

УДК 546.271+546.49

БОРИСОВ А. П., МАХАЕВ В. Д.

АНИОННЫЕ БОРГИДРИДНЫЕ КОМПЛЕКСЫ СКАНДИЯ, ТИТАНА И ВАНАДИЯ С ОРГАНИЧЕСКИМИ КАТИОНАМИ

Взаимодействием $M(BH_4)_3(TGF)_2$ ($M=Sc, Ti$) и $NaM(BH_4)_4 \cdot nDM\dot{E}$ ($M=Sc, Ti, V$) с боргидридами тетрабутиламмония и тетрафенилфосфония получены комплексы $(R_4\dot{E}) [M(BH_4)_4]$ ($R_4\dot{E}=Bu_4N, Ph_4P$) и $(Ph_4P) [Ti(BH_4)_4(TGF)]$. Полученные соединения исследованы методом ИК спектроскопии. Обсуждается строение комплексных боргидридометаллат-анионов.

Ранее нами было высказано предположение, что соединения $NaM(BH_4)_4 \cdot nDM\dot{E}$ ($M=Sc, Ti, V$; $DM\dot{E}=1,2$ -диметоксизтан) содержат катионы $[Na(DM\dot{E})_n]^+$ и несольватированные анионы $[M(BH_4)_4]^-$ [1]. Для проверки этого предположения нами получены производные указанных тетрагидридоборометаллат-анионов, не содержащие сольватирующих растворителей. В данной работе описан синтез анионных боргидридных комплексов скандия, титана, ванадия с катионами тетрабутиламмония и тетрафенилфосфония, приведены результаты исследования ИК спектров поглощения полученных соединений. Часть приведенных в статье результатов докладывалась ранее на всесоюзных конференциях [2, 3].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Методика работы, проведение физико-химических исследований, подготовка растворителей и исходных веществ описаны ранее [1]. По известным методикам, взаимодействием хлорида металла с боргидридом натрия в $DM\dot{E}$ или TGF получали комплексы: $NaSc(BH_4)_4 \cdot 4DM\dot{E}$ [4], $Sc(BH_4)_3 \cdot X(TGF)_2$ [5], $NaTi(BH_4)_4 \cdot 3DM\dot{E}$ [1], $Ti(BH_4)_3(TGF)_2$ [1], $NaV(BH_4)_4 \cdot 3DM\dot{E}$ [6]. В этих реакциях использовали боргидрид натрия, перекристаллизированный из диглима, при этом время реакции сокращается до 6 ч и менее, а выход продукта повышается до 90% и более. Боргидрид тетрабутиламмония перекристаллизовывали из бензола, боргидрид тетрафенилфосфония — из водного раствора боргидрида натрия и сушили в вакууме при 50° С.

Получение тетракис(тетрагидридоборато)скандиата тетрабутиламмония $(Bu_4N) [Sc(BH_4)_4]$ (I). К смеси твердых $Sc(BH_4)_3(TGF)_2$ (0,9 г, 3,85 ммоль) и Bu_4NBH_4 (1,0 г, 3,89 ммоль) прибавляли 30 мл бензола и смесь встряхивали 5 мин. Твердые вещества растворялись и сверху отделялось бесцветное масло. Масло отделяли от раствора (отбирали пипеткой) и сушили в вакууме. Получали белое мелкокристаллическое вещество (I) с выходом 1,3 г.

Найдено, %: Bu_4N — 69,3; Sc — 12,4; B — 12,9; $H_{гидр}$ — 4,3.

Для (I) вычислено, %: Bu_4N — 69,9; Sc — 13,0; B — 12,5; $H_{гидр}$ — 4,6.

Получение тетракис(тетрагидридоборато)скандиата тетрафенилфосфония $(Ph_4P) [Sc(BH_4)_4]$ (II). К раствору 1,0 г $Sc(BH_4)_3(TGF)_2$ (4,3 ммоль) в 30 мл TGF прибавляли 1,5 г Ph_4PBNH_4 (3,8 ммоль) и перемешивали 10 мин. Гомогенный раствор концентрировали в вакууме до объема 10 мл и прибавляли 30 мл эфира. Через несколько минут образовывались белые игольчатые кристаллы. Их отделяли, промывали эфиром и сушили в ваку-

уме. Выход (II) 1,3 г.

