

УДК 541(49+64):546.62

## КОМПЛЕКСЫ ПОЛИ-1-ВИНИЛИМИДАЗОЛА И ИОНОВ АЛЮМИНИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

© 2002 г. В. В. Анненков, Е. А. Филина, Е. Н. Даниловцева,  
С. В. Федоров, Л. Н. Белоногова, А. И. Михалева

Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского Сибирского отделения Российской академии наук  
664033 Иркутск, ул. Фаворского, 1

Поступила в редакцию 01.10.2001 г.  
Принята в печать 14.03.2002 г.

Рассмотрено взаимодействие ионов алюминия с поли-1-венилимидаэзолом в водной среде в зависимости от степени гидролиза под действием NaOH. Методами потенциометрического титрования, ЯМР  $^{27}\text{Al}$  и ИК-спектроскопии установлено повышение содержания гидроксокомплексов  $\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}^{7+}$  и неактивных в ЯМР полимерных форм в растворе под действием поли-1-венилимидаэзола. При достижении двухкратного избытка щелочи по отношению к ионам алюминия обнаружено образование нерастворимого комплекса органического полимера и гидроокиси алюминия, стабилизированного водородными связями с участием пиридиновых атомов азота азольных звеньев. Данные рентгенофазового анализа указывают на подавление кристаллизации гидроокиси алюминия в присутствии поли-1-венилимидаэзола.

В последние годы существенно расширяется применение материалов на основе полиядерных гидроксокомплексов различных металлов (например, Al, Cr<sup>3+</sup>, Zr). Их используют в дизайне современных катализаторов, не содержащих благородных металлов [1, 2], компонентов селективных мембран [3, 4], биологически активных композиций [5, 6]. Особый интерес представляют композиционные материалы, состоящие из двух фракций – неорганической и органической, обычно полимерной [7, 8]. Повышенное внимание к композитам, сочетающим органические и неорганические компоненты на молекулярном уровне, связано с появлением у них уникальных свойств, отсутствующих у исходных веществ.

Цель настоящей работы – изучение взаимодействия ионов Al<sup>3+</sup> с поли-1-венилимидаэзолом (**ПВИ**) в водной среде и структуры образующихся композитов. ПВИ является водорастворимым полимером со слабоосновными свойствами. Основность ПВИ (pK<sub>0</sub> сопряженной кислоты 5.6 [9]) – промежуточная между основностью таких силь-

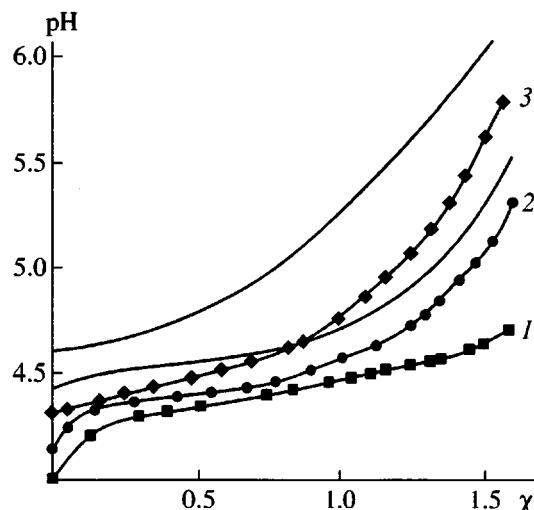
ных оснований, как амины, и очень слабых амидов и эфиров.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ПВИ получали радикальной полимеризацией 1-венилимидаэзола [10], его  $M = 1 \times 10^5$  по данным вискозиметрии [11]. Гидрохлорид ПВИ синтезировали пропусканием сухого HCl в этанольный раствор ПВИ. Соли алюминия [Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> · 9H<sub>2</sub>O и AlCl<sub>3</sub> · 6H<sub>2</sub>O] перекристаллизовывали из воды непосредственно перед использованием.

