

УДК 546.832+546.56 : 66-911.38.002.2

АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО ФИЗИЧЕСКИМ ОСАЖДЕНИЕМ ИЗ ПАРОВОЙ ФАЗЫ

Л. А. Крушинская¹, Я. А. Стельмах¹, И. Н. Андрусина², И. А. Голуб², В. Ф. Горчев³

1 - Институт электросварки им. Е.О. Патона НАН Украины, Киев

2 - ГУ «Институт медицины труда АМН Украины, Киев

3 - Институт биохимии им. А. В. Палладина НАН Украины, Киев

e-mail: krushinskaya@paton-icebt.kiev.ua, irina_andrei@voliacable.com

В работе изучены сорбционные свойства порошков наноструктурного оксида алюминия, полученного осаждением из паровой фазы на подложку в диапазоне температур 100-650°С, по отношению к положительно заряженным ионам металлов и отрицательно заряженным ионам неметаллов с различными ионными и атомными радиусами.

Сравнительное исследование адсорбционной способности наноструктурного оксида алюминия в зависимости от структурных характеристик полученных материалов показало, что они адсорбируют преимущественно положительно заряженные ионы металлов. Выявлена высокая сорбционная способность порошков наноструктурного оксида алюминия в тех случаях, когда радиус ионов адсорбируемых элементов возрастал. В то же время установлено, что адсорбция анионов не зависела от структуры оксида алюминия.

Показано, что наноструктурный оксид алюминия способен адсорбировать и удерживать на своей поверхности как ионы металлов, так и неметаллов, что делает его перспективным материалом для очистки воды.

Ключевые слова: наноструктурный оксид алюминия, адсорбция, АЕС-ИСП анализ металлов и неметаллов, рН, радиус атомов и ионов металлов и неметаллов.

Введение

В настоящее время сложилась напряженная обстановка с обеспечением населения Украины доброкачественной питьевой водой. Одной из причин неудовлетворительного качества питьевой воды является массивное загрязнение поверхностных водоемов сбросами в больших количествах неочищенных и недостаточно очищенных промышленных, хозяйственно-бытовых и сельскохозяйственных сточных вод, ливневых и талых вод с полей, территорий сел и городов. Вода большинства поверхностных источников Украины характеризуется умеренным и высоким уровнем загрязнения. Приоритетными загрязнителями на протяжении последних лет остаются органические соединения и тяжелые металлы [1, 2].

Сегодня практически все поверхностные водоисточники Украины по уровню загрязнения приблизились к 3 классу качества, а по международной классификации - к 4-5, при этом состав очистных сооружений и технология очистки воды остаются неизменными [3]. Традиционная технология подготовки питьевой воды (коагуляция - отстаивание - фильтрация - обеззараживание), которая применяется на водопроводных станциях с речными водозаборами, рассчитана на доведение природной воды до действующих требований к питьевой воде лишь при условии ее общей низкой загрязненности [4].

Сегодня широко известны различные способы очистки вод, в том числе и от тяжелых металлов: механические, химические, физико-химические и биологические, но только комплексное внедрение всех методов позволит сделать этот процесс эффективным. В процессе технологической подготовки питьевой воды из поверхностных водоемов при применении различных реагентов могут образовываться продукты деструкции химических соединений, зачастую более токсичные, чем первичные загрязнители. Так, повсеместное применение на речных водопроводах в технологии подготовки питьевой воды хлора приводит к образованию очень опасных

хлорорганических соединений, которые имеют канцерогенные и мутагенные свойства. То же самое можно сказать и о применении соединений алюминия, которые оказывают нейрогенное действие на организм. В ходе коагуляции воды соединениями алюминия содержание этого металла в питьевой воде, особенно в период паводка и цветения водоемов, может увеличиваться в 2 и более раз [3].

Приведенная картина состояния водоснабжения и качества питьевой воды не вызывает сомнения в необходимости усовершенствования традиционной технологии водоподготовки, что может быть достигнуто путем применения высокоэффективных коагулянтов, флокулянтов, сильных окислителей.

Повышенный интерес в последние годы к наноструктурным материалам и расширение сферы их промышленного применения вызван обнаружением у них необычных физических и химических свойств, которые часто радикально отличаются от свойств этого же вещества в форме сплошных фаз или макроскопических дисперсий.

Большая кривизна поверхности наночастиц и изменение топологии связей атомов на поверхности приводит к изменению их химических потенциалов. Вследствие этого повышается растворимость, реакционная и каталитическая способность наночастиц. Из-за своей высокоразвитой поверхности наноструктурные материалы обладают свойствами высокоэффективных адсорбентов, то есть, способны поглощать на единицу своей массы во много раз больше адсорбируемых веществ, чем макроскопические дисперсии. Многие наноструктурные материалы обладают гидрофобными свойствами или являются электрически заряженными, что усиливает процессы адсорбции на них различных токсикантов [5].

Одним из перспективных методов очистки вод является использование высокоэффективных адсорбентов с сильно развитой удельной поверхностью и высокими адсорбционными свойствами, к которым можно отнести наноструктурный оксид алюминия. Al_2O_3 в наноструктурном состоянии отвечает всем требованиям, предъявляемым к веществам, используемым в качестве сорбентов, чем и по сей день привлекает внимание исследователей. Однако, структура и свойства оксида алюминия зависят от условий его формирования.

Из существующих методов получения оксида алюминия авторами был выбран метод электронно-лучевого испарения с последующей конденсацией парового потока в вакууме на подложку (EB PVD). Физические процессы, положенные в основу данной технологии, бесспорно, позволяют отнести ее к нанотехнологиям [6]. Кроме того, метод дает возможность регулированно изменять структуру оксида алюминия [7].

