

УДК 546.05 + 541.183

**Е.О.Куделко, Т.В.Мальцева, В.Н.Беляков****АНИОНООБМЕННЫЕ СВОЙСТВА ОКСИГИДРАТОВ СОСТАВА  $M_xAl_{1-x}O_y \cdot nH_2O$ , M — Zr, Ti, Sn**

Исследована сорбция оксигидратами состава  $M_xAl_{1-x}O_y \cdot nH_2O$  и рассчитаны величины коэффициентов распределения анионов Cr(VI) и As(V). Найдено, что при поглощении из кислых сред коэффициенты распределения находятся в интервале  $3-10 \cdot 10^3$ . В щелочных средах наблюдается падение селективности. Величины максимальной адсорбции ионов Cr(VI), As(V) снижаются как минимум в три раза. Из полученных зависимостей ионной проводимости от объемной концентрации анионов Cr(VI), As(V) рассчитаны величины заряда и определены ионные формы поглощенных ионов.

*ВВЕДЕНИЕ.* Оксиданионы мышьяка и хрома являются токсичными, хорошо растворимыми и легкоподвижными анионами в водной среде. Попадание, накопление и распространение таких соединений в окружающей среде является опасным для живых организмов. Выброс сточных вод с примесями элементов Cr, As и их соединений строго регламентируется нормативами по их содержанию в сточных водах и отходах промышленных предприятий. Следует отметить, что соединения мышьяка содержатся и в подземных водах, используемых зачастую в качестве питьевой воды. Методы удаления мышьяксодержащих соединений из воды рассмотрены в некоторых обзорах [1, 2]. Исследования по удалению оксиданионов хрома из водных растворов как природными [3], так и синтезированными [4] сорбентами в основном связаны с актуальностью утилизации промывных вод гальванических предприятий.

Эффективность применения сорбционных технологий для извлечения токсичных или ценных компонентов определяется прежде всего поглощательными и селективными свойствами материалов, которые используются в качестве сорбентов. В последнее время как перспективные сорбенты рассматриваются неорганические оксидные гидратированные материалы. Показано, что такие соединения могут поглощать как катионы, так и анионы в зависимости от pH среды [5].

Целью данного исследования было изучение анионообменных свойств оксигидратов состава

$M_xAl_{1-x}O_y \cdot nH_2O$ , где M — Zr, Ti, Sn, по отношению к оксиданионам Cr(VI) и As(V) из растворов с pH 2.5 и 9.4—10.5. В задачи исследования входило изучение ионной проводимости оксигидратных материалов в зависимости от величины поглощения анионов.

*ЭКСПЕРИМЕНТ И ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ.* Оксигидратные сорбционные материалы получали из монокомпонентных (индивидуальный) и бикомпонентных (бинарные) растворов солей через стадию гелеобразования с последующей термообработкой. Для синтеза бинарных оксигидратов золь-гель методом использовали растворы, содержащие 1 M солей  $AlCl_3$ ,  $ZrO(NO_3)_2$ ,  $SnCl_4$  или  $TiCl_4$ , с применением гелеобразователей. Для получения бинарных оксигидратов на основе оксидов алюминия и циркония использовали разные исходные соли циркония (образец  $Zr_{0.5}Al_{0.5}O_y \cdot nH_2O^*$  был получен с применением  $ZrO(NO_3)_2 \cdot 5H_2O$ , а  $Zr_{0.5}Al_{0.5}O_y \cdot nH_2O^{**}$  —  $ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$ ). Для гелеобразования в реакционную смесь добавляли растворы уротропина (2 M) и мочевины (6 M). Синтез проводили следующим образом: растворы исходных веществ в молярном соотношении 1:1 помещали в реактор, добавляли гелеобразующие компоненты, интенсивно перемешивали, а после этого оставляли до образования геля. Полученный гель выдерживали в течение 5 сут, а затем разделяли на куски и отмывали от примесей солей дистиллированной водой. Для удаления воды использовали азеотропную сушку геля

в растворе бензола (термообработка при 70 °С). Полученные гранулы сорбционных материалов промывали дистиллированной водой до нейтрального значения промывных вод и досушивали на воздухе при комнатной температуре. Для сорбционных экспериментов отбиралась фракция 0.25—0.5 мм.