Для потенциометрического титрования применяли 0.01 М растворы Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> · 9H<sub>2</sub>O с различными количествами ПВИ. Титровали 0.1 М NaOH при  $20 \pm 0.05^\circ\text{C}$  с помощью иономера ЭВ-74. Добавление щелочи к растворам Al<sup>3+</sup>-ПВИ сопровождалось образованием геля или осадка при  $\chi = [\text{NaOH}] : [\text{Al}^{3+}] = 0.75–2.6$ . Кривые титрования для смесей Al<sup>3+</sup>-ПВИ лежат выше кривой для чистого Al<sup>3+</sup>, что могло быть связано как со взаимодействием компонентов, так и с проявлением основности ПВИ. В этой связи были рассчитаны теоретические кривые титрования смесей Al<sup>3+</sup>-ПВИ на основе модели “эффекта соседа” [12]. Для расчета

E-mail: annenkov@home.isu.ru (Анненков Вадим Владимирович).



**Рис. 1.** Кривые потенциометрического титрования нитрата алюминия (1) и его смесей с ПВИ, соотношение Al : ПВИ = 1 : 1 (2) и 1 : 2 (3). Кривые без точек рассчитаны теоретически в предположении отсутствия специфических взаимодействий ПВИ и алюминийсодержащих частиц. Использовали 0.01 М раствор  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  и 0.1 М  $\text{NaOH}$ .

использовали константы кислотности гидроокиси алюминия и сопряженной кислоты ПВИ, полученные из данных по титрованию нитрата алюминия раствором  $\text{NaOH}$  и ПВИ раствором  $\text{HCl}$ .

Спектры ЯМР  $^{27}\text{Al}$  записывали на спектрометре “Bruker DPX-400” при 104.27 МГц после 70 прохождений с релаксационной задержкой 5 с, импульс 90°. В качестве стандарта применяли 1 М раствор алюмината натрия, полученный растворением металлического алюминия в трехкратном избытке водной  $\text{NaOH}$ . При количественных измерениях использовали раствор алюмината в качестве внешнего стандарта, который калибровали по пяти стандартным растворам  $\text{AlCl}_3$  в 0.1 М  $\text{HCl}$ . В области 0 м. д. в спектрах наблюдали очень широкий сигнал от ядер алюминия, присутствующих в датчике спектрометра ЯМР. Этот сигнал удаляли путем вычитания или коррекции базовой линии. В случае высоких значений  $\chi$  исследуемые растворы нагревали при 60–70°C для растворения осадка. Все растворы перед записью спектров выдерживали 24 ч при 20°C.

Твердые образцы синтезировали осаждением из 0.1 М водных растворов солей алюминия добавлением 1 М  $\text{NaOH}$  при интенсивном перемешивании до достижения необходимой величины  $\chi$ . В экспериментах с ПВИ его добавляли к соли алюминия перед осаждением в виде 0.25 М раствор-

ра в эквимольном количестве. Для получения кристаллических продуктов использовали нитрат алюминия, выпавший осадок подвергали старению в маточном растворе в течение 5 суток при 60°C. Осадки отделяли фильтрованием и сушили в вакууме до постоянной массы. Содержание ПВИ определяли по данным элементного анализа на азот (образцы на основе  $\text{AlCl}_3$ ) и углерод (образцы на основе  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ). Для определения содержания алюминия навеску образца (0.05 г) разлагали нагреванием с 2 мл концентрированной  $\text{HNO}_3$ , растворяли в 25 мл 0.1 М  $\text{HNO}_3$  и измеряли концентрацию ионов  $\text{Al}^{3+}$  с помощью ЯМР.

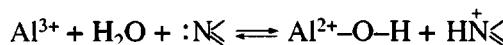
Спектры FTIR записывали на спектрометре “Bruker IFS-25” в таблетках с KBr. Рентгенофазовый анализ осуществляли на дифрактометре ДРОН-3М, излучение  $\text{CuK}_{\alpha}$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

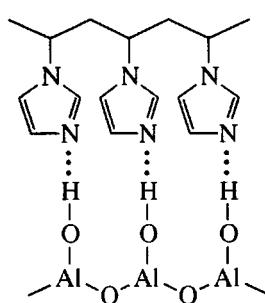
Введение ПВИ в водный раствор, содержащий ионы алюминия, может привести к изменению существующих равновесий путем следующих реакций.

