокотоксичными веществами. В настоящее время существует большое количество способов очистки сточных вод, в том числе сорбционных [1, 2]. Наибольшее распространение среди сорбентов получили дисперсные кремнеземы, слоистые и слоисто-ленточные силикаты [3].

Также особого внимания заслуживает проблема промышленных отходов, накопление которых связано с бурным развитием производства. Поэтому переработка отходов некоторых производств рассматривается сегодня как важнейшая комплексная и экологическая проблема, стоящая перед человеком. В связи с этим нами предлагается использовать отходы производства для получения композиционного адсорбента.

В качестве исходного сырья для получения композиционного сорбента используются отходы, которые образуются при производстве алюминия, а именно отходы анодного графитового материала (АГМ) и минеральный глинистый шлам (МШ).

**Е.В. Москвичева\***,

доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Водоснабжение и водоотведение», Волгоградский государственный архитектурно-строительного университет

**О.Н. Кузнецова**

кандидат технических наук, доцент, Ростовский государственный университет путей сообщения



Основные характеристики исходного сырья и готового сорбента представлены в *табл. 1*.

Из данных таблицы видно, что в состав шламов входит углерод (68,5 %), который попадает в них с частицами разрушенного при электролизе АГМ. Кроме того, отходы содержат микрогетерогенные частицы алюминия (9,5 %).

Опыт получения и применения угольно-минеральных сорбентов указывает на возможность их использования при водоподготовке, поэтому целью данной работы является разработка способа получения сорбента на основе предлагаемых отходов, определение его сорбционных характеристик.

Основные сорбционные свойства получаемых материалов могут находиться в широких пределах, определяемых свойствами исходного сырья и теплофизическими параметрами процесса карбонизации (спекания).

\* Адрес для корреспонденции: [belyavceva\\_oksan@mail.ru](mailto:belyavceva_oksan@mail.ru)

**Таблица 1**

Состав исходного сырья

Отход анодного графитового материала (АГМ)		Минеральный шлам (МШ)		Готовый сорбент ЕО-С-С	
Химический элемент или соединение	Состав, %	Химический элемент или соединение	Состав, %	Химический элемент или соединение	Состав, %
C	68,5	SiO <sub>2</sub>	77,1	C	1-5
Al	9,5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,2	SiO <sub>2</sub>	54,5-56,5
Ca	0,32	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,25	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13,5-13,8
Mg	0,38	CaO	2,19	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,4-6,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,45	MgO	2,19	CaO	1,6-1,7
Si	0,85	K <sub>2</sub> O	2,12	MgO	1,6-1,7
H <sub>2</sub> O	20,0	Na <sub>2</sub> O	0,89	K <sub>2</sub> O	1,8-2,0
		S	0,06	Na <sub>2</sub> O	0,6-0,7
				S	0,025-0,026
				Al	13,1-13,5
				Mg	5,04-0,52
				Si	0,35-0,38

К последним относятся, например, температура процесса и время пребывания активируемого материала в печи.

### Результаты и их обсуждение

**Н**а первом этапе исследований изучались временные и температурные режимы подготовки композиционного сорбента ЕО-С-С.

С целью повышения прочности минеральной матрицы отходы электролизного производства, а именно отходы АГМ, минеральный глинистый шлам (МШ) того же производства смешивали с водой в соотношении компонентов – АГМ : МШ : вода, равном 1,5–2 : 1,5–2 : 0,2. Полученную смесь тщательно перемешивали до получения однородной массы с равномерным распреде-

лением частиц МШ и отходов графитового материала. После чего из полученного нового композиционного материала формуют кирпичики размером 10×6×1 см.

Получение активных адсорбентов заключается в карбонизации (температурной обработке) исходного углеродсодержащего сырья, приводящее к созданию материала с графитоподобной структурой, с сильно развитой пористостью. Для получения такого минерального материала исходное сырье помещали в муфельную печь и проводили температурную обработку, которая состояла из двух этапов.

Получение активных адсорбентов заключается в карбонизации (температурной обработке) исходного углеродсодержащего сырья, приводящее к созданию материала с графитоподобной структурой, с сильно развитой пористостью и определенной поверх-





ностью. Для получения такого материала исходное углеродсодержащее сырье помещали в муфельную печь и проводили температурную обработку, которая состояла из двух этапов.

На первом этапе исходную массу нагревали до температуры 100 °С и выдерживали в течение 1 ч. При этом из исходной массы выделяется значительная часть гигроскопичной влаги (60-80 %). На втором этапе температуру увеличивали с 400 °С до 900 °С и выдерживали образцы в течение 3,5 ч. Содержание углерода в исследуемых образцах после карбонизации уменьшилось с 68,5% до 1-5 %.

После окончания процесса карбонизации полученный сорбент охлаждали и дробили до получения фракции с размером зерен 1,5 мм по ГОСТ 16190-70 [4], адсорбционную активность по отношению к тяжелым металлам определяли экспериментально, путем контактирования сорбента с водными растворами солей металлов.

