

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Удмуртский государственный университет»

Е.Б Сафронова, С.М. Решетников

НОМЕНКЛАТУРА КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Методическая разработка по курсу
«Современные проблемы химии»

Ижевск 2011

УДК 541.2

Рекомендовано к печати Методической комиссией биолого-химического факультета УдГУ и методическим отделом УМД УдГУ.

Рецензент д.х.н. М.А. Плетнев.

Сафронова Е.Б., Решетников С.М.

Номенклатура комплексных соединений. Методическая разработка по курсу «Современные проблемы химии» Ижевск: ГОУ ВПО «УдГУ», 2011. – 26 с.

Методическая разработка включает в себя основные правила построения названий комплексных соединений. Издание предназначено для студентов и магистрантов, осваивающим основную образовательную программу по направлению «Химия».

УДК 541.3

© Е.Б. Сафронова,

С.М. Решетников, 2011

© Удмуртский государственный
университет, 2011

Содержание

ВВЕДЕНИЕ. Понятие комплексных соединений	6
1. Формулы и названия лигандов.....	6
2. Формулы комплексных соединений.....	12
3. Одноядерные комплексные соединения.....	14
4. Многоядерные комплексные соединения	18
5. Геометрические изомеры.....	23
6. Список литературы.....	25

ВВЕДЕНИЕ

ПОНЯТИЕ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Первую номенклатуру комплексных соединений разработал основоположник координационной теории А. Вернер (1893). До этого в построении названий комплексных соединений не было никакой системы. Делались попытки называть соединения именами тех химиков, которые впервые получали эти вещества, например, соль Дрекслея – $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_4$, соль Чугаева – $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_5\text{Cl}]\text{Cl}_3$, соль Пейроне – $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$. Были попытки систематизировать комплексные соединения по их составу, например, – $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ – лутеосоли кобальта (от лат. *luteus* – желтый). Комплексное соединение $[\text{Ir}(\text{NH}_3)_6]\text{Cl}_3$ поэтому также называли лутеосолью, хотя его окраска – белая.

Несостоятельность таких попыток образования названий очевидна.

Координационная теория Вернера одновременно явилась основой для создания номенклатуры комплексных соединений. Основные положения этой теории следующие.

Комплексное соединение состоит из внутренней сферы (комплекса) и внешней сферы. Во внутреннюю сферу комплекса входят: комплексообразователь (центральный атом) и лиганды (от лат. *ligare* – связывать, соединять), т.е. атомы или группы атомов (молекулы, ионы), которые координированы центральным атомом. Внутренняя сфера может быть положительно или отрицательно заряженной (тогда внешняя сфера – простой анион или катион), но может быть и нейтральной (тогда внешней сферы нет вообще); встречаются соединения с комплексным катионом и анионом одновременно.

1. ФОРМУЛЫ И НАЗВАНИЯ ЛИГАНДОВ

Отрицательно заряженные лиганды. Если в качестве лигандов выступают одноэлементные анионы, то названия таких лигандов состоят из полного названия или корня названия аниона с соединительной гласной **-о**.

Примеры:

Br^- – бром

I^- – иод

Cl^- – хлор

O^{2-} – окс

O_2^{2-} – перокс

N^{3-} – нитрид

N_3^- – азид

F^- – фторо

O_3^- – озono

S_2^{2-} – дисульфидо(2–)

O_2^- – надпероксо

S_5^{2-} – пентасульфидо(2–)

H^- – гидридо

По традиции сульфид-ион именуют так: S^{2-} – тио.

Если в качестве лигандов выступают многоэлементные анионы, имеющие специальные названия, то названия лигандов строятся аналогично, например:

OH^- – гидроксо

NO^- – нитрозо

NH^{2-} – имидо

NCS^- – тиоцианато

HO_2^- – гидропероксо

CN^- – циано

NH_2^- – амидо

NCS_2^- – селеноцианато

По традиции гидросульфид-ион HS^- именуют так: меркапто.

Если в качестве лигандов выступают анионы оксокислот (кислотные остатки) и их производные, то при построении названий лигандов к традиционным названиям этих анионов добавляют соединительную гласную –о.