**A.** Образование донорно-акцепторной связи  $\text{N} \rightarrow \text{Al}$ , как при реакции ПВИ с ионами переходных металлов [13].

**B.** Усиление гидролиза катионов алюминия за счет связывания выделяющихся протонов



**В.** Формирование кооперативной системы водородных связей с гидролизованными алюминиевыми частицами



При любом направлении реакции кислотно-основные свойства ПВИ и алюминийсодержащих частиц должны измениться, что может быть прослежено методом потенциометрического титрования. Используя данные по титрованию чистых ПВИ и  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ , вычислили теоретическую кривую титрования их смеси, моделируя соль алюминия и сопряженную кислоту ПВИ в рамках теории “эффекта соседа” [12]. Кривые титрования смешанных растворов (рис. 1) лежат существенно

ниже теоретических кривых, учитывающих реакцию Б. По-видимому, взаимодействие ПВИ с ионами алюминия происходит частично и по схеме В, так как в этом случае возрастает степень гидролиза  $\text{Al}^{3+}$  и часть азольных звеньев не участвует в кислотно-основном равновесии, что понижает pH по сравнению с модельными кривыми. При использовании вместо нитрата хлорида алюминия были получены аналогичные результаты.

Отсутствие связей  $\text{N} \rightarrow \text{Al}$  в водных растворах ПВИ– $\text{Al}^{3+}$  подтверждается неизменностью УФ-спектров ПВИ при добавлении  $\text{AlCl}_3$ , поскольку образование водородной связи  $\text{N}\cdots\text{H}-\text{O}-\text{Al}$  не должно приводить к существенной перестройке  $\pi$ -системы имидазольного кольца по сравнению с гидратированными звеньями ПВИ.

Существенная информация о состоянии ионов алюминия в растворе может быть получена с помощью спектроскопии ЯМР  $^{27}\text{Al}$  [14–16]. В водных растворах (рис. 2) наблюдаются сигналы от ионов  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$  ( $\text{Al}_1$ , 0 м. д.), центральных атомов полимерных гидроксокомплексов  $\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}^{7+}$  ( $\text{Al}_{13}$ , 62.5 м. д.) и алюмината  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$  (80 м. д.). При 0 м. д. находится также сигнал димера  $\text{Al}_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_8^{4+}$  ( $\text{Al}_2$ , [14]), совпадающий с сигналом катиона  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$ ; в настоящей работе определяли только общее содержание алюминия в мономерной и димерной форме. В области высоких  $\chi$  вблизи точки выпадения гидроокиси алюминия из раствора отмечено появление “ненаблюдаемых” в ЯМР-спектрах атомов алюминия, сигнал которых чрезвычайно уширен из-за ядерного квадрупольного эффекта при несимметричном окружении атома Al.

Полученные нами данные (табл. 1) указывают на нахождение всего алюминия в виде частиц  $\text{Al}_1$ ,  $\text{Al}_2$  и  $\text{Al}_{13}$  при отсутствии ПВИ в изученном интервале  $\chi = 0$ –1.5. Добавление ПВИ в раствор  $\text{AlCl}_3$  существенно изменяет соотношение между различными формами алюминия в растворе (табл. 1). Значительное количество ионов  $\text{Al}_{13}$  присутствует уже без добавления щелочи, с повышением  $\chi$  их содержание растет вплоть до перехода всего алюминия в  $\text{Al}_{13}$  при  $\chi = 1.15$ , после чего концентрация наблюдаемого алюминия в растворе падает. При эквимольном соотношении Al : ПВИ “ненаблюдаемые” формы алюминия появляются при  $\chi = 1.35$ , а в избытке ПВИ и при  $\chi = 1$ , причем их максимальное содержание достигает 70%. Эти результаты особенно интересны в сопоставлении с данными авторов [17], не отмечавшими падения