Для установления химического состава индивидуальных и бинарных оксигидратных материалов их сплавляли с  $K_2CO_3$  или  $Na_2CO_3$ , а потом определяемые металлы выщелачивали соляной и азотной кислотами. При проведении количественного анализа содержание титана в пробах определяли колориметрически, а алюминия, циркония и олова — титриметрически с Трилоном Б.

Кривые потери массы воды ДТА и TG оксигидратов записывали на приборе Derivatograph Q-1500 D (система Паули–Паули–Эрдей) при скорости нагрева 5 °С/мин. По TG-кривым рассчитывали содержание связанной воды. Удельную поверхность  $S_{уд}$  и параметры пористой структуры определяли методом термической десорбции азота (ТДА) с помощью прибора Autosorb-6B.

Для получения зависимостей удельного заряда поверхности от рН использовали метод потенциометрического титрования. Навески сорбентов 0.5 г заливали 50 см<sup>3</sup> раствора 0.12 М  $KNO_3$  с начальными значениями рН, установленными путем добавления 0.05 М  $HNO_3$  или 0.05 М  $KOH$ . После перемешивания при температуре 18 °С и установления ионообменного равновесия измеряли равновесные значения рН растворов с помощью иономера И-160 М. Величины поверхностной плотности положительно и отрицательно заряженных ОН-групп  $X(-SOH_2^+)$ ,  $X(-SO^-)$  рассчитывали как концентрацию поглощенной оксигидратом кислоты (щелочи) на единицу веса оксигидрата.

Удельный заряд поверхности рассчитывали по формуле:

$$\sigma = F \cdot (X_1 - X_2) \cdot S^{-1}, \quad (1)$$

где  $\sigma$  — удельный заряд поверхности, Кл·м<sup>-2</sup>;  $F$  — число Фарадея;  $S$  — удельная поверхность, м<sup>2</sup>·г<sup>-1</sup>,

$$X_1 = X(-SOH_2^+) = (10^{-pH_1} - 10^{-pH_2}) \cdot V \cdot G^{-1}; \quad (2)$$

$$X_2 = X(-SO^-) = (10^{-pOH_1} - 10^{-pOH_2}) \cdot V \cdot G^{-1}, \quad (3)$$

где  $pH_1$  ( $pOH_1$ ) — исходное и  $pH_2$  ( $pOH_2$ ) — конечное (равновесное) значения рН ( $pOH$ ) рас-

вора;  $G$  — навеска адсорбента, г;  $V$  — объем раствора, см<sup>3</sup>.

Значением рН ТНЗ считали точку пересечения полученной зависимости с осью абсцисс. Эффективную величину максимальной плотности положительно заряженных групп на поверхности определяли потенциометрическим титрованием при исходном значении рН в области 1.9—2.2.

Адсорбцию ионов  $Cr(VI)$  и  $As(V)$  из  $10^{-5}$ – $10^{-3}$  М растворов  $K_2Cr_2O_7$  и  $NaH_2AsO_4$  исследовали при соотношении твердой и жидкой фаз 1:100. В исходных растворах предварительно задавали значения рН: 2.5 или 10.5 (9.4 для ионов  $As(V)$ ), добавляя 1 М растворы  $KOH$  ( $NaOH$ ) или  $HCl$ . Исходную и равновесную величины рН растворов измеряли при помощи лабораторного иономера И-160 М. Анализ исходных и равновесных (после сорбции) растворов на содержание ионов  $Cr(VI)$  и  $As(V)$  проводили с помощью метода атомно-абсорбционной спектроскопии. В опытах со щелочными растворами использовали также спектрофотометрический метод анализа при длине волны  $\lambda(CrO_4^{2-}) = 363$  нм. Коэффициент распределения рассчитывали в соответствии с уравнением [6]:

$$K_d = \frac{\bar{C}_i}{C_i}, \quad (4)$$

где  $\bar{C}_i$  — содержание ионов в фазе оксигидрата, моль·г<sup>-1</sup>;  $C_i$  — содержание ионов в равновесном растворе, моль·мл<sup>-1</sup>.