Примеры:

CO_3^{2-} – карбонато

$S_2O_6(O_2)^{2-}$ – пероксодисульфато

NO_3^- – нитрато

TeO_6^- – ортотеллуrato

PO_4^{3-} – ортофосфато

ClO_4^- – перхлорато

AsO_4^{3-} – арсенато

IO_6^{5-} – ортопериодато

SO_4^{2-} – сульфато

IO_3^- – иодато

HSO_4^- – гидросульфато

$PH_2O_2^-$ – фосфинато

SO_3^{2-} – сульфито

PHO_3^{2-} – фосфонато

HSO_3^- – гидросульфито

MoO_3^{2-} – триоксомолибдато(IV)

$S_2O_3S^{2-}$ – тиосульфато

$Mo_6O_{12}^{12-}$ – 24-оксогексамолибдато(IV)

Названия лигандов, содержащих кислотный остаток и катионы металла, представляют собой одно слово, состоящее из названия кислотного остатка с соединительной гласной –о и названия катиона, например: $NaSO_3^-$ – сульфитонатрий.

Анионы органических соединений в качестве лигандов называют аналогично анионам оксокислот:

$HCOO^-$ – формиато

CH_3COO^- – ацетато

$C_2O_4^{2-}$ – оксалато

$C_6H_5COO^-$ – бензоато

$NH_2CH_2COO^-$ – глицинато

$[(OOCCH_2)_2NCH_2CH_2N(CH_2COO)_2]^{4-}$ – эилендиаминтетраацетато

Анионы углеводов в качестве лигандов называют без соединительной гласной:

CH_3^- – метил

$C_6H_5^-$ – фенил

C_2H^- – этинил

$C_2H_5^-$ – этил

$C_2C_6H_5^-$ – фенилэтинил

$C_5H_5^-$ – циклопентадиенил

Положительно заряженные лиганды. Если в качестве лигандов выступают многоэлементные катионы с названиями на **-ий**, то в комплексных соединениях эти названия сохраняются; если свободные катионы называются иначе, то при их использовании в качестве лигандов к названиям добавляют **-ий**.

Примеры:

$N_2H_5^+$ – гидразиний

NO_2^+ – нитроилий

NO^+ – нитрозилий

По традиции катион водорода в качестве лиганда называют так:
 H^+ – гидро.

Названия катионов металлов в качестве лигандов используют без изменений, например, Ag^+ – серебро(I).

Названия положительно заряженных лигандов, содержащих катион металла и анионы, представляют собой одно слово, состоящее из названия аниона (как лиганда) и названия катиона.

Примеры:

$HgCl^+$ – хлорортуть(I)

HgI^+ – иодортуть(I)

$HgOH^+$ – гидроксортуть(I)

Нейтральные лиганды. Для обозначения в качестве лигандов нейтральных групп атомов (молекул) используют их названия без изменений.

Примеры:

N_2 – диазот

C_2H_4 – этилен

O_2 – диоксиген

C_6H_6 – бензол

SO_2 – диоксисера

CH_3OH – метанол

PF_3 – трифторофосфор

CH_3CN – ацетонитрил

CS_2 – сероуглерод	C_2H_5OH – этанол
N_2H_4 – гидразин	C_5H_5N – пиридин
NH_2OH – гидроксилламин	$(C_5H_4N)_2$ – 2,2'-бипиридил
$C(NH_2)_2O$ – карбамид	$P(C_2H_5)_3$ – триэтилфосфин
$CS(NH_2)_2S$ – тиокарбамид	$P(C_6H_5)_3$ – трифенилфосфин
$(CH_3)_2CO$ – ацетон	$NH_2CH_2CH_2NH_2$ – этилендиамин
$(CH_3)_2SO$ – диметилсульфоксид	$NH_2NHCONH_2$ – семикарбазид

По традиции для некоторых лигандов применяют специальные названия:

H_2O – аква	NO – нитрозил	CS – тиокарбонил
NH_3 – амин	CO – карбонил	

Место присоединения лиганда. Многоэлементные лиганды могут быть координированы к комплексообразователю различными своими атомами или несколькими атомами (полидентантные лиганды). Отображение координации лиганда центральным атомом не является обязательным номенклатурным правилом. В молекулярных формулах комплексных соединений лиганд всегда изображается одной и той же формулой, т.е. не рекомендуется изменять порядок расположения элементов в формулах лигандов; например, не следует писать NCS^- и SCN^- , NO_2^- и ONO^- . При наличии информации о координации лиганда ее можно отразить в названии лиганда, указав в конце названия химический символ координируемого атома или атомов (через дефис).