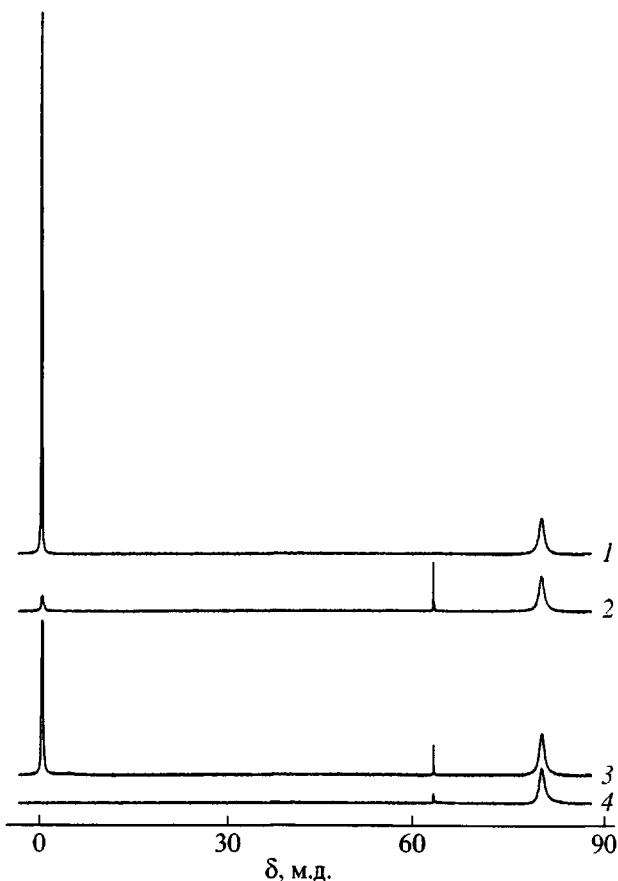


Рис. 2. Спектры ЯМР  $^{27}\text{Al}$  0.08 М растворов  $\text{AlCl}_3$  (1, 2) и растворов с добавлением эквимольного количества ПВИ (3, 4) при  $\chi = 0$  (1, 2) и 1.5 (2, 4). Спектры нормированы к одинаковой интенсивности сигнала стандарта.

эффективной концентрации алюминия даже при  $\chi = 1.9$  вблизи точки начала осаждения. Следует отметить, что в присутствии ПВИ изменяется только количественное соотношение интенсивностей сигналов, но не их форма или положение, что является еще одним подтверждением отсутствия непосредственного взаимодействия  $\text{N} \rightarrow \text{Al}$ , которое должно было бы существенно изменять вид спектров [18, 19].

Таким образом, в соответствии с данными ЯМР  $^{27}\text{Al}$ , введение ПВИ в раствор, содержащий ионы алюминия, благоприятствует образованию гидроксокомплексов  $\text{Al}_{13}$ . При высоких степенях нейтрализации ионов  $\text{Al}^{3+}$  происходит превращение  $\text{Al}_{13}$  под действием ПВИ в полимерные формы гидроокиси алюминия, ненаблюдаемые в спектрах растворов.

Комpleксы ПВИ с ионами Al растворимы в воде при  $\chi < 1.5$ ; в области  $\chi = 1.5$ –2.0 происходит

**Таблица 1.** Содержание различных форм алюминия в водных растворах  $\text{AlCl}_3$  с добавлением ПВИ и  $\text{NaOH}$  ( $[\text{AlCl}_3] = 0.08$  моль/л)