Кинетику поглощения ионов  $Cr(VI)$  изучали по адсорбции из 0.001 М раствора хромата калия. С помощью полученных кинетических кривых определяли время полуобмена ( $t_{0.5}$ , с) и рассчитывали коэффициенты диффузии  $D$  по уравнению [6]:

$$\bar{D} = 0.03 \frac{d^2}{4t_{0.5}}, \quad (5)$$

где  $t_{0.5}$  — время полуобмена, с;  $d$  — диаметр частиц оксигидрата, м.

Для определения удельной электропроводности оксигидратов их насыщали ионами из 0.001 М  $K_2Cr_2O_7$ ,  $NaH_2AsO_4$ . После установления сорбционного равновесия оксигидрат отфильтровывали, промывали дистиллированной водой, погружали в ячейку с титан-платинированными электродами и измеряли сопротивление, используя потенциостат AUTOLAB с Frequency response analyzer на переменном токе в диапазоне частот от 10 до 100000 Гц. Удельное сопротивление системы

Т а б л и ц а 1

**Сорбционно-структурные характеристики оксигидратов**

Оксигидрат	$S_{БЭТ}, м^2 \cdot г^{-1}$		$V_{\text{микропор}}$	$V_{\text{пор}}$	$\langle r_{\text{пор}} \rangle$	$\langle r_{\text{микропор}} \rangle$
	150 °C	190 °C				
$Al_2O_3 \cdot nH_2O$	—	385	0.18	0.16	13.2	8.4
$Sn_{0.7}Al_{0.3}O_y \cdot 2H_2O$	315	—	0.10	0.12	10.9	8.4
$Zr_{0.7}Al_{0.3}O_y \cdot 4H_2O^{**}$	114	—	0.04	0.05	11.4	8.1
$Zr_{0.7}Al_{0.3}O_y \cdot 4H_2O^*$	290	345	0.12	0.14	10.7	8.3
$Ti_{0.5}Al_{0.5}O_y \cdot 1H_2O$	272	427	0.13	0.17	12.9	18.7

оксигидрат—раствор (Ом) пересчитывали в удельную проводимость ( $См \cdot м^{-1}$ ) по формуле:

$$\sigma = C/R_{\text{изм}} \cdot 100, \quad (6)$$

где  $C = 0.45, см^{-1}$  — постоянная ячейки;  $R_{\text{изм}}$  — измеренное сопротивление, Ом.

В табл. 1 приведены сорбционно-структурные характеристики бинарных оксигидратов. Все они характеризуются высокой долей микропор и близкими величинами преобладающего радиуса пор в области 1 нм. При изучении адсорбции и десорбции азота на бинарных оксигидратах было обнаружено, что увеличение температуры активации образцов перед снятием изотерм приводит к увеличению рассчитанной величины удельной поверхности. Это связано, по-видимому, с большой концентрацией структурной и хемосорбированной воды, для полного удаления которой требуется еще более высокая температура. Изменение величины удельной поверхности в диапазоне температур 150—190 °C составляет 30—40 %.

Величины содержания связанной воды в образцах оксигидратов (рис. 1) по данным термограмм и химического анализа, приведенным в табл. 2, находятся в хорошем соответствии.

