

УДК 66.021:66.081.32

АНАНЬЕВА О.А. аспирант АХТ-231 (ТГТУ)
ШУБИН И.Н., к.т.н., доцент (ТГТУ)
г. Тамбов

ПОЛУЧЕНИЕ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЕРОДНОГО МАТЕРИАЛА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО СОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ПО ТИПОВОМУ НЕОРГАНИЧЕСКОМУ ЗАГРЯЗНИТЕЛЮ

Активное развитие промышленного комплекса, в первую очередь химических, нефтегазовых и машиностроительных производств, нередко приводит к усложнению экологической обстановки целых регионов вследствие загрязнения — в первую очередь, водных объектов. Это напрямую связано с появлением новых материалов, технологий и производств, которые, как правило, характеризуются наличием больших объемов выбросов, требующих, в свою очередь, современных высокоэффективных методов очистки и улучшения качества применяемых сорбционных материалов.

Анализируя состояние современных методов очистки и материалов, применяемых для нейтрализации выбросов промышленных предприятий (в частности, сточных вод, как наиболее тяжелых по совокупности факторов воздействия на человека и окружающую среду загрязнителей), можно выделить именно сорбционные методы в качестве наиболее технологически отработанных и экономически обоснованных. В современных условиях рынка это играет не последнюю роль, когда дело касается продвижения конечного продукта потребителю.

Применяемые в настоящее время промышленные сорбенты, такие, как активированные угли и цеолиты, далеко не всегда и не в полной мере отвечают постоянно повышающимся требованиям к их физико-химическим характеристикам. Это является вполне объяснимым обстоятельством в связи с появлением новых материалов, технологий, а значит, и соответствующих им отходов [1, 2].

Среди наиболее распространенных видов отходов, присутствующих, в частности, в сточных водах промышленных предприятий, можно выделить как органические, так и неорганические (различные тяжелые металлы, например, Pb^{2+}). Это и становится причиной актуальности исследований, направленных на разработку и совершенствование технологий и материалов, применяемых для очистки сточных вод от названных загрязнений [1].

Возможным эффективным решением в этом направлении, по мнению авторов, может являться разработка нового высокоэффективного сорбента (а соответственно, также технологии и оборудования для его производства) на основе активированного углеродного материала, имеющего не только большую удельную поверхность и пористость, но также стабильность в различных условиях реального промышленного применения [3].

Литературно-патентный обзор и экспериментальные исследования, проведенные авторами настоящей работы, позволили разработать такую конструкцию реактора для химической активации углеродного материала (см. рис. 1), в которой возможно проведение высокотемпературной химической активации исходного углеродного сырья с одним или несколькими активаторами [4-5].

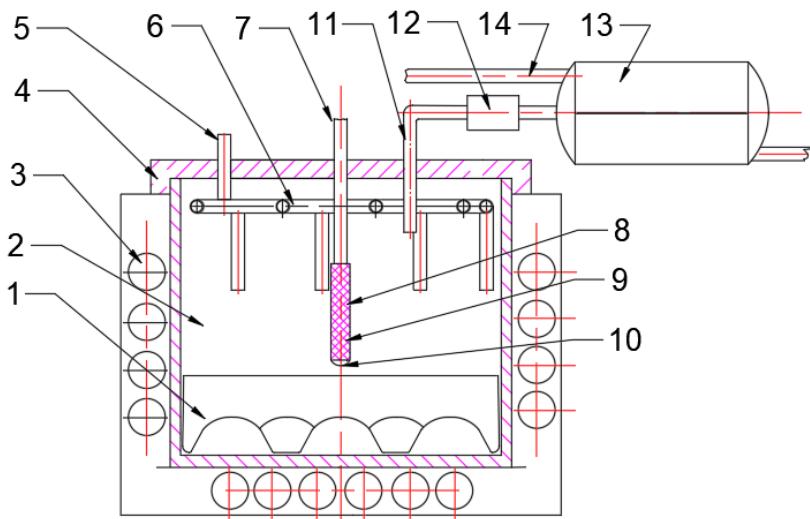


Рисунок 1. Реактор для химической активации углеродного материала

Разработанный реактор химической активации углеродного материала состоит из камеры химической активации (2) с установленными на ней сбоку и снизу нагревательными элементами (3), имеет крышку (4) со смонтированными на ней патрубками подачи инертного газа (5), подачи водяного пара (7) и отвода реакционной газовой смеси (11). В камере химической активации (2) установлен поддон для активируемого материала и активатора (1) (это смесь, состоящая из исходного углеродного сырья и гидроксида калия в заданном соотношении), дно которого выполнено пуклеванным. Патрубок подачи водяного пара (7) в камеру химической активации (2), закрепленный в центре крышки (4), выполнен перфорированным (8) с чашкой (10) на конце и закрыт сеткой-рассекателем (9). На патрубке подачи инертного газа (5) крепится газовый коллектор с $n+1$ трубками, четные из которых направлены вдоль стенок камеры химической активации (2) вниз, а нечетные — по направлению к ее центру. Патрубок отвода реакционной газовой смеси (11) оборудован установленными снаружи над крышкой регулируемым газовым клапаном (12) (он поддерживает избыточное давление внутри камеры химической активации на уровне 10-15% от рабочего и обеспечивает аварийное срабатывание при превышении давления более чем на 30% от рабочего), а также расширительной камерой (13) (она нужна для нейтрализации и охлаждения реакционных газов) с возможностью подачи в неё инертного газа по патрубку (14).

Полученный активированный углеродный материал был исследован на определение сорбционной активности по отношению к типовому

неорганическому загрязнителю (свинцу) с помощью энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектрометрии [6-8].