Поэтому, целью данной работы было изучить сорбционные свойства порошков наноструктурного оксида алюминия с различными характеристиками его структуры в модельных средах на примере как отрицательно заряженных ионов неметаллов (бор, кремний, фосфор), так и положительно заряженных ионов металлов (хром, кадмий, свинец, стронций).

Объекты и методы исследования

В качестве сорбента в данной работе использовали оксид алюминия, полученный методом электронно-лучевого испарения штапиков Al_2O_3 с последующей конденсацией парового потока на подложке (EB PVD), подробно методика описана в [7]. Штапики Al_2O_3 прессовали из порошка плавленной окиси алюминия марки Ч.

Поскольку одним из основных факторов, определяющих структуру, а следовательно, и свойства конденсатов, является температура подложки T_n [7,8], в данной работе была использована методика осаждения конденсатов на подложку с заданным вдоль ее оси градиентом температур [9]. Это позволило за один эксперимент получить информацию о структуре и свойствах конденсированных материалов в заданном интервале температур осаждения. Температуру подложки T_n контролировали пятью хромель-алюмелевыми термопарами с точностью измерения $\pm 10^\circ C$. Градиент температур поддерживали в

интервале 70-700° С. Вакуум в рабочей камере во время процесса конденсации составлял $(1-2) \cdot 10^{-4}$ Торр. Скорость конденсации составляла в среднем 1 мкм/мин. Толщина полученных конденсатов 50-100 мкм.

После осаждения конденсаты Al_2O_3 имели порошковидный вид и легко отделялись от подложки. Для дальнейших исследований использовали порошки Al_2O_3 , осажденные при $T_n \sim 100^\circ C$ (тип I), $300^\circ C$ (тип II) и $650^\circ C$ (тип III), поскольку согласно проведенным ранее исследованиям структура оксида алюминия, сформированная в этом температурном интервале T_n , имеет наноразмерность [7,8].

Для определения элементного состава конденсатов Al_2O_3 применяли рентгеноспектральный микроанализатор (приставка EDX к микроскопу Cam Scan 4D. Программа обработки результатов Inca-2000. Погрешность измерений $\pm 0,3 \%$). Элементный состав отделенных покрытий (порошковой субстанции) контролировали на предмет примесей с помощью рентгеновского флуоресцентного анализа (Philips X'unique II), а также с помощью метода атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (АЕС-ИСП) на приборе Optima 2100 DV фирмы Perkin Elmer (США), согласно методике [10].

Структуру конденсатов и порошков Al_2O_3 исследовали методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) с использованием микроскопа Cam Scan 4D в режимах вторичных и упруго-отраженных электронов.

Исследование фазового состава полученных порошков оксида алюминия проведено методом рентгеновской дифракции на приборе ДРОН-3М в медном $K\alpha$ -излучении с фокусировкой по Бреггу-Брентано на отражение в диапазоне углов 2θ $10^\circ - 100^\circ$.

В качестве абсорбируемых элементов были выбраны как металлы (Cd^{2+} , Cr^{6+} , Pb^{2+} , Sr^{2+}), так и неметаллы (BO_3^- , SiO_4^{2-} , PO_4^{3-}) с различными радиусами атомов и ионов (таблица 1). При выборе элементов руководствовались как научным интересом (все химические элементы имеют разный атомный и ионный радиусы), так и практическим – большинство из них являются опасными ксенобиотиками, которые являются приоритетными загрязнителями природных вод Украины.

Таблица 1. Некоторые свойства выбранных металлов и неметаллов

Адсорбируемый элемент	Радиус атома, нм	Радиус иона, нм
Кадмий (Cd)	0,156	0,109 (Cd^{2+})
Хром (Cr)	0,127	0,058 (Cr^{6+})
Свинец (Pb)	0,175	0,133 (Pb^{2+})
Стронций (Sr)	0,215	0,132 (Sr^{2+})
Бор (B)	0,097	0,025 (B^{3+})
Кремний (Si)	0,117	0,279 (SiO_2^-)
Фосфор (P)	0,128	0,223 (PO_4^{3-})

Сорбционные свойства синтезированного наноструктурного оксида алюминия оценивали в модельных растворах, приготовленных из эталонных стандартов металлов и неметаллов, используемых в АЕС-ИСП. Исходная концентрация каждого из исследуемых элементов в растворе составляла 5,0 мг/л, объем раствора - 20 мл, навеска исследуемого сорбента - 0,03 г, время перемешивания – 20 мин. Остаточное содержание металлов и неметаллов в растворах после сорбции на оксиде алюминия определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (АЕС-ИСП) на приборе Optima 2100 DV фирмы Perkin Elmer (США) согласно методу [11].

Исследование размеров и формы структурных составляющих проводили с помощью лазерного сканирующего конфокального микроскопа LSM 510 META фирмы Carl Zeiss. Объекты для исследования приготавливали осаждением из водной суспензии осадка оксида алюминия с абсорбированными элементами на поверхность стекла. После высыхания образовывался тонкий слой оксида алюминия, который сканировался лазерным лучом.

Использовался лазер с длиной волны 543 нм и объектив LD Plan-Neofluar 40x/ 0.6 Corr. Полученное изображение поверхности соответствует распределению интенсивности отраженного лазерного луча по плоскости XY.

Математическая обработка полученных данных проводилась с использованием методов вариационной статистики с помощью программы «Statistica-6». Статистическая значимость межгрупповых отличий оценивалась по t-критерию Стьюдента [12].