Анализ полученных данных показывает сходство TG-кривых потери веса для образцов  $Sn_{0.7}Al_{0.3}O_y \cdot nH_2O$  и  $Ti_{0.5}Al_{0.5}O_y \cdot nH_2O$ , а также одинаковое количество содержащейся связанной воды. Аналогичное поведение наблюдается и для материалов  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$  и  $Zr_{0.7}Al_{0.3}O_y \cdot nH_2O^*$ . Схожесть термического поведения оксигидратов свидетельствует о подобии строения и образующихся химических связей для полимерных структур  $Sn_{0.7}Al_{0.3}O_y \cdot nH_2O$  и  $Ti_{0.5}Al_{0.5}O_y \cdot nH_2O$  (термостойкость до 350 °C); а также  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$  и

$Zr_{0.7}Al_{0.3}O_y \cdot nH_2O^*$  (термостойкость до 500 °C). Исходя из полученных результатов дифференциально-термического анализа можно также сделать вывод о высокой концентрации связанной воды в оксигидратах.

Как известно, на зарядовую селективность поглощения ионов оксигидратными ионообменными материалами из растворов с нейтральным значением pH влияет положение точки нулевого заряда  $pH_{\text{ТНЗ}}$  [7]. Все бинарные оксигидраты по положению точки нулевого заряда могут

быть отнесены к анионообменным материалам (рис. 2, табл. 3). Характер зависимостей величины заряда поверхности бинарных оксигидратов от pH

Т а б л и ц а 2

**Содержание структурной воды (%): химический и термический анализ**

Оксигидрат	Химический анализ	ДТА
$Al_2O_3 \cdot 2H_2O$	35	34
$Zr_{0.7}Al_{0.3}O_y \cdot 4H_2O^{**}$	39	41
$Zr_{0.7}Al_{0.3}O_y \cdot 4H_2O^*$	39	41
$Sn_{0.7}Al_{0.3}O_y \cdot 2H_2O$	32	32
$TiO_2 \cdot 2H_2O$	33	35
$Ti_{0.5}Al_{0.5}O_y \cdot 1H_2O$	32	33

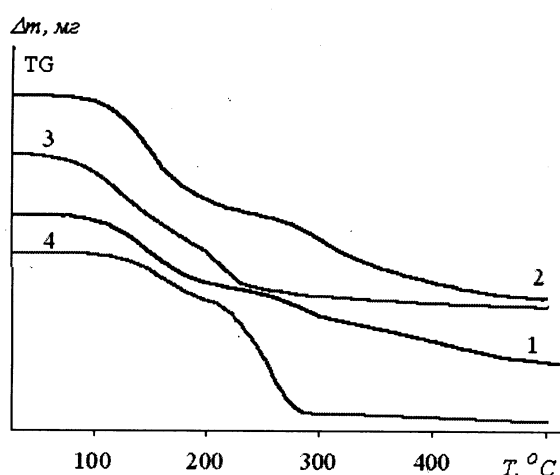


Рис. 1. TG-кривые оксигидратов: 1 —  $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ ; 2 —  $Zr_{0.7}Al_{0.3}O_y \cdot nH_2O^*$ ; 3 —  $Sn_{0.7}Al_{0.3}O_y \cdot nH_2O$ ; 4 —  $Ti_{0.5}Al_{0.5}O_y \cdot nH_2O$ .