Опыт, №	$\chi$	ПВИ : $\text{AlCl}_3$	Содержание различных форм алюминия, моль/л (%)		
			$\text{Al}_1 + \text{Al}_2$	$\text{Al}_{13}$	"ненаблюдаемый" алюминий
1	0	0	0.0779 (97)	0 (0)	0.0021 (3)
2	0.5	0	0.0511 (64)	0.0255 (32)	0.0034 (4)
3	1	0	0.0298 (37)	0.0494 (62)	0.0008 (1)
4	1.5	0	0.0083 (11)	0.0650 (81)	0.0067 (8)
5	0	1 : 1	0.0459 (57)	0.0333 (42)	0.0008 (1)
6	0.5	1 : 1	0.0243 (30)	0.0525 (66)	0.0032 (4)
7	1	1 : 1	0.0056 (7)	0.0731 (91)	0.0013 (2)
8	1.15	1 : 1	0.0044 (6)	0.0747 (93)	0.0009 (1)
9	1.35	1 : 1	0 (0)	0.0674 (84)	0.0126 (16)
10	1.5	1 : 1	0 (0)	0.0274 (34)	0.0526 (66)
11	1	1.5 : 1	0.0021 (2)	0.0710 (89)	0.0070 (9)
12	1	2 : 1	0 (0)	0.0487 (61)	0.0313 (39)
13	1	3 : 1	0 (0)	0.0339 (42)	0.0461 (58)
14	1.25	1.5 : 1	0 (0)	0.0465 (58)	0.0335 (42)
15	1.25	2 : 1	0 (0)	0.0254 (32)	0.0546 (68)

**Таблица 2.** Синтез композитов на основе гидроокиси алюминия и ПВИ

Соль алюминия	$\chi$	рН	Состав осадка, мас. %			Выход, %		Соотношение Al : ПВИ
			ПВИ	Al	Cl	по ПВИ	по Al	
$\text{AlCl}_3^*$	2	7.60	45.1	12.3	9.1	12.1	23.4	1 : 1.05
$\text{AlCl}_3$	2	7.42	41.9	13.0	8.5	36.3	40.1	1 : 0.9
$\text{AlCl}_3$	2.30	7.59	49.6	11.9	9.0	78.0	93.6	1 : 1.2
$\text{AlCl}_3$	2.72	9.41	13.4	35.1	10.6	10.8	98.5	1 : 0.11
$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	2.58	7.28	40.9	20.3	—	55.5	96.0	1 : 0.6
$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$	2.75	9.34	5.7	40.2	—	4.1	100	1 : 0.04

\* Использован двукратный избыток ПВИ.

накопление осадка, а при  $\chi = 2.3$  значительная часть алюминия выделяется из раствора. В образующемся при этом осадке в системе  $\text{AlCl}_3$ -ПВИ (табл. 2) мольное соотношение Al : Cl составляет-

ет (1.7–1.9) : 1, что близко к структуре  $\text{Al}_{13}$  (для  $\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}\text{Cl}_7$  соотношение Al : Cl = 1.85 : 7). Имидазольные звенья присутствуют в эквимольном количестве по отношению к алюминию, при-

чем избыток ПВИ в исходном растворе существенно не влияет на это соотношение. Повышение  $\chi$  приводит к обеднению осадка полимером.

Твердые продукты при низких  $\chi$  были получены путем лиофильной сушки растворов. По данным ИК-спектроскопии (рис. 3), образцы, выделенные при  $\chi < 1$  (спектры 7, 8), содержат протонированные имидазольные циклы, о чем свидетельствует близость их спектров к спектру гидрохлорида ПВИ (спектр 9). Полосы валентных колебаний имидазольного цикла повышаются с 1495, 1413, 1282 до 1545, 1423, 1286  $\text{cm}^{-1}$  соответственно; максимумы поглощения деформационных колебаний C–H кольца при 1078 и 1107  $\text{cm}^{-1}$  смещаются к 1090  $\text{cm}^{-1}$ . Происходит сдвиг частот деформационных колебаний гетероцикла от 742 и 817  $\text{cm}^{-1}$  к 757 и 825  $\text{cm}^{-1}$ . Деформационные колебания фрагмента CNH в протонированных циклах проявляются при 1170  $\text{cm}^{-1}$ , что согласуется с данными [20].