Результаты и их обсуждение

Элементный анализ является одной из важнейших задач любой научно-исследовательской работы. Элементный состав вещества необходимо знать с целью: контроля используемого исходного сырья, контроля технологии производства наноматериалов, а также контроля готовой продукции. Поэтому, исследования элементного состава проводились нами на всех этих этапах.

Чистота наноматериалов, получаемых физическими и химическими методами определяется как технологическими схемами синтеза, так и чистотой исходных материалов для испарения. Проведенные нами исследования элементного состава с помощью рентгеновского флуоресцентного и рентгеноспектрального анализов показали, что используемый в работе метод физического осаждения из паровой фазы позволяет получать из исходного порошка окиси алюминия с чистотой $98 \pm 0,5\%$ продукцию не менее 99,5% чистоты. При этом 0,3% примесей в полученном продукте составляет естественный спутник оксида алюминия в исходном состоянии – оксид кремния. По данным [13] такая примесь как оксид кремния в сорбентах обычно жестко не регламентируется, поскольку не изменяет характеристик продукта, даже если ее содержание составляет несколько процентов.

Поскольку металлические примеси могут влиять на адсорбционные характеристики наноматериалов, дополнительно были проведены исследования элементного состава порошков оксида алюминия методом АЕС-ИСП. Результаты измерений представлены в таблице 2. Как видно из таблицы, содержание примесей химических элементов в порошковой субстанции наноструктурного Al_2O_3 незначительно.

Кроме того, элементный состав полученных порошков оксида алюминия практически не зависит от температуры конденсации T_n .

Таблица 2. Примеси химических элементов в порошках оксида алюминия (масс.%)

Химический элемент	Оксид алюминия (порошок) $T_n \sim 100^\circ \text{C}$ (тип I)	Оксид алюминия (порошок) $T_n \sim 300^\circ \text{C}$ (тип II)
Al	6,88	6,84
Cd	не обнаружен	не обнаружен
Pb	не обнаружен	не обнаружен
Cr	0,000027	0,000005
P	не обнаружен	не обнаружен
Sr	0,0004	0,000025
Si	0,27	0,21

Проведенные нами структурные исследования показали, что исследуемые порошки оксида алюминия (тип I, II, III), состоят из гранул с преимущественным размером 0,1-0,5 мкм. Размер структурных составляющих гранул во всех исследуемых порошках лежит в наноразмерной области, однако структура этих гранул наглядно отличается в зависимости от температуры осаждения оксида алюминия T_n (рис.1).

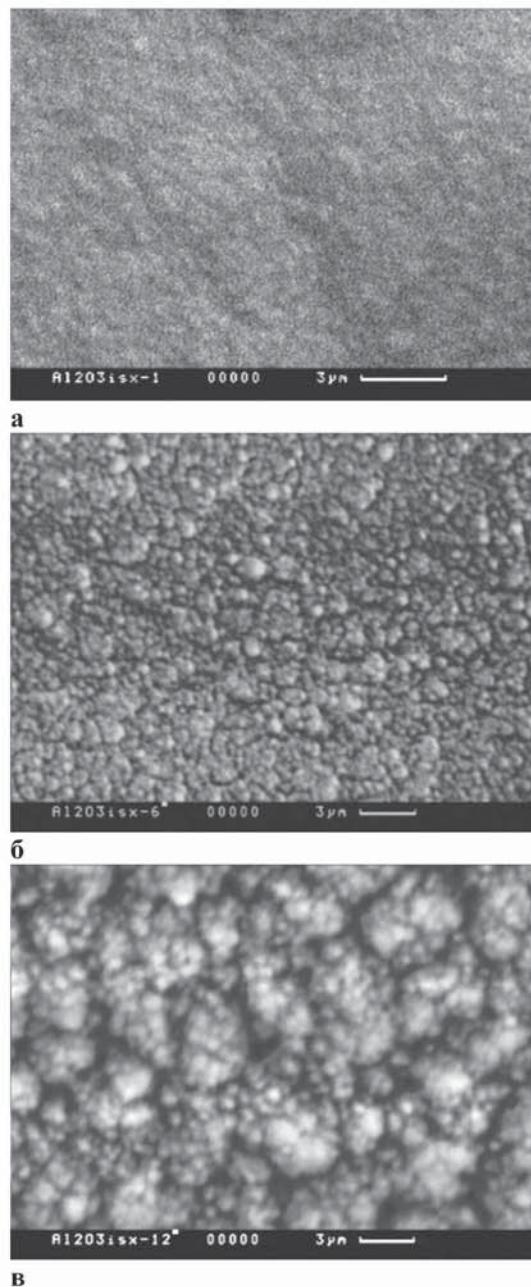


Рис. 1. Структура поверхности гранул оксида алюминия при различных температурах конденсации T_n : **а)** $T_n \sim 100^\circ \text{C}$ (тип I); **б)** $T_n \sim 300^\circ \text{C}$ (тип II); **в)** $T_n \sim 650^\circ \text{C}$ (тип III).

Гранулы характеризуются высокой дисперсностью и развитой поверхностью, состоят из зерен оксида алюминия, размер которых зависит от T_n и по оценкам, проведенным на основании данных просвечивающей электронной микроскопии составляет 10-20 нм ($T_n \sim 100^\circ \text{C}$ - тип I), 20-25 нм ($T_n \sim 300^\circ \text{C}$ - тип II) и 50-70 нм ($T_n \sim 650^\circ \text{C}$ - тип III). Кроме того, во всех трех случаях гранулы имеют пористую структуру, однако морфология пористости несколько отличается. При $T_n \sim 100^\circ \text{C}$ – преобладает внутрикristаллитная равноосная пористость (с преимущественным размером 4-7 нм), а при более высоких температурах $T_n \sim 300^\circ \text{C}$ и 650°C – дополнительно формируется еще и межкristаллитная пористость,

представляющая собой хорошо развитую сеть каналов и пор, размер которых соответственно от 50 нм и 200 нм (рис.1).