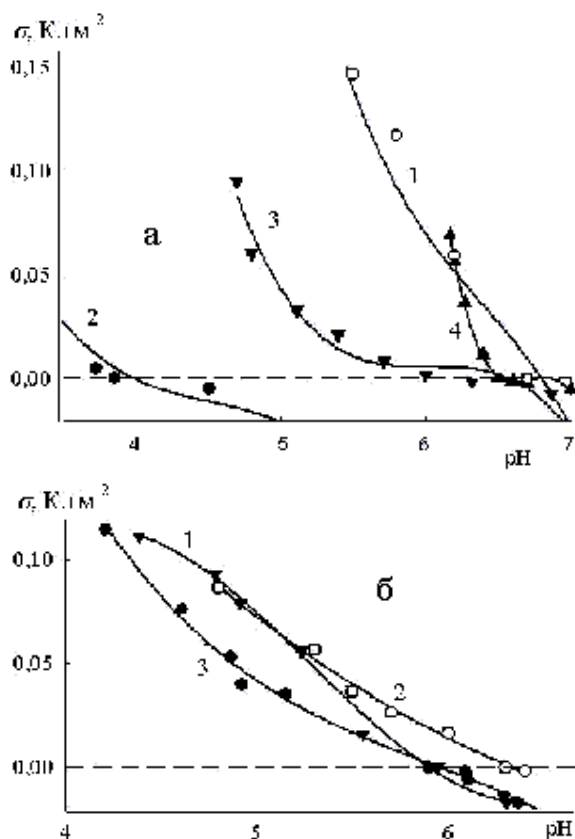


Рис. 2. Зависимости заряда поверхности индивидуальных (а) и содержащих  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (б) оксигидратов  $\text{M}_x\text{Al}_{1-x}\text{O}_y \cdot n\text{H}_2\text{O}$  от равновесной величины рН раствора, М: 1 — Zr; 2 — Sn; 3 — Ti; 4 — Al.

обусловлен, по-видимому, высокой концентрацией структурной и хемосорбированной воды в изучаемых оксигидратах.

На это указывает, прежде всего, непрерывное изменение емкости двойного электрического слоя ( $\delta\sigma/\delta\text{pH}$ ) по мере отклонения рН от рН ТНЗ, как если бы титровалась поверхность с несколькими различными значениями рН протонирования. Вероятно, по мере увеличения потенциала поверхности (величины отклонения рН от рН ТНЗ) возрастает степень взаимодействия однозарядных ионов с поверхностными группами при постепенном уменьшении количества молекул воды между поверхностной группой и адсорбирующимся ионом. По отношению к однозарядным анионам  $\text{Cr(VI)}$ , как следует из кривых потенциометрического титрования в области равновесных значений рН 4—6, бинарные оксигидраты проявляют сходные адсорбционные свойства. Величина коэффициента

распределения анионов  $\text{Cr(VI)}$ , рассчитанная из изменения величины рН и равновесной концентрации  $\text{HCl}$ , составляет  $4 \cdot 10^3$  для бинарного оксигидрата  $\text{Ti}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{O}_y \cdot \text{H}_2\text{O}$  и  $1 \cdot 10^4$  — для оксигидратов  $\text{Zr}_{0.7}\text{Al}_{0.3}\text{O}_y \cdot 4\text{H}_2\text{O}^*$  и  $\text{Sn}_{0.7}\text{Al}_{0.3}\text{O}_y \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Так как анализ растворов на содержание ионов  $\text{Cr(VI)}$  не проводили, приведенный расчет является гипотетическим. В табл. 3 представлены предельные значения анионообменной емкости, величины концентрации поверхностных групп и рН ТНЗ.

Т а б л и ц а 3

Предельные значения анионообменной емкости, удельная поверхность, величины концентрации поверхностных групп и рН ТНЗ

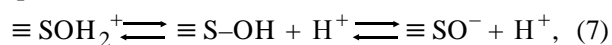
Оксигидрат	$X(\text{SOH}_2^+)$ , ммоль·г <sup>-1</sup>	$S_d$ , м <sup>2</sup> ·г <sup>-1</sup> (150 °С)	$N_{S_2}$ , нм <sup>-2</sup>	рН ТНЗ
$\text{Zr}_{0.7}\text{Al}_{0.3}\text{O}_y \cdot 4\text{H}_2\text{O}^{**}$	0.8	114	4	6.1
$\text{Zr}_{0.7}\text{Al}_{0.3}\text{O}_y \cdot 4\text{H}_2\text{O}^*$	0.7	290	2	6.0
$\text{Sn}_{0.7}\text{Al}_{0.3}\text{O}_y \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.7	315	1	5.9
$\text{Ti}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{O}_y \cdot \text{H}_2\text{O}$	0.6	272	1	6.3

На рис. 3 приведены зависимости поглощения анионов  $\text{Cr(VI)}$  бинарными оксигидратами из растворов  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  с исходной величиной рН 2.5 от логарифма концентрации равновесного раствора. При поглощении анионов хрома из щелочных сред для оксигидратов были обнаружены более высокие значения коэффициентов распределения в диапазоне равновесных концентраций  $C < 1 \cdot 10^{-4}$  М, которые, вероятно, могут относиться к поверхностному комплексообразованию при сдвиге равновесных значений рН в область более низких значений. Это подтверждается наблюдаемыми значениями равновесной величины рН растворов.

