

СПАВ-содержащие сточные воды образуются на предприятиях по производству моющих средств, в кожевенной промышленности, при работе банно-прачечных комбинатов и др. Стоки таких предприятий без надлежащей очистки при поступлении их в водные объекты оказывают значительное негативное воздействие на природные экосистемы. Поэтому подобные сточные жидкости должны подвергаться глубокой очистке от поллютантов. Часто используемым методом водоочистки является адсорбционный. Явление адсорбции известно очень давно. Такие природные материалы, как песок или почва использовались для очистки воды еще на заре человечества. В XVIII веке Т.Е. Ловиц показал, что древесный уголь способен быстро очищать испорченную воду и делать её пригодной для питья. И сейчас основным действующим началом фильтров для воды служат углеродные материалы [1]. В настоящее время для очистки сточных вод от СПАВ используют разнообразные природные сорбционные материалы (монтмориллонитовые, клиноптилолитовые, цеолитовые и др. породы) и различные углеродсодержащие сорбенты [2-8]. Разумеется, лучшими адсорбентами являются активные угли [9]. Однако, последние имеют высокую стоимость, поэтому поиск дешевых и эффективных адсорбционных материалов для очистки сточных вод от СПАВ является актуальной задачей. В настоящей работе для очистки СПАВ-содержащих вод использован отход производства сахарозы - сатурационный осадок, содержащий около 75% CaCO_3 и органические вещества, ранее находившиеся в сахарной свекле (рис. 1). При термической обработке этот отход покрывается обуглившимися остатками органических веществ и превращается в тонкодисперсный углеродсодержащий материал. Поскольку эффективность очистки водных сред зависит от сорбционных свойств используемого материала, нами исследовались некоторые сорбционные характеристики термически модифицированного сатурационного осадка (ТМСО). Рис. 1 - Рентгенограмма исходного сатурационного осадка. Обозначения: ● - глинистые минералы; о - CaCO_3 ; Δ - SiO_2 В связи с тем, что процесс адсорбции протекает на границе раздела фаз, большое значение имеет удельная поверхность (Суд) сорбционного материала. При исследовании полученных порошковых материалов термообработки исходного сатурационного осадка (ИСО) на лазерном гранулометрическом анализаторе марки «MicroSizer-201» установлено, что при повышении температуры обработки размер частиц уменьшается. При этом Суд, определенная на установке марки «VacPrep 061» методом низкотемпературной адсорбции азота, увеличивается (табл. 1). Таблица 1 - Суд сатурационного осадка

Материал	ИСО	ТМСО 300 °С	ТМСО 600 °С	ТМСО 900 °С
Суд, м ² /г	54	63	80	88

Как видно из данных, приведенных в табл. 1, Суд ТМСО, термообработанного при 6000С (ТМСО600) значительно ниже Суд активированных углей, применяемых в промышленности. Например, Суд для угля марки КАД-йодный составляет 513 м²/г; для БАУ - 915 м²/г. Однако, по сравнению с названными марками активных углей, углеродсодержащий

материал ТМСО600 имеет намного меньшую стоимость и после использования не нуждается в регенерации. Исследование процесса адсорбции в статических условиях проводилось с использованием анионоактивного СПАВ - лаурилсульфата натрия, структурная формула которого представлена на рис. 2. Рис. 2 - Структурная формула лаурилсульфата натрия. Молярная масса = 288,38 г/моль; ККМ = 8,11 моль/л Следует отметить, что углеродный слой имеется только на поверхности частиц ТМСО600. Для сравнения сорбционных свойств термически обработанного сатурационного осадка при разных температурах в экспериментах использовались также ИСО и ТМСО300. Изотермы адсорбции и десорбции лаурилсульфата натрия на поверхности исследуемых реагентов представлены на рис. 3 и 4. Рис. 3 - Изотерма адсорбции и десорбции на поверхности ТМСО600: x - адсорбция ТМСО600; ● - десорбция ТМСО600 Рис. 4 - Изотермы адсорбции и десорбции на поверхности ТМСО300 и ИСО: x - адсорбция ТМСО300; ● - десорбция ТМСО300; ▲ - адсорбция ИСО; ■ - десорбция ИСО Из полученных данных следует, что сорбционная емкость ТМСО300 и ИСО, которые равны $47 \cdot 10^{-6}$ и $32 \cdot 10^{-6}$ моль/г, соответственно, намного ниже сорбционной емкости ТМСО600 ($257 \cdot 10^{-6}$ моль/г). Таким образом, ТМСО600 проявляет самые лучшие сорбционные свойства из исследованных сорбционных материалов. По всей видимости, решающая роль в процессе адсорбции в данном случае принадлежит углеродному слою на поверхности частиц ТМСО600. В ходе проведенных исследований установлено, что при добавлении ТМСО600 к дистиллированной воде с исходным значением pH = 6,4 в количестве 1 г на 100 мл после 5 - минутного перемешивания происходит увеличение значения pH до pH = 10,32. При повышении температуры водной среды от 30 до 60 °C при тех же условиях рассматриваемый параметр несколько уменьшился до pH = 10,27. Значение pH раствора лаурилсульфата натрия составляет pH = 6,8, при добавлении к нему ТМСО600 происходит увеличение pH до значения pH = 10,29. Таким образом, сорбционное взаимодействие ТМСО600 с лаурилсульфатом натрия происходит в щелочной среде. Ранее нами было установлено, что поверхность частиц ТМСО600 имеет положительный заряд в области pH до pH = 6,8 с изоэлектрической точкой при этом значении pH, затем переходит в отрицательную область при pH > 6,8. Значит, адсорбционная поверхность в условиях проводимого эксперимента имеет отрицательный заряд. Следовательно, можно предположить, что адсорбционное взаимодействие на границе раздела фаз - углерод-водная среда происходит за счет специфического взаимодействия - ориентационного, дисперсионного или индукционного. Для подтверждения этого предположения рассчитывалась энергия адсорбционного взаимодействия, которая составляет 21,41 кДж/моль. Найденное значение лежит в промежутке между энергией физического взаимодействия (5 кДж/моль) и химического (> 40 кДж/моль), что подтверждает природу сорбционного взаимодействия как специфическую. На рис. 3 и 4. видно,

что изотермы адсорбции выходят из точки начала координат и, согласно проведенным расчетам, подчиняются уравнению Ленгмюра. свидетельствует о том, что формирование адсорбционного слоя на поверхности ТМСО600 происходит за счет адсорбции отдельных молекул. Авторами [4] доказано, что алифатические радикалы сульфатов и сульфонов металлов адсорбируются на поверхности сажевых частиц всей углеводородной цепью, по крайней мере в интервале величин радикалов от C8 до C14. Из результатов исследований видно, что графики десорбции, приведенные на рис. 3 и 4, лежат вблизи оси О-Х, т.е. адсорбция носит практически необратимый характер. По-видимому, явление адсорбции обусловлено образованием Н-связей между молекулами СПАВ и активными центрами на поверхности дисперсных частиц ТМСО. Характер изотермы свидетельствует о мономолекулярной адсорбции. Поскольку исследуемые концентрации СПАВ лежат в пределах $0 - 42 \cdot 10^{-4}$ моль/л, что ниже величины ККМ (8,11 моль/л), образование мицелл в данном случае не происходит. Как было установлено, эффективность очистки растворов от лаурилсульфата натрия при исходной концентраций от 25 до 30 мг/л составляет 62-86%, что свидетельствует о перспективности использования ТМСО600 для очистки сточных вод от СПАВ.