На следующем этапе исследований определяли влияние температурного режима спека-

ния на характеристику сорбционной емкости адсорбента при постоянном времени пребывания образцов в печи.

Результаты термического анализа позволили выбрать температурный интервал, который находится в пределах 800-900 °С. При этой температуре за счет выгорания углерода образуется максимальное число микропор. Если процесс карбонизации проводить ниже 400 °С, то наблюдается лишь частичное выгорание углерода, а при температуре выше 1000 °С начинается процесс разрушения пористой структуры сорбента, в результате чего он теряет свою прочность и адсорбционную активность. Продолжительность пребывания образцов сорбента в печи после достижения необходимой температуры во всех опытах составляла 3,5 ч.

На следующем этапе проводилось исследование пористой структуры полученных образцов.

Характерной особенностью промышленных адсорбентов является то, что они обладают большим объемом микропор ( $r < 1$  нм), на стенках которых сорбируется основное количество поглощаемого вещества, поэтому именно микропоры играют важную роль в адсорбции растворенных веществ, в том числе ионов тяжелых металлов, на поверхности твердых тел [5]. В данной работе объем пористого пространства, приходящегося на микропоры, был определен методом «молекулярного шупа».

Данные о структуре пористого пространства исследуемых сорбентов представлены в *табл. 2*.

Как видно из таблицы, полученные сорбенты обладают достаточно развитой структурой микропор и могут быть использованы в качестве сорбентов.

Наибольший объем пористого пространства приходится на образец, полученный при соотношении исходных компонентов 1,5:1,5:0,2 при температуре спекания 900 °С

### Таблица 2

Данные о распределении объема микропор по их размерам

Примеры		1	2	3	4
Соотношение исходных компонентов		АГМ:МШ:вода			
		1,5:1,5:0,2	1,5:1,5:0,2	2,5:1,5:0,2	2,5:1,5:0,2
Длительность термообработки, ч		3,5	12	3,5	12
Пикнометрическая жидкость	Диаметр молекул адсорбента, нм	Объем пористого пространства адсорбента $V_{\Sigma}$ , см <sup>3</sup> /г			
Вода	0,35	0,1597	0,203	0,149	0,149
Этанол	0,52	0,00113	0,0979	0,0019	0,0019
Бензол	0,59	0,0110	0,00048	0,005	0,005

в течение 3,5 и 12 часов, что эффективно сказывается на адсорбции из водных растворов соединений катионов тяжелых металлов.

На основании экспериментальных данных были выбраны следующие параметры технологического процесса приготовления композиционного сорбента ЕО-СС с соотношением исходных компонентов отходы АГМ : МШ : вода, равным 1,5-2:1,5-2:0,2: карбонизация исходного сырья при температуре 100 °С в течение 1 ч и спекание при 900 °С в течение 1 ч и спекание при 900 °С в течение 3,5 или 12 ч. В результате эксперимента в зависимости от времени спекания были получены образцы сорбентов ЕО-СС-3,5 и ЕО-СС-12.

## Заключение

Таким образом, проведенное исследование позволило разработать способ получения сложных высокопористых сорбентов на основе отхода производства электролизного алюминия, обладающих высокой адсорбционной активностью по отношению к ионам тяжелых металлов, таких как медь, кадмий и свинец. Такие сорбенты относятся к материалам многократного использования, они

## Ключевые слова:

очистка стоков,  
сорбент,  
отходы алюминия

недороги, экологичны и отличаются выраженной селективностью к ионам свинца. Экологический эффект данной технологии заключается в полной или частичной ликвидации отходов производства электролизного алюминия, что позволит снизить их негативное воздействие на окружающую среду.

## Литература

1. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. // Киев: Наук. думка, 1981. 235 с.
  2. Вайда М.Г. Комплексная переработка циолитового сырья // Хим. промышленность. 1997. № 5. С. 281.
  3. А.с. 1613129 СССР. Способ получения сорбента для извлечения металлов из сточных вод / В.Н. Зайцев, С.В. Гуцалюк. Заявлено 19. 03.2002. Опубликовано 15.12.90, бюл. № 46.
  4. ГОСТ 16187-70. Сорбенты. Методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 1971. 6 с.
- Кроик А.А. Очистка сточных вод с применением природных сорбентов // Химия и технология воды. 1999. Т. 21, № 3. С. 310.



E.V. Moskvicheva, O.N. Kuznetsova

# ALUMINIUM WASTE PRODUCT SORBENT FOR HEAVY METAL WATER PURIFICATION

Complex high-porous sorbents have been synthesized from electrolytic aluminium waste products. These sorbents have high heavy metal adsorption capacity (for copper,

cadmium and lead). Processing characteristics make these sorbents possible for waste water purification applied in metal-based manufacturing industry.

**Key words:** water treatment, sorbent, aluminium waste products