Рассчитанные величины коэффициентов распределения ионов  $\text{Cr(VI)}$  и величины коэффициентов диффузии ионов, полученные из кинетических зависимостей, представлены в табл. 4. Коэффициенты распределения ионов  $\text{Cr(VI)}$  при поглощении из кислых растворов бинарными оксигидратами находятся в достаточно широком диапазоне, что указывает на некоторые функциональные отличия полученных композиционных бинарных оксигидратов. Коэффициенты диффузии ионов  $\text{Cr(VI)}$  соответствуют значению  $0.1 \cdot 10^{11}$  м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup> для всех бинарных оксигидратов.

Известно [8], что в кислой среде хромат-ион переходит в бихромат-ион  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , а под действием щелочи бихромат-ион превращается в хромат-ион  $\text{CrO}_4^{2-}$ . При  $\text{pH} > 6.0$  преобладающей формой ионов является хромат-ион  $\text{CrO}_4^{2-}$ . В диапазоне кислотности  $\text{pH}$  2.0—6.0 ионные формы  $\text{HCrO}_4^-$  и  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  находятся в растворе в равновесии.

Схема образования заряда поверхности оксигидратов может быть представлена реакциями протонирования и депротонирования поверхности  $\equiv \text{S}$ :



где  $\equiv \text{SOH}_2^+$ ,  $\equiv \text{S-OH}$ ,  $\equiv \text{SO}^-$  — протонированные, нейтральные и депротонированные поверхностные группы. В условиях кислой среды поверхность оксигидратов протонирована и имеет поло-

Т а б л и ц а 4

Исходные и равновесные значения  $\text{pH}$  растворов, коэффициенты распределения и диффузии адсорбированных ионов  $\text{Cr(VI)}$

Оксигидрат	$\text{pH}_1$	$\text{pH}_2$	$K_d \cdot 10^3$	$\bar{D} \cdot 10^{11}, \text{ м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$
$\text{Zr}_{0.7}\text{Al}_{0.3}\text{O}_y \cdot n\text{H}_2\text{O}^{**}$	2.5	3–4	13	0.1
	10.5	5–6	28	0.1
$\text{Zr}_{0.7}\text{Al}_{0.3}\text{O}_y \cdot 3\text{H}_2\text{O}^*$	2.5	3	7	—
	10.5	5–7	15	0.1
$\text{Sn}_{0.7}\text{Al}_{0.3}\text{O}_y \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2.5	3	5	0.1
	10.5	5–7	11	0.1
$\text{Ti}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{O}_y \cdot \text{H}_2\text{O}$	2.5	2	0.1	0.1
	10.5	7–8	0.2	0.1