Исследование фазового состава полученных порошковых субстанций показало, что порошок оксида алюминия $Tn \sim 100^\circ C$ рентгеноаморфен (что является следствием мелкодисперсной структуры), порошковый оксид алюминия, полученный при $Tn \sim 300^\circ C$, наряду с рентгеноаморфной, имеет примесь (до 10 об %) γ -фазы Al_2O_3 , а оксид алюминия в случае $Tn \sim 650^\circ C$ обладает γ -структурой.

Водородный показатель (рН) воды – один из важнейших показателей качества воды. В зависимости от величины рН может изменяться скорость протекания химических реакций, степень коррозионной агрессивности воды, токсичность загрязняющих веществ и т.д. Скорость протекания химических реакций, токсичность растворов обусловлена окислительно-восстановительным потенциалом (Е) и водородным показателем (рН). Диаграммы М.Пурбе в наглядной форме показывают, какие химические частицы (ионы, молекулы) термодинамически устойчивы к окислению-восстановлению и кислотно-основным реакциям в зависимости от рН и Е [14,15]. Поверхностные характеристики дисперсионной среды и, таким образом, фильтрационные способности наноструктурного Al_2O_3 зависят от количества ионов H^+ и OH^- в модельном растворе. Диаграмма изменения рН в исследуемых растворах представлена на рис.2. Выявлено существенное увеличение рН после внесения наноструктурного Al_2O_3 во всех модельных растворах (исключение составлял модельный раствор с кадмием). Особенно выраженными изменения рН в сторону увеличения были для субстанции типа II для Cr^{3+} , Pb^{2+} , Sr^{2+} , Si^{2+} , PO_4^{3-} (рН 7,52-9,36). Увеличение рН свидетельствует о гидратировании поверхности наноструктурного Al_2O_3 (особенно тип II $Tn \sim 300^\circ C$) с октаэдрической конфигурацией $(M(H_2O)_6)^{+3}$ [15,16], что, в свою очередь, увеличивает сорбционную поверхность.

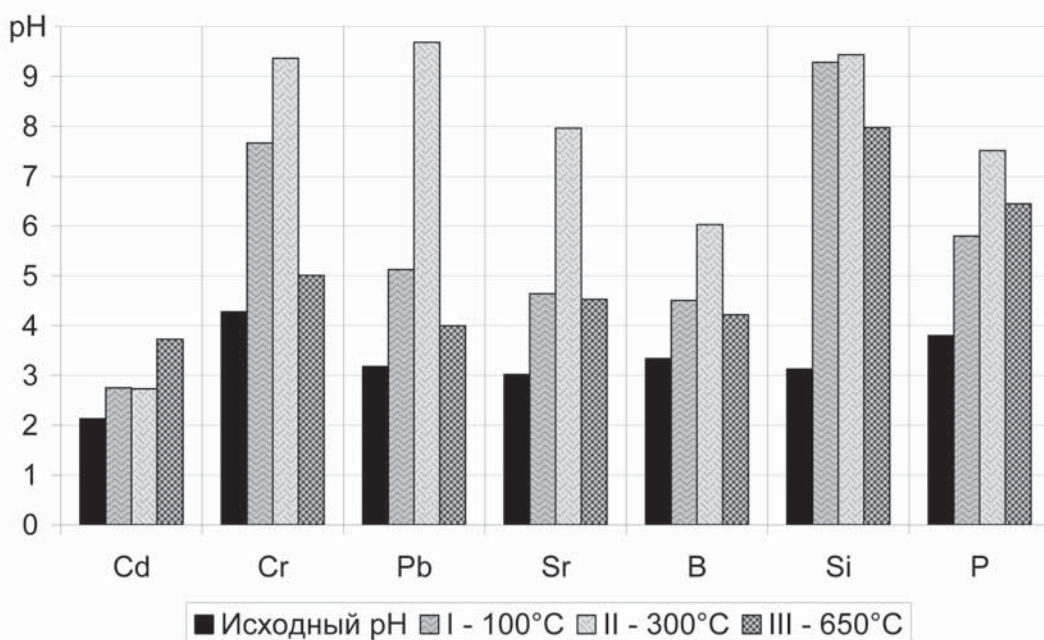
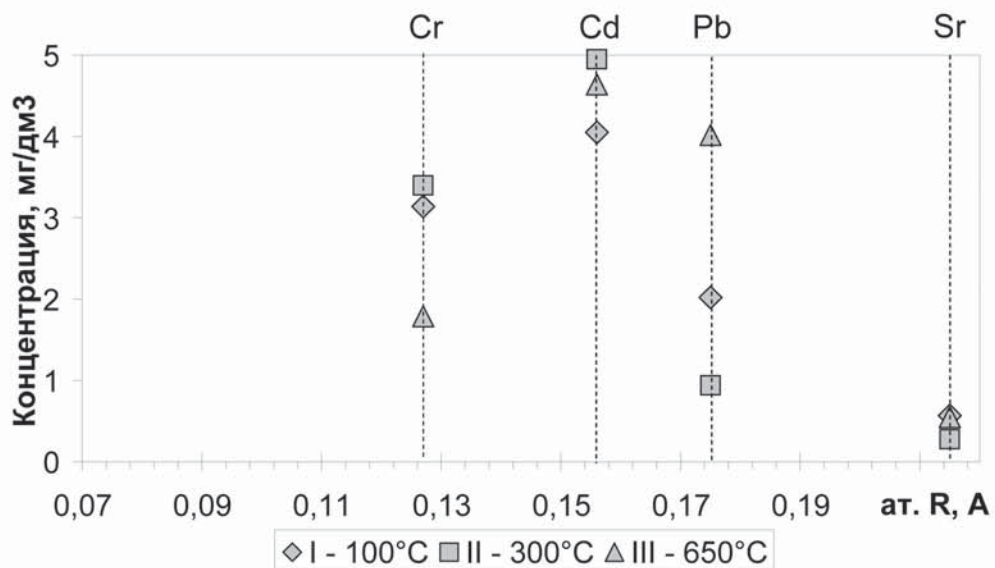