Найдено, %: Ph_4P — 73,5; Sc — 10,2; B — 9,6; $\text{H}_{\text{гидр}}$ — 3,5.

Для (II) вычислено, %: Ph_4P — 76,5; Sc — 10,1; B — 9,7; $\text{H}_{\text{гидр}}$ — 3,6.

Получение тетракис(тетрагидридоборато)титаната тетрабутиламмония $(\text{Bu}_4\text{N})[\text{Ti}(\text{BH}_4)_4]$ (III). К смеси 0,9 г $\text{Ti}(\text{BH}_4)_3(\text{TGF})_2$ (3,8 ммоль) и 1,0 г Bu_4NBH_4 (3,9 ммоль) приливали 30 мл бензола и встряхивали 5 мин. Образовавшаяся голубовато-зеленая эмульсия при отстаивании разделялась на два слоя: верхний, бесцветный, и нижний, маслянистый, голубовато-зеленый. Нижний слой отделяли, промывали бензолом (2×15 мл) и после отделения бензола сушили в вакууме. Полученное вещество промывали эфиром (3×15 мл) и сушили в вакууме. Получали серое твердое вещество (III), выход 1,0 г.

Найдено, %: Bu_4N — 67,4; Ti — 13,4; B — 12,6; $\text{H}_{\text{гидр}}$ — 4,2.

Для (III) вычислено, %: Bu_4N — 69,3; Ti — 13,7; B — 12,4; $\text{H}_{\text{гидр}}$ — 4,6.

Получение тетракис(тетрагидридоборато) (тетрагидрофуран) титаната тетрафенилфосфония $(\text{Ph}_4\text{P})[\text{Ti}(\text{BH}_4)_4(\text{TGF})]$ (IV). К смеси 1,2 г $\text{Ti}(\text{BH}_4)_3(\text{TGF})_2$ (5,1 ммоль) и 1,5 г PPh_4VBH_4 (4,2 ммоль) приливали 30 мл ТГФ. Раствор концентрировали в вакууме до объема 10 мл и приливали 20 мл эфира. Сразу выпадал голубой кристаллический осадок. Через 30 мин осадок отделяли, промывали эфиром (2×10 мл) и сушили в вакууме. Получали голубое мелкокристаллическое вещество (IV) с выходом 1,8 г.

Найдено, %: Ph_4P — 65,7; Ti — 8,9; B — 8,1; $\text{H}_{\text{гидр}}$ — 3,0.

Для (IV) вычислено, %: Ph_4P — 65,4; Ti — 9,2; B — 8,3; $\text{H}_{\text{гидр}}$ — 3,1.

Получение тетракис(тетрагидридоборато)ванадата тетрабутиламмония $(\text{Bu}_4\text{N})[\text{V}(\text{BH}_4)_4]$ (V). К смеси 1,4 г $\text{NaV}(\text{BH}_4)_4 \cdot 3\text{DMF}$ (3,5 ммоль) и 0,7 г Bu_4NBH_4 (2,7 ммоль) приливали 20 мл хлористого метилена. Реакционную смесь перемешивали 3 ч, фильтровали, концентрировали до объема 5 мл и прибавляли 20 мл эфира. Выпадал маслообразный осадок, который через несколько минут закристаллизовывался. Через 30 мин осадок отделяли, промывали эфиром (2×10 мл) и сушили в вакууме. Получали мелкокристаллическое фиолетовое вещество (V), выход 0,7 г.

Найдено, %: Bu_4N — 68,5; V — 14,1; B — 11,9; $\text{H}_{\text{гидр}}$ — 4,4.

Для (V) вычислено, %: Bu_4N — 68,7; V — 14,4; B — 12,3; $\text{H}_{\text{гидр}}$ — 4,6.

