

В многокомпонентной системе наличие резко выраженного силового поля поверхности раздела фаз может вызывать изменение состава поверхностного слоя: различные вещества в зависимости от их природы могут концентрироваться на поверхности (или, наоборот, уходить в объем фаз) [1]. Данное явление называется адсорбцией и широко используется в различных промышленных процессах, в частности, при очистке сточных вод. Это, прежде всего, применение адсорбции из раствора на высокодисперсных порошках и пористых адсорбентах для очистки различных растворов от вредных примесей либо для улавливания и концентрирования ценных веществ из разбавленных растворов. Для очистки водных сред от загрязняющих веществ широко используют активные угли [2]. Последние являются общепризнанными эффективными сорбентами, позволяющими извлекать из растворов широкий спектр загрязняющих веществ. Однако они довольно дорогие, кроме того, после использования адсорбенты должны быть либо регенерированы, либо подвергнуты захоронению, что также удорожает процесс очистки. В то же время многие промышленные отходы по своим физико-химическим свойствам могут быть использованы как сорбционные материалы [3-14]. К таким отходам относится пыль электродуговых сталеплавильных печей (ЭДСП) Оскольского электрометаллургического комбината. В состав пыли входят оксиды и силикаты различных металлов (табл. 1).

Компоненты	Fe ₃ O ₄	CaO	Na ₂ O	SiO ₂	ZnO	K ₂ O	MgO	MnO	SO ₃	Cl	Al ₂ O ₃
Содержание, масс %	49,5	13,48	9,7	5,9	5,8	5,6	3,9	2,1	1,3	0,8	0,6

Компоненты	PbO	Rh ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	CuO	P ₂ O ₅	TiO ₂	SrO	CdO	NiO	V ₂ O ₅	Br
Содержание, масс %	0,4	0,3	0,3	0,1	0,1	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01

Пыль ЭДСП состоит из тонкодисперсных частиц размерами от 0,5 до 2,0 мкм. Удельная поверхность пыли (S_{уд}), измеренная с помощью многоточечного метода БЭТ с помощью прибора марки «SoftSorbi» составляет 64,6±4,5 м²/г. На микрофотографиях, полученных с помощью сканирующего электронного микроскопа марки «TESCAN MIRA-3» (рис. 1) Рис. 1 - Пыль ЭДСП видны скопления тонкодисперсных частиц пыли размером менее 5 мкм с округлыми очертаниями, имеющими неровные края. Наблюдаются вкрапления частиц овальной формы с четко очерченными краями, вероятно, SiO₂. Просматриваются редкие продолговатые кристаллы гипса длиной до 7-10 мкм. При данном увеличении видны неровности поверхности частиц пыли, углубления, впадины, шероховатости и другие дефекты поверхности. Как известно [1], одна из особенностей адсорбции из растворов на поверхности твердых тел заключается в том, что заметную роль в адсорбционных процессах может играть неоднородность строения поверхности и особенно различные дефекты структуры поверхности. Значение величины удельной поверхности в совокупности с описанной структурой поверхности частиц свидетельствует о вероятных высоких сорбционных свойствах пыли. Адсорбция из растворов на границе между жидкостью и твердым адсорбентом играет важное практическое