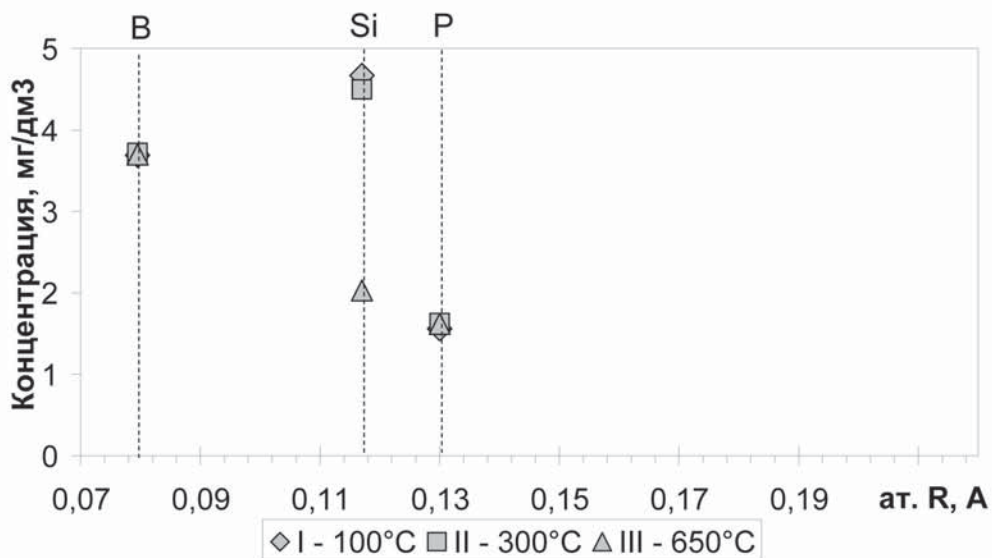
Рис. 2. Гистограмма изменения рН модельных растворов металлов и неметаллов после внесения наноструктурного Al_2O_3 с различной структурой.

Остаточное содержание исследуемых металлов и неметаллов в модельной среде после сорбции определяли методом АЕС-ИСП. Выявлена зависимость степени адсорбции от радиуса атома или иона адсорбата (рис. 3). Однако наиболее полная абсорбция наблюдалась для стронция (радиус атома 0,215 нм) и иона оксида фосфора (радиус иона 0,223 нм) в случае использования порошка тип II. Извлечение >90% наблюдалось при рН 7,53-7,97. Исходя из

строения молекул, можно предположить, что абсорбция ионов металлов может происходить за счет донорно-акцепторных взаимодействий на поверхности наноструктурного оксигидроксида алюминия, что подтверждается данными [17]. В целом же величину сорбции металлов можно ранжировать в следующем порядке по мере уменьшения радиуса иона: Sr → Pb → Cd → Cr, а для ионов неметаллов - P → B → Si. В последнем случае исключение составляет бор, который имеет радиус иона меньше радиуса иона кремния.



a)



б)

Рис. 3. Зависимости концентрации металлов (а) и неметаллов (б) от их атомных радиусов в модельных растворах после внесения порошков наноструктурного Al_2O_3 .