Тетракис(тетрагидридоборато)ванадат тетрафенилфосфония $(\text{Ph}_4\text{P}) \cdot [\text{V}(\text{BH}_4)_4]$ (VI) получен по такой же методике из 1,0 г $\text{NaV}(\text{BH}_4)_4 \cdot 3\text{DMF}$ (2,5 ммоль) и 0,8 г Ph_4PVBH_4 (2,3 ммоль) с выходом 0,8 г в виде фиолетового мелкокристаллического вещества.

Найдено, %: Ph_4P — 75,3; V — 11,4; B — 10,1; $\text{H}_{\text{гидр}}$ — 3,4.

Для (VI) вычислено, %: Ph_4P — 75,5; V — 11,3; B — 9,6; $\text{H}_{\text{гидр}}$ — 3,6.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

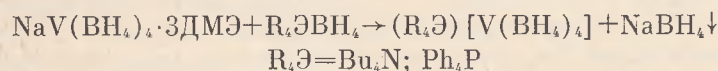
Как видно из приведенных данных, нейтральные боргидриды скандия $\text{Sc}(\text{BH}_4)_3(\text{TGF})_2$ и титана $\text{Ti}(\text{BH}_4)_3(\text{TGF})_2$ взаимодействуют в органических растворителях с боргидридами тетрабутиламмония и тетрафенилфосфония с образованием соответствующих анионных комплексов (I)–(IV). В качестве растворителя для проведения реакций с боргидридом тетрабутиламмония удобно использовать бензол. В этом случае образующийся продукт отделяется от реакционной смеси в виде масла. Поскольку боргидрид тетрафенилфосфония нерастворим в бензоле, реакции с ним проводили в ТГФ или осаждали продукт добавлением диэтилового эфира. Чтобы исключить загрязнение продуктов примесями исходных веществ, целесо-

Отнесение некоторых полос поглощения в ИК спектрах анионных боргидридных комплексов скандия, титана и ванадия

Соединение	$\nu(\text{BH}_{\text{конц}})$	$\nu(\text{BH}_{\text{мост}})$	$\nu(\text{MH})$	$\delta(\text{BH}_n)$	$\nu(\text{MB})$
$\text{NaSc}(\text{BH}_4)_4 \cdot 4\text{DMЭ}$, крист.	2485	2235, 2160	1190	1125	430
$(\text{Bu}_4\text{N})[\text{Sc}(\text{BH}_4)_4]$ (I), крист.	2495	2235, 2160	1180	1105	430
$(\text{Ph}_4\text{P})[\text{Sc}(\text{BH}_4)_4]$ (II), крист.	2500 пл., 2470	2235, 2155	1185	1110	425
$(\text{Ph}_4\text{P})[\text{Sc}(\text{BH}_4)_4]$ (II) в ТГФ	2485	2235, 2155			425
$\text{NaTi}(\text{BH}_4)_4 \cdot 3\text{DMЭ}$, крист.	2520, 2460, 2415	2220, 2150		1120	430
$\text{NaTi}(\text{BH}_4)_4 \cdot 3\text{DMЭ}$ в ДМЭ	2520, 2430, 2385	2220, 2150		1120	430
$(\text{Bu}_4\text{N})[\text{Ti}(\text{BH}_4)_4]$ (III), крист.	2520, 2430, 2380	2220 пл., 2155		1110	430 405
$(\text{Bu}_4\text{N})[\text{Ti}(\text{BH}_4)_4]$ (III) в ТГФ	2430, 2390	2145			
$(\text{Ph}_4\text{P})[\text{Ti}(\text{BH}_4)_4(\text{ТГФ})]$ (IV), крист.	2430, 2390	2140		1110, 1120	395
$\text{NaV}(\text{BH}_4)_4 \cdot 3\text{DMЭ}$, крист.	2460, 2400	2075, 1965	1285	1110	445
$\text{NaV}(\text{BH}_4)_4 \cdot 3\text{DMЭ}$ в ДМЭ	2460, 2405	2080, 1970	1290	1110	440
$(\text{Bu}_4\text{N})[\text{V}(\text{BH}_4)_4]$ (V), крист.	2478, 2458, 2405, 2395	2080, 1970	1290	1110	445
$(\text{Bu}_4\text{N})[\text{V}(\text{BH}_4)_4]$ (V) в C_6H_6	2460, 2405	2080, 1970			
$(\text{Ph}_4\text{P})[\text{V}(\text{BH}_4)_4]$ (VI), крист.	2480 пл., 2460, 2440, 2410, 2390	2080, 1965	1295	1110	450
$(\text{Ph}_4\text{P})[\text{V}(\text{BH}_4)_4]$ (VI) в ДХЭ	2460, 2405	2080, 1970			