Примеры названий лигандов с различной координацией:

CN^- – циано-N	и	CN^- – циано-C
NCS^- – тиоцианато-N	и	NCS^- – тиоцианато-S
CS_2 – сероуглерод-C	и	CS_2 – сероуглерод-C,S
ClO_4^- – перхлорато-O	и	ClO_4^- – перхлорато-O,O

По традиции нитрит-ион, координированный различными атомами, называют так:

NO_2^- – нитро (координация через атом N)
NO_2^- – нитрито (координация через атом O)

Сокращенные обозначения лигандов. Многие органические лиганды имеют сложные формулы, пользоваться которыми при составлении формул комплексных соединений неудобно. В этих случаях возможно применение буквенных сокращений вместо химических формул лигандов. Однако использование сокращений (кроме самых известных и общепринятых) не является обязательным номенклатурным требованием и нуждается в расшифровке.

Примеры сокращенных обозначений лигандов:

ацетилацетонато $CH_3C(O)CH=C(CH_3)O^-$	– асac
2,2'-бипиридил $(C_5H_4N)_2$	– bipy
карбамид $C(NH_2)_2O$	– ur
оксалато $C_2O_4^{2-}$	– ox
пиридин C_5H_5N	– py
циклопентадиенил $C_5H_5^+$	– cp
этилендиамин $NH_2CH_2CH_2NH_2$	– en
тиокарбамид $CS(NH_2)_2$	– thio
1,10-фенантролин $C_{12}H_8N_2$	– phen
этилендиаминтетраацетато $[(OOCCH_2)_2NCH_2CH_2N(CH_2COO)_2]^{4-}$	– edta

Особенности записи формул лигандов. Число лигандов. В названии внутренней сферы число одинаковых лигандов (больше единицы) указываются числовыми приставками:

1 – моно	5 – пента	9 – нона
2 – ди	6 – гекса	10 – дека
3 – три	7 – гепта	11 – ундека
4 – тетра	8 – окта	12 – додека

Числовые приставки пишутся слитно с названиями лигандов, например:

Br_2 – дибромо (два лиганда Br^-)

$(H_2O)_4$ – тетрааква (четыре лиганда H_2O)

$(NH_3)_5$ – пентааммин (пять лигандов NH_3)

Если в названии сложного лиганда уже имеется числовая приставка, например O_2 – диоксигород или $NH_2CH_2CH_2NH_2$ – этилендиамин, то для указания числа таких лигандов во внутренней

сфере комплексного соединения применяют *умножающие* числовые приставки

2 – бис; 3 – трис; 4 – тетраakis; 5 – пентаkis,

а название самого лиганда заключают в скобки, например:

$(N_2)_2$ – бис(дiazot) (два лиганда N_2)

$P(C_2H_5)_3$ – трис(триэтилфосфин) [три лиганда $P(C_2H_5)_3$]

Название лиганда заключают также в скобки, если в нем имеются цифры или символы атомов элементов, например:

$\{C_5H_5N\}_2$ – (2,2'-бипиридил)

(NCS^-) – (тиоцианато-N)

$(HgCl^+)$ – {хлорортуть(II)}

Если название лиганда в сочетании с числовой приставкой может привести к неправильному пониманию названия и формулы лиганда, то название такого лиганда также заключают в скобки, например:

$(N)_2$ – ди(азот) [два лиганда N^0]

в отличие от

(N_2) – (дiazot) [один лиганд N_2]

То же относится и к сочетанию названий нескольких лигандов в одной внутренней сфере, которое может быть принято за название другого лиганда, например:

$(C_2H_4)Cl_3$ – трихлоро(этилен) [три лиганда Cl^- и один лиганд C_2H_4]

в отличие от

(C_2HCl_3) – (трихлорэтилен) [один лиганд C_2HCl_3]

Рекомендуется выделять также круглыми скобками названия лигандов с приставками (пер-, тио-, пероксо-, гидро-, орто-, мета- и др.) и названия сложных органических лигандов, например ортопериодато, гидросульфито, тиокарбамид, семикарбазид, ацетилацетонато, ацетонитрил.