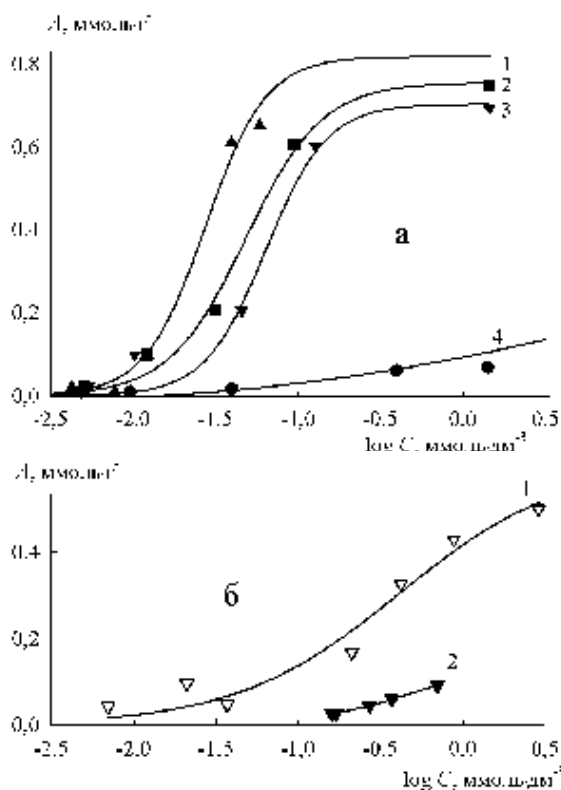


Рис. 3. а — Зависимости поглощения анионов  $\text{Cr(VI)}$  оксигидратами  $\text{Zr}_{0.7}\text{Al}_{0.3}\text{O}_y \cdot n\text{H}_2\text{O}^{**}$  (1),  $\text{Zr}_{0.7}\text{Al}_{0.3}\text{O}_y \cdot n\text{H}_2\text{O}^*$  (2),  $\text{Sn}_{0.7}\text{Al}_{0.3}\text{O}_y \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (3),  $\text{Ti}_{0.5}\text{Al}_{0.5}\text{O}_y \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (4),  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (5) при поглощении из кислых растворов; б — анионов  $\text{As(V)}$  оксигидратом  $\text{Sn}_{0.7}\text{Al}_{0.3}\text{O}_y \cdot n\text{H}_2\text{O}$  из кислых (1) и щелочных (2) растворов от логарифма концентрации равновесного раствора.

жительный заряд, в условиях щелочной среды гидроксильные группы депротонированы и поверхность приобретает отрицательный заряд.

При поглощении из щелочного раствора некоторая доля сорбционной емкости приходится на катионы раствора, так как при  $\text{pH}$  10.5 преобладает отрицательный заряд поверхности в соответствии со значениями точки нулевого заряда ( $\text{pH}$  ТНЗ), установленными для изучаемых оксигидратов. Результирующее изменение величины  $\text{pH}$  подтверждает предположение о значительном поглощении катионов раствора при исходном значении  $\text{pH}$  10.5.

Зависимости адсорбции ионов  $\text{As(V)}$  от логарифма концентрации равновесного раствора при поглощении из кислых и щелочных растворов также приведены на рис. 3. Рассчитанные коэффициенты распределения для ионов  $\text{As(V)}$  при поглощении из кислых растворов составляют  $6.2 \cdot 10^3$ , из щелочных —  $0.2 \cdot 10^3$ .

С использованием величины коэффициента диффузии  $\bar{D}$  из уравнений Нернста–Эйнштейна и общего уравнения электропроводности были рассчитаны теоретические зависимости проводимости оксигидратов от объемной концентрации поглощенных ионов для  $z$  1 и 2 (рис. 4). Экспериментальные точки, полученные для различных значений исходной  $\text{pH}$  раствора, позволяют сделать вывод о преимущественной форме, в которой происходит поглощение ионов, а именно, однозарядной формы в случае поглощения из кислых растворов ( $\text{HCrO}_4^-$ ) и двухзарядной ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) — из щелочных.