образно использовать небольшой избыток боргидрида переходного металла, который хорошо растворим в указанных растворителях и при выделении анионного комплекса остается в растворе.

Анионные боргидридные комплексы ванадия с органическими катионами получали по реакции обмена описанного ранее $\text{NaV}(\text{BH}_4)_4 \cdot 3\text{DMЭ}$ [6] с боргидридами тетрабутиламмония или тетрафенилфосфония:



Реакцию удобно проводить в хлористом метиле с осаждением продукта эфиром. При проведении реакции в ТГФ выход и чистота продукта несколько уменьшаются. Комплексы скандия и титана $\text{NaSc}(\text{BH}_4)_4 \cdot 4\text{DMЭ}$ и $\text{NaTi}(\text{BH}_4)_4 \cdot 3\text{DMЭ}$ также вступают в реакции обмена с боргидридами тетрабутиламмония и могут использоваться для получения комплексов (I) — (IV). Во всех случаях выход продуктов составляет 80% и более.

Полученные в данной работе соединения представляют собой кристаллические вещества, неустойчивые на воздухе. В инертной атмосфере комплексы скандия (I), (II) и титана (IV) могут храниться при комнатной температуре месяцы; комплексы ванадия (V), (VI) и титана (III) в течение нескольких дней превращаются в черные твердые вещества. Цвет комплексов определяется природой центрального атома: комплексы скандия бесцветны, титановые комплексы имеют цвет от голубого до серого, ванадиевые — фиолетовые. Соединения хорошо растворимы в ТГФ, хлористом метиле (титановые комплексы быстро реагируют с последним), нерастворимы в углеводородах и диэтиловом эфире.

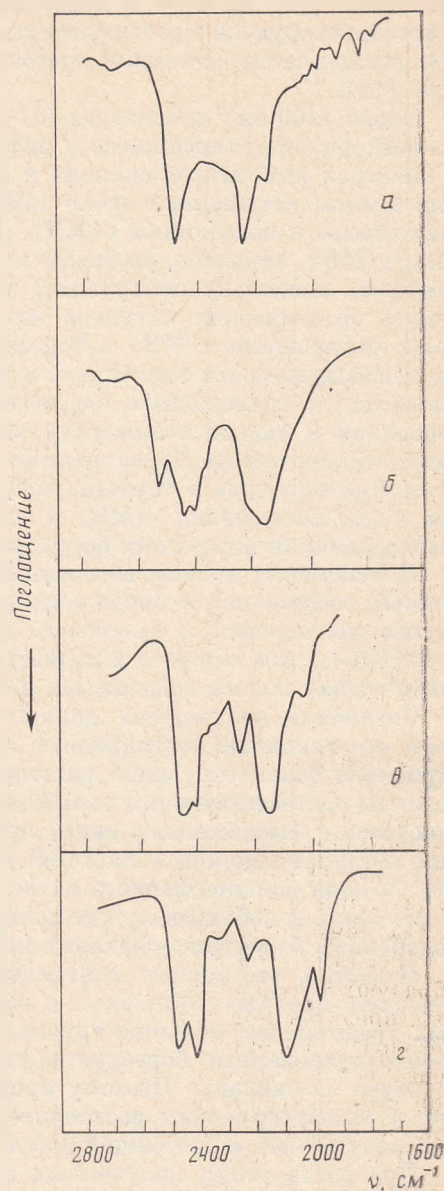
Нами зарегистрированы ИК спектры полученных соединений и проведено сравнение спектральных свойств боргидридометаллат-анионов в (I) — (VI) со свойствами ранее изученных $\text{NaM}(\text{BH}_4)_4 \cdot n\text{DMЭ}$ (M = скандий, титан, ванадий) [1]. Для определения типа координации боргидридных групп и эмпирического отнесения наблюдаемых полос поглощения мы использовали данные работ [7, 8], в которых рассмотрена зависимость спектральных свойств боргидридных комплексов от типа координации BH_4 -группы с атомом металла.