2. ФОРМУЛЫ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

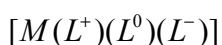
При написании формулы внутренней сферы комплексного соединения, содержащей один вид лигандов L , вначале записывают центральный атом M , а затем лиганды с указанием их числа n ; всю внутреннюю сферу заключают в квадратные скобки:



Внешнюю сферу X помещают слева или справа от внутренней сферы в зависимости от того, является ли внешняя сфера катионом или анионом:



Если в состав внутренней сферы входят разные по типу заряда лиганды – положительно заряженные L^+ , нейтральные L^0 и отрицательно заряженные L^- , то их располагают в следующем порядке:



Лиганды, одинаковые по типу заряда, но разные по химическому составу, а именно по порядку расположения в этом ряду их первых (слева) элементов независимо от сложности лигандов. Так, лиганд H_2O будет записан в формуле комплекса левее, чем NH_3 , лиганд $C_2O_4^{2-}$ – левее, чем OH^- . Если первые элементы у таких лигандов совпадают, то сравнивают между собой вторые элементы; например, в формуле комплекса записывают сначала лиганд C_5H_5N , а затем лиганд CO .

Разные по составу лиганды с одним и тем же типом заряда, образованные атомами одних и тех же элементов, записывают в порядке увеличения числа атомов первого элемента, а при их равенстве – второго и т.д., например, в формуле комплекса сначала записывают лиганд NH_3 , а затем лиганд N_2H_4 , или сначала лиганд C_2H^- , а затем $C_2H_3^-$ (этенил).

Если один из лигандов – одноэлементное соединение, например N_2 , а другой – двухэлементное соединение, формула которого начинается с того же элемента, что и у первого лиганда, например NH_3 , то в формуле комплекса первым записывают одноэлементный лиганд, а затем

двухэлементный, например N_2H_4 , ставят в формуле комплекса левее, чем более сложный (по числу элементов в его формуле) трехэлементный лиганд, например NH_2OH .

При одинаковом химическом, но разном изотопном составе лиганд с более тяжелым изотопом данного элемента располагают после лиганда с более легким изотопом этого же элемента. Так, в формулах комплексов сначала записывают лиганд NH_3 , затем лиганд ND_3 .

Если формула одного из одинаковых по типу заряда лигандов начинается с металлического элемента, а формула другого лиганда – с неметалла, то металлсодержащий лиганд записывается первым, например, сначала лиганд $SbCl_3$, затем CO .

При буквенном обозначении лиганда порядок его расположения в формуле комплекса также определяется химической формулой этого лиганда. Например, лиганд *py* (пиридин C_5H_5N) будет записан раньше, чем лиганд *en* (этилендиамин $NH_2CH_2CH_2NH_2$).

Если в формуле комплексного соединения степень окисления центрального атома не очевидна, то она может быть указана следующим образом: положительная степень окисления – римской цифрой (знак плюс опускается), отрицательная степень окисления – римской цифрой со знаком минус; цифру располагают справа вверху от символа атома, например $[M^{II}L_4]$ или $[M^{-I}L_6]$. В редких случаях допускается указание заряда лигандов, особенно тогда, когда при одинаковом составе заряд их может быть различным, например для лигандов NO^+ , NO^0 , NO^- или для лигандов O_2^{2-} и O_2^- .

При наличии в комплексе нескольких разных лигандов их отделяют друг от друга круглыми скобками во избежание разночтений. Например, запись (C_5H_5N) означает один лиганд пиридин, а запись $(C_5H_5)(N)$ – один лиганд цикlopentadiенил $C_5H_5^-$ и один лиганд нитридо N^{3-} ; запись (N_2) означает один лиганд диазот, а запись $(N)_2$ – два лиганда азот N^0 .

Формулы комплексных соединений читают строго **справа налево**, соблюдая указанный в формуле порядок расположения лигандов.

3. ОДНОЯДЕРНЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Комплексное соединение с одним центральным атомом (комплексообразователем) во внутренней сфере называется одноядерным. Такое соединение может содержать комплексный катион или (и) комплексный анион, но может быть и нейтральным (без внешней сферы).

Соединения без внешней сферы. Систематическое название комплексного соединения без внешней сферы составляется следующим образом. Сначала перечисляются лиганды с отвечающими им числовыми приставками, а затем указывают комплексообразователь, т.е. русское название химического элемента; все название комплексного соединения пишется слитно и в именительном падеже.