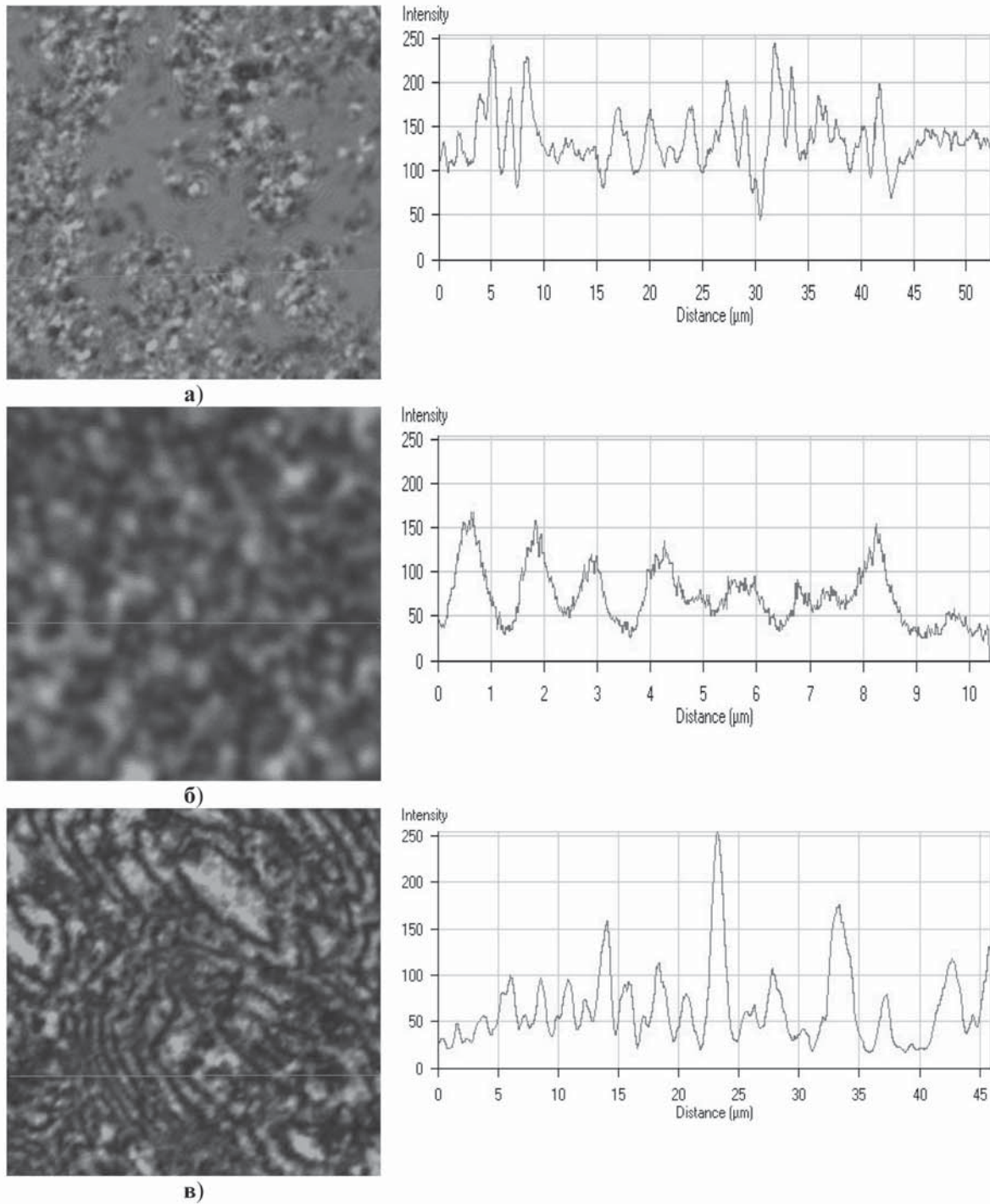


Рис. 4. Двумерное распределение отрагательной способности пленки наноструктурного оксида алюминия: **а)** $T_n \sim 100^\circ \text{C}$ (тип I), **б)** $T_n \sim 300^\circ \text{C}$ (тип II) с адсорбированным Sr^{2+} , **в)** $T_n \sim 300^\circ \text{C}$ (тип II) с адсорбированным PO_4^{3-} .

Из тех вариантов, где были замечены лучшие адсорбционные характеристики (меньшие показатели концентрации адсорбатов в растворе) были отобраны осадки для их исследования с помощью лазерного сканирующего конфокального и растрового электронного микроскопов. На основании полученных результатов, которые представлены на рис. 4 и рис. 5, можно судить о том, что характер осадков наноструктурного оксида алюминия с адсорбированным стронцием имеет схожую картину для типа I и типа II (рис. 4а и б). В обоих случаях сорбент с адсорбированным стронцием имеет вид агломератов равноосной формы размером до 1 мкм (рис. 4а,б). Более детальное исследование показало, что эти агломераты состоят из более мелких (средним размером ~ 100-200 нм) равноосных частиц (рис. 5а). Несколько иная структура осадка оксида алюминия типа III с адсорбированным стронцием (рис. 5б). Частицы имеют вытянутую игольчатую форму длиной до 0,8 мкм, толщиной 100-200 нм.