В ИК спектрах (I) — (VI) наряду с полосами поглощения органических катионов наблюдаются полосы, соответствующие наличию ковалентно связанных с переходным металлом BH_4 -лигандов (таблица). ИК спектры

скандиевых комплексов (I), (II) в области валентных колебаний связей бор — водород $\nu(\text{BH})$ имеют интенсивную полосу поглощения $\nu(\text{BH}_{\text{конц.}})$ выше 2450 см^{-1} и две полосы поглощения $\nu(\text{BH}_{\text{мост.}})$ при 2235 и 2160 см^{-1} (см. рисунок, а), т. е. вид спектров соответствует тридентатной координации BH_4 -групп [7].

Спектр кристаллического титанового комплекса (III), не содержащего сольватирующий растворитель, в области $\nu(\text{BH})$ можно рассматривать как суперпозицию спектров комплексов с бидентатными и тридентатными боргидридными группами (см. рисунок, б). Ранее одновременное наличие бидентатной и тридентатных BH_4 -групп было обнаружено методом РСА в $\text{Sc}(\text{BH}_4)_3 \cdot (\text{ТГФ})_2$ [9]. Сходство ИК спектров $\text{Sc}(\text{BH}_4)_3(\text{ТГФ})_2$ [8] и (III) в области $\nu(\text{BH})$ позволяет сделать вывод, что в (III) часть BH_4 -групп имеет бидентатную, а часть — тридентатную координацию с атомом металла. При растворении (III) в сольватирующем растворителе — ТГФ ИК спектр комплекса в области $\nu(\text{BH})$ изменяется и становится идентичным спектру комплекса (IV) (см. рисунок, в). Спектр комплекса (IV), в котором, по данным химического анализа, содержится молекула сольватирующего растворителя, соответствует наличию лишь бидентатных боргидридных групп — интенсивный дублет около 2400 см^{-1} ($\nu(\text{BH}_{\text{конц.}})$) и интенсивная полоса поглощения около 2200 см^{-1} ($\nu(\text{BH}_{\text{мост.}})$) [7]. Кроме того, в спектре (IV) имеются полосы поглощения при 860 и 1015 см^{-1} , соответствующие маятниковым колебаниям метиленовых групп ($\rho(\text{CH}_2)$) координированного с металлом ТГФ [10]. Совокупность приведенных данных показывает, что ТГФ связан именно с атомом металла и что вхождение молекулы ТГФ в координационную сферу приводит к изменению типа координации BH_4 -групп — все боргидридные группы приобретают бидентатную координацию, при которой они занимают меньший объем в координационной сфере металла [1]. Ранее аналогичное влияние ТГФ на координацию BH_4 -групп было обнаружено нами для боргидридных комплексов марганца, для которых методом РСА была определена структура аниона $[\text{Mn}(\text{BH}_4)_3(\text{ТГФ})]$ [11].