Примеры систематических названий комплексных соединений без внешней сферы:

$[Co(NH_3)_3Cl_3]$	– трихлоротриамминкобальт	
$[Co(H_2O)_4(NO_2)_2]$	– динитротетрааквакобальт	(координация лиганда NO_2^- через атом N)
$[Co(en)_2(NO_2)_2]$	– динитритобис(этилендиамин)кобальт	(координация лиганда NO_2^- через атом O)
$[Cr(C_6H_6)_2]$	– дибензолхром	
$[Cr(H_2O)_3(ox)Cl]$	– хлоро(оксалато)триаквахром	
$[MnH(CO)_5]$	– пентакарбонилгидромарганец	
$[Ni(CO)_4]$	– тетракарбонилникель	
$[Ni(NO^+)(OH)_3]$	– тригидроксонитрозилийникель	
$[Ni(CH_3CN)_4(CIO_4)_2]$	– диперхлоратотетра(ацетонитрил)никель	
$[Os(NH_3)_6]$	– гексаамминосмий	
$[Pd\{P(C_6H_5)_3\}_2(O_2^0)]$	– (диоксигород)бис(трифенилфосфин)палладий	
$[Pt(NH_3)_2Br_2]$	– дибромодиамминплатина	
$[Pt\{P(C_2H_5)_3\}_2Cl_2]$	– дихлоробис(триэтилфосфин)платина	
$[Rh^I(CS)\{P(C_2H_5)_3\}_2Cl]$	– хлоробис(триэтилфосфин)(тиокарбонил)родий	
$[Ru(H_2O)(NH_3)_4SO_3]$	– сульфитотетраамминакварутений	
$[Zn(py)_2(Cl)_2]$	– дихлороди(пиридин)цинк	

Соединения с комплексными катионами. Систематическое название соединения с комплексным катионом формируется следующим образом. Вначале называют в именительном падеже

внешнесферный анион, затем в родительном падеже – комплексный катион: перечисляют лиганды, комплексообразователь (русское название элемента) и его степень окисления. Названия аниона и катиона пишут раздельно.

Примеры соединений с комплексными катионами:

$[Ag(NH_3)_2]ClO_4$	– перхлорат диамминсеребра
$[Al(H_2O)_5OH]^{2+}$	– катион гидроксопентааква
$[Co(NH_3)_6](SO_4)Cl$	– хлорид-сульфат гексаамминкобальта(III)
$[Co(NH_3)_5NCS]Cl_2$	– хлорид(тиоцианато-N)пентаамминкобальта(III) (координация лиганда <i>NCS</i> через атом <i>N</i>)
$[Cu(H_2O)_4]SO_4 \cdot H_2O$	– гидрат сульфата тетрааквамеди(II)
$[Cu(NH_3)_4](OH)_2$	– гидроксид тетраамминмеди(II)
$[Cu(ur)_2]Cl$	– хлорид ди(карбамид)меди(I)
$[Fe(bipy)_3]Cl_2$	– хлорид трис(2,2'-бипиридил)железа(II)
$[Fe^I(NO^+)(H_2O)_5]SO_4$	– сульфат пентаакванитрозилийжелеза(I)
$[Na(NH_3)_4]I$	– иодид тетраамминнатрия(I)
$[O(HgCl)_3]Cl$	– хлорид три {хлорортуть(II)} кислорода(–II)
$[O(HgI)_2(HgOH)]ClO_4$	– перхлорат {гидроксортуть(II)} ди {иодортуть(II)} кислорода(–II)
$[Pt(en)_2](OH)_2$	– гидроксид бис(этилендиамин)платины(II)
$[Pt(H_2O)(NH_3)_2OH]NO_3$	– нитрат гидроксодиамминакваплатины(II)
$[Pt(N_2H_5)_2Cl_2]Br_2$	– бромид дихлородигидразинийплатины(II)
$[Ru(N_2)(NH_3)_5]Cl_2$	– хлорид пентааммин(диазот)рутения(II)
$[Ru(SO_2)(NH_3)_4Cl]Cl$	– хлорид хлоротетрааммин(диоксосера)рутения(II)
$[RuH_2O(NH_3)_4HSO_3]Cl$	– хлорид (гидросульфито)тетраамминакварутения(II)
$[SbAg_6](NO_3)_3$	– нитрат гекса {серебро(I)} сурьмы(-III)

При наличии двух разных комплексных катионов их названия разделяют дефисом:

$[Cs(H_2O)_6][Ga(H_2O)_6](SO_4)_2$	– сульфат гексааквагаллия(III) – гексааквацезия(I)
$[Pt^{II}(NH_3)_4][Pt^{IV}(NH_3)_4Cl_2]Cl_4$	– хлорид хлоротетраамминплатины(IV) – тетраамминплатины(II)

Соединения с комплексными анионами. Систематическое название соединения с комплексным анионом строится следующим образом. Сначала называют в именительном падеже комплексный анион, затем в родительном падеже – внешнесферный катион. В

названии комплексного аниона перечисляют лиганды, комплексообразователь (корень названия элемента, используемый в производных терминах), суффикс **–ат** и степень окисления центрального атома. Названия катиона и аниона пишут отдельно.