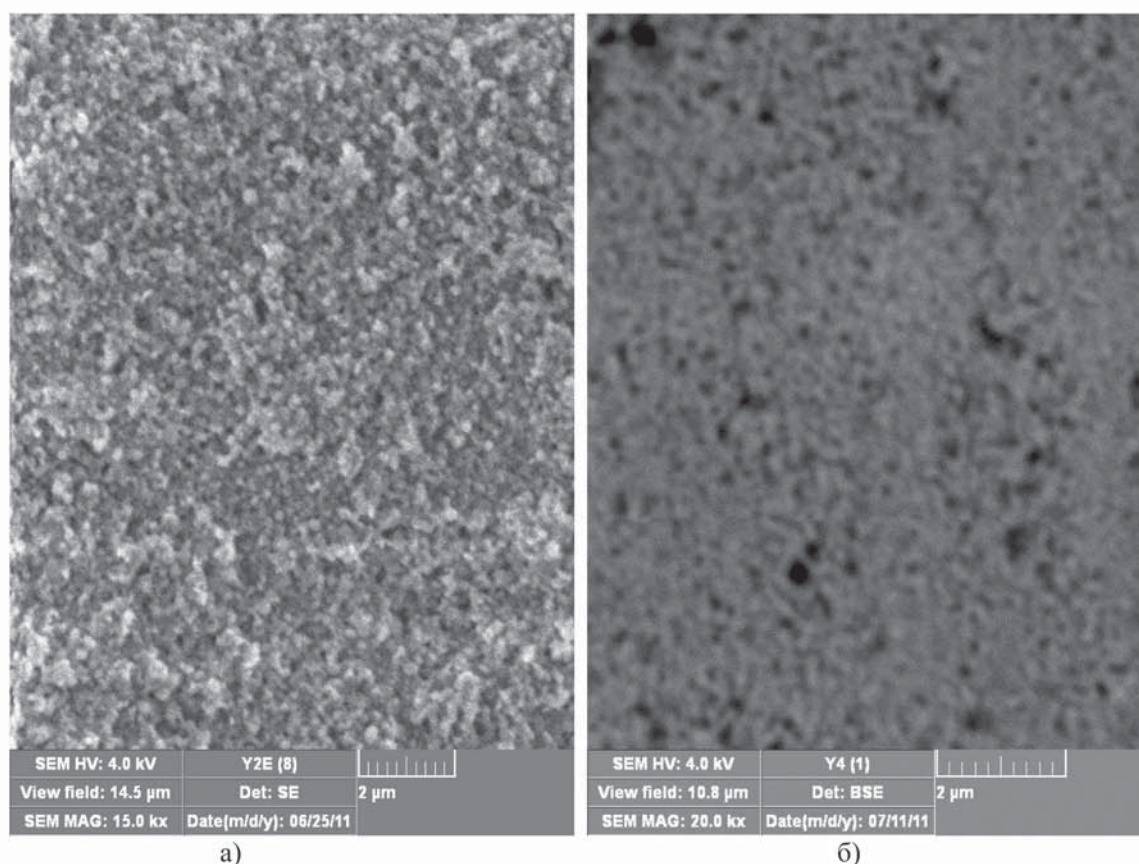


Рис 5. Структура осадков наноструктурного оксида алюминия с адсорбированным стронцием: а) $T_n \sim 300^\circ \text{C}$ (тип II); б) $T_n \sim 650^\circ \text{C}$ (тип III).

Отличается структура осадка и в случае адсорбции оксидом алюминия (тип II) ионов PO_4 . Агломераты выстраиваются в длинные закрученные цепочки (рис. 4в).

К сожалению, увидеть каким образом идет присоединение адсорбатов к сорбенту в рамках данной работы нам не удалось. Это было бы полезно для уточнения возможных механизмов адсорбции и является предметом дальнейших исследований.

Таким образом, проведенными исследованиями было установлено, что сорбция металлов зависит от морфологии пористости наноструктурного Al_2O_3 , в то время как сорбция неметаллов такой зависимости не показала. Высокой адсорбционной способностью обладает

наноструктурний Al_2O_3 с межкристаллитной пористостью (тип II и III) и размером частиц 20-70 нм. Важным для сорбционных возможностей было и то, что порошки наноструктурного оксида алюминия обладали γ -структурой (особенно тип III). При этом сорбционные свойства зависели от pH модельной среды. Высокое извлечение адсорбатов металлов и неметаллов лежало в диапазоне pH 7,53-7,97, что согласуется с данными литературы. Выявлена зависимость степени адсорбции от радиуса атома или иона адсорбата. Наиболее полная адсорбция наблюдалась в случае использования адсорбата с большим радиусом атома или иона (для стронция с радиусом атома - 0,215 нм и иона оксида фосфора с радиусом иона - 0,223 нм) и адсорбента с межкристаллитной пористостью (типом II). Проведенные пилотные исследования, позволяющие охарактеризовать структуру осадка, требуют дальнейших более тщательных исследований. Ясно одно, что наноструктурный оксид алюминия, полученный физическим методом, обладает хорошими адсорбционными свойствами, что дает нам основание полагать о перспективности использования этого материала как сорбента.

Выводы

1. Полученный методом электронно-лучевого испарения с последующей конденсацией парового потока в вакууме оксид алюминия является нанопористым сорбционно-активным материалом. Структура оксида алюминия определяет его адсорбционные свойства и может регулироваться технологическими параметрами.

2. Обнаружено, что внесение в большинство модельных сред наноструктурного Al_2O_3 оказывает существенное увеличение pH (за исключением растворов с кадмием), что свидетельствует о гидратации порошков наноструктурного Al_2O_3 , наиболее высокой для порошков типа II ($T_n \sim 300^\circ \text{C}$).

3. Методом АЕС-ИСП выявлена зависимость степени адсорбции от радиуса иона адсорбата. Величину сорбции металлов можно ранжировать в следующем порядке по мере уменьшения радиуса иона: $\text{Sr} \rightarrow \text{Pb} \rightarrow \text{Cd} \rightarrow \text{Cr}$, а для ионов неметаллов - $\text{P} \rightarrow \text{B} \rightarrow \text{Si}$.

4. Наноструктурный оксид алюминия, полученный методом EB PVD способен адсорбировать и удерживать на своей поверхности, как ионы металлов, так и неметаллов, что делает его перспективным материалом для очистки воды.

АДСОРБЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ НАНОСТРУКТУРНОГО ОКСИДУ АЛЮМІНІЮ, ОТРИМАНОГО ФІЗИЧНИМ ОСАДЖЕННЯМ З ПАРОВОЇ ФАЗИ

Л. А. Крушинська¹, Я. А. Стельмах¹, І. М. Андрусина², І. О. Голуб², В. Ф. Горчев³

1 - Інститут електродварювання ім. Є.О. Патона, Київ

2 - ДУ «Інститут медицини праці АМН України, Київ

3 - Інститут біохімії ім.А.В.Палладіна НАН України, Київ

e-mail: krushinskaya@paton-icebt.kiev.ua, irina_andrei@voliacable.com

У роботі вивчено сорбційні властивості порошків наноструктурного оксиду алюмінію, отриманого осадженням з парової фази на підкладку у діапазоні температур 100-650 °С, по відношенню до позитивно заряджених іонів металів та негативно заряджених іонів неметалів з різними іонними і атомними радіусами.

Порівняльне дослідження адсорбційної здатності наноструктурного оксиду алюмінію в залежності від структурних характеристик отриманих матеріалів показало, що вони адсорбують переважно позитивно заряджені іони металів. Виявлено високу сорбційну здатність порошків наноструктурного оксиду алюмінію в тих випадках, коли радіус іона

або атома був більший. У той же час встановлено, що адсорбція аніонів не залежить від структури оксиду алюмінію.

Показано, що наноструктурний оксид алюмінію здатний адсорбувати і утримувати на своїй поверхні як іони металів, так і неметалів, що робить його перспективним матеріалом для очищення води.