ИК спектры растворов ванадиевых комплексов (V), (VI) в дихлорэтане (комплексы (V), (VI)) или бензоле (V) — растворителях, обладающих слабой сольватирующей способностью, в области $\nu(\text{BH})$ представляют собой, как и рассмотренный выше спектр (IV), типичный спектр соединения с бидентатными боргидридными группами (см. рисунок, г). Спектры кри-



ИК спектры поглощения (область колебаний $\nu(\text{BH})$): а — $(\text{Ph}_4\text{P})[\text{Sc}(\text{BH}_4)_4]$, кристаллический (суспензия в нуйоле); б — $(\text{Bu}_4\text{N})[\text{Ti}(\text{BH}_4)_4]$, кристаллический (суспензия в нуйоле); в — $(\text{Ph}_4\text{P})[\text{Ti}(\text{BH}_4)_4(\text{ТГФ})]$, кристаллический (суспензия в нуйоле); г — $(\text{Bu}_4\text{N})[\text{V}(\text{BH}_4)_4]$, раствор в дихлорэтаноле

сталлических образцов (V), (VI) отличаются от спектров растворов наличием расщепления полос поглощения $\nu(\text{BH}_{\text{конц}})$. Малая величина расщепления ($10\text{--}15\text{ см}^{-1}$) и исчезновение его при растворении (V) и (VI) в несольватирующих растворителях дают основание объяснить наблюдаемое расщепление влиянием эффекта кристаллического состояния вещества [12].

Около 1100 см^{-1} в спектрах (I)–(VI) наблюдаются интенсивные полосы поглощения, относящиеся к деформационным колебаниям $\delta(\text{BH}_n)$ [7]. В спектрах комплексов скандия и ванадия наблюдаются также интенсивные полосы поглощения около 1190 и 1290 см^{-1} соответственно, которые мы относим к колебаниям $\nu(\text{MH})$. Для комплексов титана (III), (IV) полосы $\nu(\text{MH})$, вероятно, уширены или имеют значительно меньшую интенсивность, поскольку обнаружить их на фоне интенсивных полос поглощения органических катионов нам не удалось. Возможность уширения полос поглощения $\nu(\text{MH})$ в боргидридах переходных металлов вплоть до их ненаблюдаемости отмечалась и ранее [7]. Комплексы (III) и (IV) отличаются от аналогичных соединений скандия и ванадия более сложным строением и низкой симметрией анионов $[\text{Ti}(\text{BH}_4)_4]^-$ (имеются как би-, так и тридентатные боргидридные группы) и $[\text{Ti}(\text{BH}_4)_4(\text{TGF})]^-$ (имеются боргидридные и тетрагидрофурановый лиганды). Вероятно, отсутствие полос поглощения $\nu(\text{MH})$ в спектрах (III) и (IV) связано с указанным различием в строении боргидридометаллат-анионов.

Интенсивные полосы поглощения около 400 см^{-1} в ИК спектрах полученных соединений и описанных ранее натрий-диметоксиэтановых комплексов мы относим к валентным колебаниям металл–бор, по аналогии с $\text{Hf}(\text{BH}_4)_4$, для которого к валентным колебаниям металл–бор отнесена интенсивная полоса поглощения при 480 см^{-1} [13].

Сравнение полученных данных с результатами работы [1] показывает, что анионные боргидридные комплексы (I)–(III), (V), (VI), не содержащие сольватирующий растворитель, по дентатности BH_4 -групп аналогичны соответствующим натрий-диметоксиэтановым комплексам, что согласуется с высказанным ранее предположением об отсутствии сольватации металлат-анионов в $\text{NaM}(\text{BH}_4)_4 \cdot n\text{ДМЭ}$ (M = скандий, титан, ванадий) [1]. Замена внешнесферного катиона (Bu_4N^+ , Ph_4P^+ , $[\text{Na}(\text{ДМЭ})_n]^+$) приводит лишь к небольшому смещению полос поглощения, соответствующих колебаниям боргидридометаллат-анионов (таблица).

Известно, что многие нейтральные боргидриды переходных металлов образуют прочные комплексы с простыми эфирами, десольватация которых представляет большие трудности или невозможна [14]. В частности, несольватированные боргидриды скандия и ванадия типа $\text{M}(\text{BH}_4)_3$ в литературе не описаны. Поэтому представляет интерес рассмотреть отношение к сольватирующим растворителям анионных боргидридных комплексов, полученных в настоящей работе.