В случае более высоких  $\chi$  (рис. 3, спектры 3–6) наблюдаются характерные полосы колебаний имидазольного кольца (907, 1078, 1107, 1227 и 1495  $\text{cm}^{-1}$ ). Так как данные комплексы самопроизвольно выпадают из раствора, наличие взаимодействия алюминиевых частиц со звеньями водорасстворимого ПВИ не вызывает сомнений. По-видимому, комплексообразование происходит за счет множественных водородных связей N...H–O–Al, поскольку участие звеньев ПВИ в интерполимерных комплексах со слабыми кислотами [21] также не изменяет его ИК-спектр.

Как известно, осаждение гидроокиси алюминия из раствора под действием щелочных агентов при  $\chi > 2.5$  приводит к формированию разнообразных кристаллических осадков (бемит, байерит и т.д.) [2, 22]. При изучении влияния ПВИ на структуру выделяющейся гидроокиси алюминия использовали  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ , так как слабо координирующие нитратные анионы предпочтительнее для формирования кристаллической структуры по сравнению с ионами  $\text{Cl}^-$ . Добавление щелочи к раствору нитрата алюминия при  $\chi = 2.58$  и 2.75 (рН осаждения 7.3 и 9.3 соответственно) вызывает образование, по данным рентгенофазового анализа (рис. 4), осадка псевдобемита. Осаждение в присутствии ПВИ при рН 9.3 также приводит к кристаллическому гидрооксиду алюминия, в то время как при рН 7.3 выделяется аморфный осадок (рис. 4, кривая 4). Содержание ПВИ в осадках при этом изменяется от 40.3 мас. % при рН 7.3 до 5.6 мас. % при рН 9.3.

Таким образом, введение ПВИ в водные растворы солей алюминия способствует усилию гидролиза ионов  $\text{Al}^{3+}$  как за счет связывания вы-

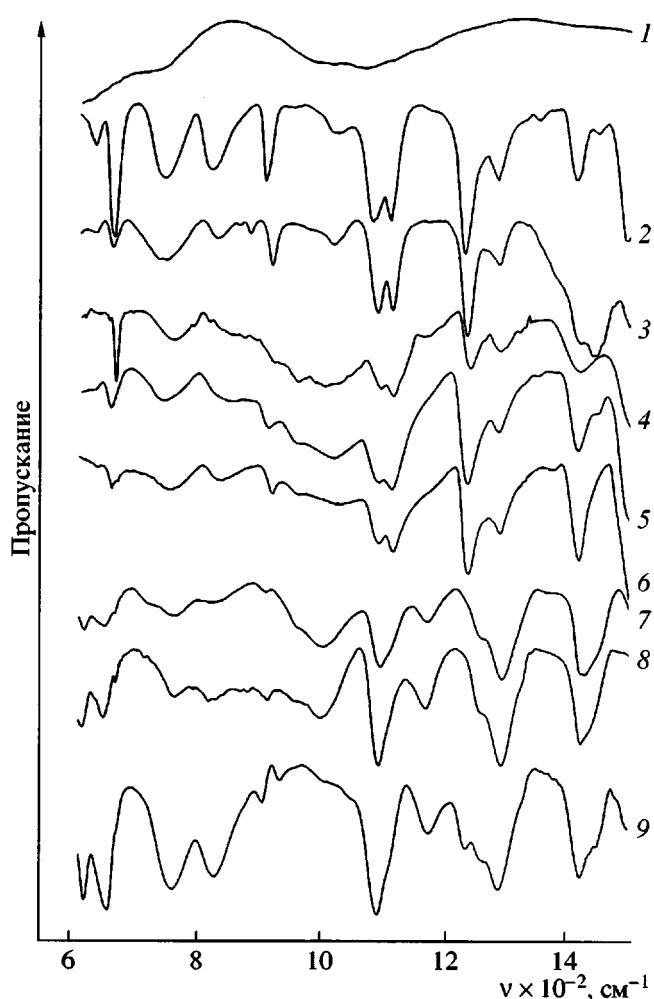
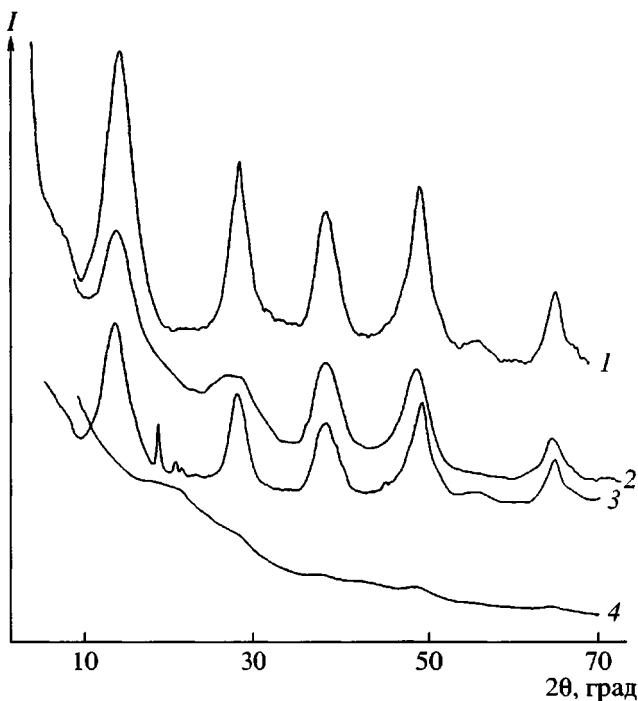