При этом стоит подчеркнуть, что исследованы были как активированный углеродный материал, полученный двумя методами активации (с одним (AM1) и двумя (AM2) активаторами), так и его компактированные варианты (AMK) с различными связующими: поливиниловым спиртом (ПВС), поливинилацетатом (ПВА) и базальтовым волокном (БВ).

В результате проведенных исследований была установлена поглотительная способность исходного материала (активированных и компактированных образцов), составившая 40-78 мг/г. При этом время наступления сорбционного равновесия составило от 15 до 30 минут (см. рис. 2).

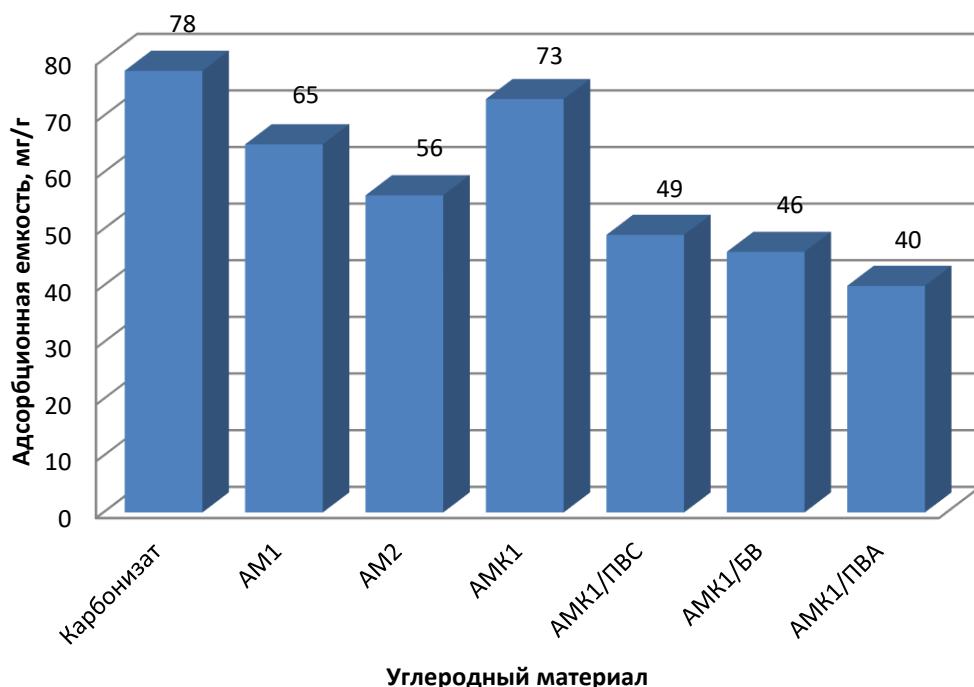


Рисунок 2. Суммарные результаты исследований сорбционной активности разработанных углеродных материалов по сорбции ионов свинца Pb^{2+}

Для описания полученных экспериментальных данных использовались уравнения кинетических моделей псевдо-первого и псевдо-второго порядка, уравнение Еловича, а также уравнение внутричастичной диффузии. Были установлены высокие коэффициенты корреляции R^2 между экспериментальными и расчетными значениями при использовании моделей псевдо-первого и псевдо-второго порядка.

По итогам исследования можно отметить сравнимую с аналогами сорбционную активность по извлечению ионов свинца (Pb^{2+}) из водных растворов с помощью разработанных активированных углеродных материалов, что может говорить об их значительном потенциале для решения многих экологических задач, связанных с защитой человека и окружающей среды.

Список использованных источников

1. Актуальные физико-химические проблемы адсорбции и синтеза нанопористых материалов: всероссийский симпозиум с международным участием, посвященный памяти чл.-корр. РАН В.А. Авраменко. Сборник трудов симпозиума. — М.: ИФХЭ РАН, 2022. — 274 с.
2. Синтез, свойства и применение углеродных адсорбентов. Под редакцией д. физ-мат. наук А.А. Фомкина. М.: Издательский дом «Граница», 2021. — 312 с.
3. Шубин И.Н. Исследование технологических параметров активации, влияющих на характеристики нанопористого углеродного материала / И.Н. Шубин, А.А. Попова // Материаловедение - 2022, № 11. – С.3-8.
4. Реактор химической активации углеродного материала Заявка № 2023134794 от 23.12.23 Патент РФ № 2826290 опуб. 09.09.24 Бюл. №25 Ткачев А.Г., Шубин И.Н.
5. Шубин, И.Н. Анализ особенностей аппаратурно-технологического оформления процесса высокотемпературной активации углеродного материала / И.Н. Шубин, А.А. Попова // Известия высших учебных заведений. Машиностроение № 8 (761), 2023. С.68-77.
6. Shubin I.N. Promising sorbents based on compacted highly porous carbon materials / I.N. Shubin, E.S. Mkrtchyan, O.A. Ananyeva // Journal of Advanced Materials and Technologies. 2023. Vol. 8, No. 4. - P. 270-278.
7. Мкртчян, Э. С. Исследование перспективных углеродных сорбентов полученных методом высокотемпературной активации в процессах очистки водных растворов от красителей / Э. С. Мкртчян, А. А. Попова, И. Н. Шубин // Перспективные материалы № 11 2023. С 28-38.
8. Shubin IN, Ananyeva OA. Studies of adsorption characteristics of activated carbon material for typical organic and inorganic pollutants / I.N. Shubin, O.A. Ananyeva // Journal of Advanced Materials and Technologies. 2024; Vol.9, No. 2.- P.122-131.