значение в самых различных областях промышленности и природных процессах [1], поэтому целью данной работы являлось исследование сорбционных свойств пыли ЭДСП. Особенностью химического состава последней является то, что она содержит различные по свойствам химические компоненты. Это, в первую очередь, активный оксид кальция CaO , кварц $\beta\text{-SiO}_2$, силикаты кальция, оксиды железа и других металлов. Поэтому экспериментальные исследования по определению адсорбционных характеристик затруднены, так как в результате гидратации частиц ЭДСП состав дисперсной фазы и дисперсионной среды непрерывно изменяется в результате взаимодействия оксидов щелочных и щелочноземельных металлов с водной средой. При повышении pH среды происходит образование малорастворимых гидроксидов металлов, которые могут сорбироваться на поверхности частиц силикатов, вступать в реакции ионного обмена с образованием различных по составу и зарядности коллоидных частиц, а следовательно, искажать картину сорбционных процессов. В этой связи для исследования сорбционных свойств пыли ЭДСП вначале отмывали 0,1 н раствором серной кислоты от растворимой компоненты. Как видно из рисунка 2, отмытая часть пыли Рис. 2 - Рентгенограмма пыли ЭДСП, отмытой 0,1 н H_2SO_4 : $\square$ - SiO_2 ; $\bullet$ - Fe^{2+} ; $\blacksquare$ - $2(2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) \cdot \text{CaSO}_4$; $\blacktriangle$ - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ЭДСП представлена соединениями, которые не вызывают изменения pH и химического состава среды. Для исследования сорбционных характеристик отмытой пыли (ОП) по извлечению ионов PO_4^{3-} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , красителя "метиленовый голубой" (МГ) готовились модельные растворы в диапазоне концентраций от 20 до 90 мг/л. Масса навески ОП составляла 0,5 г на 1 л раствора. Величину сорбции вычисляли по уравнению: $A = (\text{C}_0 - \text{C}_\text{к})V / m$, где C_0 , $\text{C}_\text{к}$ - начальная и конечная концентрации анализируемых компонентов, мг/л; V - объем рабочего раствора, мл; m - масса добавленной пыли, г. По экспериментальным данным построены изотермы адсорбции и десорбции, представленные на рисунке 3. По полученным кривым адсорбции и десорбции можно сделать вывод, что во всех исследуемых случаях имеют место сорбционные процессы. Как видно из результатов исследований, сорбционная емкость ОП для ионов Fe^{3+} составляет 7,8 мг/г, для ионов Fe^{2+} - 7,4 мг/г. Большую сорбционную емкость для ионов Fe^{3+} по сравнению с ионами Fe^{2+} , по-видимому, можно объяснить большей величиной заряда иона Fe^{3+} . Рис. 3 - Изотермы адсорбции и десорбции ионов железа и МГ Рис. 4 - Изотермы адсорбции и десорбции фосфат-ионов Так, размер иона Fe^{3+} составляет 0,067 нм, а Fe^{2+} - 0,08 нм, что свидетельствует о возможности иона Fe^{3+} более близко подходить к сорбционной поверхности. Однако $\text{Fe}(\text{OH})_3$ - более слабое основание, чем $\text{Fe}(\text{OH})_2$. А катионы более слабых оснований сильнее подвергаются гидролизу, чем катионы более сильных оснований. Таким образом, большая часть катионов Fe^{3+} будет находиться в воде в гидролизованном виде - как FeOH^{2+} или $[\text{Fe}(\text{OH})_2]^+$. Так как гидролизованные ионы металлов имеют большие размеры по сравнению с негидролизованными, то

при увеличении степени гидролиза около сорбционной поверхности будет удерживаться больше ионов Fe^{2+} , чем Fe^{3+} . Сорбционная емкость ОП по МГ составляет 7,73 мг/г, а по ионам PO_4^{3-} - 35,2 мг/г. После кислотной обработки пыли ЭДСП на краях диспергированных частиц ОП в результате потери координационной насыщенности минералов могут разрушаться ионные связи и появляться как некоординированные кислородные атомы (участки с отрицательным зарядом), так и некоординированный кремний или ионы металлов (участки с частичным положительным зарядом). Такие поверхностные заряды компенсируются электростатической адсорбцией анионов PO_4^{3-} из очищаемого раствора по представленной ниже схеме, где М – матрица, имеющая некомпенсированные заряды: Этим объясняется высокая сорбционная емкость ОП по отношению к ионам PO_4^{3-} по сравнению с другими ионами. Таким образом, в ходе данных исследований установлены сорбционные свойства пыли ЭДСП. Исходя из характера изотерм адсорбции-десорбции, природа сорбционного взаимодействия исследуемых веществ с ОП не является физической, а близка к химической адсорбции.