Рис. 3. ИК-спектры гидроокиси алюминия, полученной при  $\chi = 2.3$  (1), ПВИ (2), комплексов ПВИ с гидроокисью алюминия, выделенных из раствора при  $\chi = 2.3$  (5) и 2 (6), продуктов лиофильной сушки растворов при  $\chi = 2$  (3), 1.5 (4), 1 (7), 0 (8) и гидрохлорида ПВИ (9). Для получения образцов использовали хлорид алюминия; в случае  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  наблюдались аналогичные результаты с добавлением полос  $\text{NO}_3^-$  (1350–1380 и 820–840  $\text{cm}^{-1}$ ).

деляющейся сильной кислоты имидазольными звеньями, так и при координации гидроксокомплексов  $\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}^{7+}$  с ПВИ посредством водородных связей. Введение в систему сильного основания ( $\text{NaOH}$ ) повышает содержание частиц  $\text{Al}_{13}$ , а при  $\chi > 1$  происходит их трансформация в аморфные частицы гидрооксида алюминия при сохранении связей N...H–O–Al. В области  $\chi = 2.0$ –2.3 образуется нерастворимый комплекс эквимолярного состава за счет формирования трехмерной структуры гидрооксида алюминия. Повышение степени



**Рис. 4.** Данные рентгенофазового анализа гидроокиси алюминия (1, 2) и ее комплекса с ПВИ (3, 4), полученных при  $\chi = 2.75$  (1, 3) и 2.58 (2, 4).

нейтрализации до 2.7 приводит к кристаллизации гидрооксида алюминия в псевдобемит с разрушением комплекса с ПВИ.