Ключові слова: наноструктурний оксид алюмінію, адсорбція, АЕС-ІЗП аналіз, рН, радіус атомів та іонів металів та неметалів.

ADSORPTION PROPERTIES OF NANOSTRUCTURED ALUMINUM OXIDE OBTAINED BY PHYSICAL VAPOR DEPOSITION

L. Krushinska¹, Y. Stelmax¹, I. Andrusishina², I. Golub², V. Gorchev³

1- E.O. Paton Electric Welding Institute of NAS of Ukraine, Kyiv

2 - Institute of Occupational Health of AMS of Ukraine, Kyiv

3 - Palladin Institute of Biochemistry of NAS of Ukraine, Kyiv

e-mail: krushinskaya@paton-icebt.kiev.ua, irina_andrei@voliacable.com

Sorption properties of nanostructured powders of aluminum oxide, obtained by EB PVD at condensation temperatures 100-650° C, with respect to positively charged metal ions and negatively charged ions of non-metals with different ionic and atomic radius were studied.

A comparative study of the adsorption capacity of nanostructured aluminum oxide, depending on the structural characteristics of the obtained materials revealed that it adsorbs predominantly positively charged metal ions. It appears that high sorption capacity of the nano-alumina takes place with ion or atom radiuses increased. However, the adsorption of anions does not depend on the structure of aluminum oxide.

It is revealed that nanostructured alumina can adsorb and retain on its surface metal and nonmetal ions, which makes it a promising material for water purification.

Key words: nanostructured powders of aluminum oxide, adsorption, AES-ICP analysis, pH, radius of atoms and ions of metals and nonmetals.

Список литературы:

1. Кундиев Ю. И. Химическая безопасность в Украине / Ю. И. Кундиев, И. М. Трахтенберг. — К. : Авиценна, 2007.— 72 с.
2. Андрусишина І. М. Порівняльний аналіз застосування методів ААС та АЕС-ІЗП при визначенні хімічних елементів у воді різного призначення / І. М. Андрусишина, О. Г. Лампека, І. О. Голуб // Вода і водоочисні технології. — 2010. — №1. — С. 17—24.
3. Прокопов В. О. Гігієнічна оцінка централізованого господарсько-питного водопостачання України / В. О. Прокопов, О. М. Кузьмінець, В. А. Соболь // Довкілля та здоров'я. — 2008. — №4, (47). — С. 14 — 18.
4. ДСТУ ГОСТ 27384-2005 Вода. Нормы погрешности измерений показателей состава и свойств / Надано чинності 01.01.2004. — К. : Держспоживстандарт України, 2004.— 5 с.
5. Андрусишина І. Н. Наночастицы металлов: способы получения, физико-химические свойства, методы исследования и оценка токсичности // Современные проблемы токсикологии. — 2011. — №3. — С. 17 — 29.
6. Мовчан Б. А. Электронно-лучевая нанотехнология и новые материалы в медицине – первые шаги // ВІСНИК фармакології та фармації. — 2007. — №12. — С. 5 — 13.
7. Крушинская Л. А. Структура и некоторые свойства толстых конденсатов оксида алюминия, получаемых электронно-лучевым испарением и осаждением паровой фазы в вакууме / Л. А. Крушинская, Я. А. Стельмах // Наносистемы,

- наноматериалы, нанотехнологии. (Збірник наукових праць) «Академперіодика», Київ. — 2010. — Т.8, №4. — С. 1003 — 1014.
8. *Мовчан Б. А.* Электронно-лучевая технология испарения и осаждения из паровой фазы неорганических материалов с аморфной, нано и микро размерной структурой // Наносистемы, наноматериалы, нанотехнологии. (Збірник наукових праць) «Академперіодика», Київ. — 2004. — Т. 2, №4. — С. 1103 — 1125.
 9. *Яковчук К. Ю.* Лабораторная электронно-лучевая установка для осаждения из паровой фазы неорганических материалов с аморфной, нано- и микро размерной структурой / К. Ю. Яковчук, Я. А. Стельмах // Материалы конференции НАНСИС 2004, 12-14 октября, г. Киев. — С. 387.
 10. *Томсон М.* Руководство по спектрометрическому анализу с индуктивно связанной плазмой / М. Томсон, Д. Н. Уолш. — М. : Недра, 1988. — 288 с.
 11. Визначення 33 елементів методом атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою у воді. ДСТУ ISO 11885:1996. — К. : Держспоживстандарт України, 2007. — 14 с.
 12. *Антомонов М. Ю.* Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М. Ю. Антомонов. — К. : ФМД, 2006. — 558 с.
 13. *Поконова Ю. В.* Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ / Ю. В. Поконова. — Ч.1. — Раздел 8 «Неорганические сорбенты», 2002. — 988 с.
 14. Водоподготовка : справочник / под. ред. С. Е. Беликова. — М. : Аква-Терм, 2007. — 240 с.
 15. *Ершов Ю. А.* Механизмы токсического действия неорганических соединений / Ю. А. Ершов, Т. В. Плетнева. — М. : Медицина, 1989. — 272 с.
 16. *Григов'єва В. В.* А. Загальна хімія / В. В. Григов'єва, В. М. Самійленко, А. М. Сич, О. Голуб. — К. : Вища школа, 2009. — 471 с.
 17. *Ложкомоев А. С.* Адсорбция отрицательных ионов эозина, молекул танина и латексных сфер на нановолокнах оксигидроксида алюминия / А. С. Ложкомоев, Г. Г. Савельев, Н. В. Сваровская, М. И. Лернер // Журнал прикладной химия, 2009. — Т.82. — Вып.4. — С. 588 — 593.