При растворении полученных в данной работе соединений скандия и ванадия в сольватирующих растворителях — ТГФ или ДМЭ, а также комплекса (III) в ДМЭ количество и положение полос поглощения, относящихся к колебаниям BH_4 -групп, не изменяются по сравнению со спектрами этих веществ в несольватирующих растворителях (дихлорэтан, бензол), что указывает на отсутствие сольватации металлат-анионов и соответствует данным [1] о невыгодности такой сольватации, приводящей к перегруженности координационной сферы центрального атома. Существенные изменения в области $\nu(\text{BH})$ и $\nu(\text{MB})$ наблюдаются при растворении (III) в ТГФ, что указывает, как отмечалось выше, на вхождение растворителя во внутреннюю координационную сферу металлат-аниона. Таким образом, ТГФ обладает более сильными сольватирующими свойствами по отношению к $[\text{Ti}(\text{BH}_4)_4]^-$ по сравнению с ДМЭ. В кристаллическом состоянии соединение с сольватированным боргидридотитанат-анионом выделено нами в виде соли тетрафенилфосфоний-катиона (комплекс (IV)). Способность тетрафенилфосфоний-катиона в отличие от Bu_4N^+ стабилизировать сольватированные металлат-анионы в кристаллическом состоя-

нии отмечалась нами ранее при исследовании анионных боргидридных комплексов марганца [11].

Полученные данные показывают, что анионные боргидридные комплексы переходных металлов проявляют значительно меньшую способность к образованию комплексов с простыми эфирами, чем соответствующие нейтральные боргидриды. На устойчивость сольватированных металл-анионов большое влияние оказывает природа стабилизирующего катиона.

Авторы выражают благодарность Л. М. Качапиной за участие в обсуждении полученных результатов.

Литература

1. Борисов А. П., Махаев В. Д., Лобковский Э. Б., Семененко К. Н. // Журн. неорган. химии. 1986. Т. 31. № 1. С. 86.
2. Борисов А. П., Махаев В. Д., Лобковский Э. Б., Семененко К. Н. // Тез. докл. V Всесоюз. совещ. по химии неводных растворов неорганических и комплексных соединений. Ростов-на-Дону, 1985. С. 87.
3. Махаев В. Д., Борисов А. П. // Тез. докл. IV Всесоюз. совещ. по химии гидридов. Душанбе, 1987. С. 53.
4. Махаев В. Д., Борисов А. П., Лобковский Э. Б. // Журн. неорган. химии. 1984. Т. 29. № 5. С. 1160.
5. Мирсаидов У., Курбонбеков А. // Журн. неорган. химии. 1980. Т. 25. № 5. С. 1386.
6. Махаев В. Д., Семененко К. Н. // Изв. АН СССР, сер. хим. 1978. № 12. С. 2822.
7. Marks T. J., Kolb J. R. // Chem. Rev. 1977. V. 77. No. 2. P. 263.
8. Кравченко О. В., Кравченко С. Е., Полякова В. Б., Семененко К. Н. // Коорд. химия. 1980. Т. 6. № 1. С. 76.
9. Лобковский Э. Б., Кравченко С. Е., Семененко К. Н. // Журн. структ. химии. 1977. Т. 18. № 2. С. 389.
10. Driessen W. L., Heijer M. // Inorg. Chim. Acta. 1979. V. 33. P. 261.
11. Махаев В. Д., Борисов А. П., Карпова Т. П., Лобковский Э. Б., Семененко К. Н. // Тез. докл. XVI Всесоюз. Чугаевск. совещ. по химии комплексных соединений. Красноярск, 1987. Т. II. С. 453.
12. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. М.: Иностран. литер., 1963.
13. Keiderling T. A., Wozniak W. T., Jurkowitz G. D., Bernstein E. R., Lippard S. J., Spiro T. G. // Inorg. Chem., 1975. V. 14. No. 3. P. 576.
14. Мирсаидов У., Дымова Т. Н. Боргидриды переходных металлов. Душанбе: Дониш, 1985.

Институт новых химических проблем
АН СССР

Поступила в редакцию
3.IX.1987