Полученные результаты указывают на возможность регулирования структуры полимерной гидроокиси алюминия и создания новых композиционных материалов с участием водорастворимых полимерных оснований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kloprogge J.T. // J. Porous Mater. 1998. V. 5. № 1. P. 5.
2. Исмагилов З.Р., Шкрабина Р.А.. Корябкина Н.А. Алюмооксидные носители: производство, свойства и применение в катализитических процессах защиты окружающей среды: Аналит. обзор. Новосибирск: Ин-т катализа им. Г.К. Борескова. 1998.
3. Young S.K., Mauritz K.A. // J. Polym. Sci., Polym. Phys. 2001. V. 39. № 12. P. 1282.
4. Nagale M., Kim B. Y., Bruening M. L. // J. Am. Chem. Soc. 2000. V. 122. № 47. P. 11670.
5. Burrell L.S., Johnston C.T., Schulze D., Klein J., White J.L., Hem S.L. // Vaccine. 2000. V. 19. № 2/3. P. 275.
6. Fennouh S., Guyon S., Livage J., Roux C. // J. Sol-Gel Sci. and Techn. 2000. V. 19. № 1/3. P. 647.
7. Chan C.-K., Chu I-M. // Polymer. 2001. V. 42. № 14. P. 6089.
8. Wilkes C.L., Wen J. // Polymeric Materials Encyclopedia / Ed. by Salamone J.P. Boca Raton; New York; London; Tokyo: CRC Press, 1996. P. 4782.
9. Мазяр Н.Л., Анненков В.В., Круглова В.А., Ананьев С.М., Даниловцева Е.Н., Рохин А.В., Зинченко С.В. // Изв. РАН. Сер. хим. 2000. № 12. С. 2047.
10. Pekel N., Guven O. // Colloid. Polym. Sci. 1999. V. 277. № 6. P. 570.
11. Эскин В.Е., Магарик С.Я., Жураев У.Б., Рудковская Г.Д. // Высокомолек. соед. А. 1978. Т. 20. № 10. С. 2219.
12. Анненков В.В., Круглова В.А., Мазяр Н.Л. // Высокомолек. соед. А. 1998. Т. 40. № 3. С. 466.
13. Кокорин А.И., Полинский А.С., Пижецкий В.С., Кузнецова И.П., Ермакова Т.Г., Лопырев В.А., Кабанов В.А. // Высокомолек. соед. А. 1985. Т. 27. № 9. С. 1834.
14. Федотов М.А., Криворучко О.Г., Буянов Р.А. // Журн. неорган. химии. 1978. Т. 13. № 9. С. 2326.
15. Parker W.O., Kiricsi I. // Appl. Catalysis. A. 1995. V. 121. № 1. P. L7.
16. Ohman L.-O., Sjoberg S. // Coord. Chem. Rev. 1996. V. 149. P.33.
17. Криворучко О.Г., Федотов М.А., Буянов Р.А. // Журн. неорган. химии. 1978. Т. 23. № 8. С. 2242.
18. Jordan P.A., Clayden N.J., Heath S.L., Moore G.R., Powell A.K., Tapparo A. // Coord. Chem. Rev. 1996. V.149. P. 281.
19. Champmartin D., Rubini P., Lakatos A., Kiss T. // J. Inorg. Biochem. 2001. V. 84. № 1/2. P. 13.
20. Lippert J.L., Robertson J.A., Havens J.R., Tan J.S. // Macromolecules. 1985. V. 18. № 1. P. 63.
21. Анненков В.В., Мазяр Н.Л., Круглова В.А. // Высокомолек. соед. А. 2001. Т. 43. № 8. С. 1308.
22. Вишнякова Г.П., Дзисько В.А., Кефели Ч.М., Локотко Л.Ф., Оленькова И.П., Плясова Л.М., Рыжак И.А., Тихова А.С. // Кинетика и катализ. 1970. Т. 11. № 6. С. 1545.

## Complexes of Poly(1-vinylimidazole) with Aluminum Ions in Aqueous Media

V. V. Annenkov, E. A. Filina, E. N. Danilovtseva, S. V. Fedorov, L. N. Belonogova,  
and A. I. Mikhaleva

*Favorskii Institute of Chemistry, Siberian Division, Russian Academy of Sciences,  
ul. Favorskogo 1, Irkutsk, 664033 Russia*

**Abstract**—The interaction of aluminum ions with poly(1-vinylimidazole) in the aqueous medium was studied as a function of the hydrolysis degree under the action of NaOH. An increase in the content of  $\text{Al}_{13}\text{O}_4(\text{OH})_{24}^{7+}$  hydroxo complexes and NMR-inactive polymeric forms in the solution caused by the presence of poly(1-vinylimidazole) was established using potentiometric titration,  $^{27}\text{Al}$  NMR, and IR spectroscopy. Upon attaining a twofold excess of the alkali with respect to aluminum ions, the formation of an insoluble complex of the organic polymer with aluminum hydroxide, stabilized by hydrogen bonds involving pyridine nitrogen atoms of azole units, was observed. X-ray diffraction analysis data indicate the suppression of crystallization of aluminum hydroxide in the presence of poly(1-vinylimidazole).