Величина проводимости оксигидрата  $\text{Sn}_{0.7}$

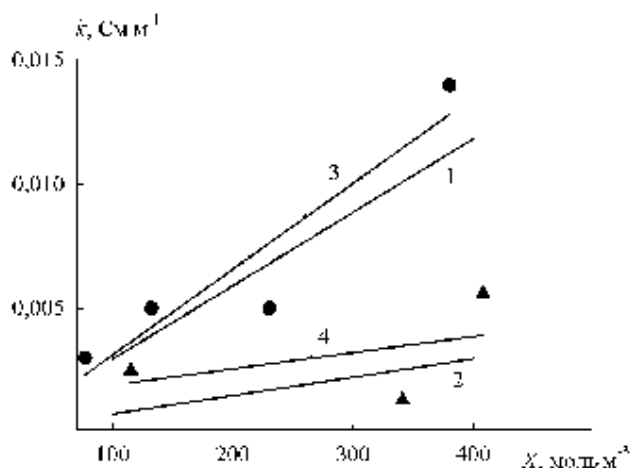


Рис. 4. Зависимости проводимости оксигидратов  $M_xAl_{1-x}O_y \cdot nH_2O$  после поглощения ионов Cr(VI) из растворов с pH 10.5 (1, 3) и 2.5 (2, 4): теоретические для  $z=1$  (2),  $z=2$  (1) и экспериментальные (3, 4).

$Al_{0.3}O_y \cdot 2H_2O$  после поглощения из 0.002 М растворов  $NaH_2AsO_4$  при переходе от щелочных растворов к кислым уменьшается от 0.008 до 0.003  $См \cdot м^{-1}$ , что также указывает на изменение преобладающей адсорбирующейся формы из  $HAso_4^{2-}$  в  $H_2AsO_4^-$ .

Таким образом, показано, что предложенный метод синтеза приводит к получению гидратированных сорбентов, способных поглощать анионы металлов Cr(VI), As(V) в широком диапазоне pH (2.5—10.5). Методом ДТА установлено, что в состав бинарных оксигидратов входит 30—40 % связанной воды. В результате анализа зависимостей ионной проводимости оксигидратов от сорбционных характеристик было установлено, что форма и заряд адсорбированного иона влияет на проводящие характеристики оксигидратных материалов. При этом проводящие свойства материалов сохраняются достаточными для использования таких материалов в электростимулированных методах, а именно, в электродеионизационном методе очистки воды.

РЕЗЮМЕ. Досліджено сорбцію та розраховано величини коефіцієнтів розподілу аніонів Cr(VI) та As(V) оксигідратів складу  $M_xAl_{1-x}O_y \cdot nH_2O$ , M — Zr, Ti, Sn. Знайдено, що при поглинанні з кислих середовищ коефіцієнти розподілу знаходяться в інтервалі  $3—10 \cdot 10^3$ . У лужних середовищах спостерігається зменшення селективності. Величини максимальної адсорбції іонів Cr(VI), As(V) знижуються як мінімум у три рази. З отриманих залежностей іонної провідності від об'ємної концентрації аніонів Cr(VI), As(V) розраховано величини заряду і визначено іонні форми поглинутих іонів.

SUMMARY. The sorption and distribution coefficients for anions Cr(VI) and As(V) of (hydr)oxides  $M_xAl_{1-x}O_y \cdot nH_2O$  was studied. It was found that adsorption from acidic media is in the range  $3—10 \cdot 10^3$ . In alkaline media there is a decline of selectivity. The adsorption capacity values for Cr(VI), As(V) are reduced at least for three times at alkaline conditions. It was calculated the values of charge and ionic forms and adsorbed ions from obtained dependences of the ionic conductivity and the concentration of anions Cr(VI), As(V).

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Viraraghavan T., Subramanian K.S., Aruldooss A.J. // Water Science Technol. -1999. -**40**, № 2. -P. 69—76.
2. Kiem B.Vu, Kaminski M.D., Nunez L. // Chem. Eng. Division. -2003. -P. 1—43.
3. Baran A., Bicak E., Baysal S., Onal S. // Bioresource Technol. -2006. -**98**. - P. 661-665.
4. Deliyanni E.A., Peleka E.N., Matis K.A. // J. Hazardous Materials. -2009. -**172**, № 2-3. -P. 550—558.
5. Lefevre G., Kneppers J., Fedoroff M. // J. Colloid and Interface Science. -2008. -**327**. -P. 15—20.
6. Helfferich F. Ion Exchange. -New York: Mc. Graw Hill Book Company, 1962.
7. Clearfield A. // Chem. Rev. -1988. -**88**, № 1. -P. 125—148.
8. Хомченко Г.П., Цитович И.К. Неорганическая химия. -М.: Высш. шк., 1987.