Примеры соединений с комплексными анионами:

$Na_3[Ag(SO_3S)_2]$	– ди(тиосульфато)аргентат(I) натрия
$Li_3[AlH_6]$	– гексагидридоалюминат(III) лития
$K[B(C_6H_5)_4]$	– тетрафенилборат(III) калия
$Cs[Br^I Cl_2]$	– дихлоробромат(I) цезия
$Na[Co(CO)_4]$	– тетракарбонилкобальтат(–I) натрия
$Na_3[Co(NO_2)_6]$	– гексанитрокобальтат(III) натрия (координация лиганда NO_2^- через атом N)
$Na_3[Co(NO_2)_6]$	– гексанитритокобальтат(III) натрия (координация лиганда NO_2^- через атом O)
$K_7[Cu(IO_6)_2]$	– ди(ортопериодато)купрат(III) калия
$Ba_2[Cu(TeO_6)]$	– (ортотеллурато)купрат(II) бария
$(NO)[CuCl_2]$	– дихлорокупрат(I) нитрозила
$KFe[Fe^{II}(CN)_6]$	– гексацианоферрат(II) железа(III)-калия
$Na_2[Fe(NCSe)_4]$	– тетра(селенцианато)феррат(II) натрия
$(NH_4)_3[Fe(SO_3)_3]$	– трисульфитоферрат(III) аммония
$KFe[Fe^{III}(CN)_6]$	– гексацианоферрат(III) железа(II)-калия
$K_2[FeNO(CN)_5]$	– пентацианонитрозилферрат(III) калия
$K_2[Hg(NO_3)_4]$	– тетранитратомеркурат(II) калия
$Na_2[Hg(NCS)_4]$	– тетра(тиоцианато-S)меркурат(II) натрия (координация лиганда NCS^- через атом S)
$Ba[Hg(C_2H)_4]$	– тетраэтинилмеркурат(II) бария
$Cs[I(I)_2]$	– диiodoiodат(I) цезия
$(NO_2)_2[IrF_5]$	– пентафтороиридат(III) нитроила
$Li[La(edta)]$	– (этилендиаминтетраацетато)лантанат(III) лития
$H_2[Mn(IO_3)_6]$	– гексаиодатоманганат(IV) водорода
$K[Nd(SO_4)_2]$	– ди(сульфато)неодимат(III) калия
$K_3[Ni(NO)_2(SO_3S)_2]$	– ди(тиосульфато)динитрозилникколат(I) калия
$K_2[Ni(CN)_4]$	– тетрацианониколлат(II) калия
$(NH_4)_2[OsCl_5]$	– пентахлороосмат(III) аммония
$K_4[Pd(CN)_4]$	– тетрацианопалладат(0) калия
$K_4[Pt(C_2H_4)Cl_3]$	– трихлоро(этилен)платинат(II) калия
$(NH_4)_2[Pt(S_5)_3]$	– трис {пентасульфидо(2–)} платинат(IV) аммония
$Na_2[Pt(CN)_4Cl_2]$	– дихлоротетрацианоплатинат(IV) натрия
$(O_2^+)[PtF_6]$	– гексафтороплатинат(V) диоксигенила

$K_2[Re(CN_4)N]$	– нитридотетра(циано-N)ренат(V) калия (координация лиганда CN^- через атом N)
$K_2[Rh(NH_3)_3(NaSO_3)(SO_3)_2]$	– дисульфито(сульфитонатрий)триамминродат(III) калия
$H_2[SiF_6]$	– гексафторосиликат(IV) водорода
$Na_2[Sn(N_3)_6]$	– гексаазидостаннат(IV) натрия
$Na_4[U(O^{2-})_2(O_2^{2-})_3]$	– трипероксодиоксоуранат(VI) натрия
$Na_3[V(NCS)_6]$	– гекса(тиоцианато-N)ванадат(III) натрия (координация лиганда NCS^- через атом N)
$(NH_4)_3[VO_2F_4]$	– тетрафторородиоксованадат(V) аммония
$Na_2[Zn(OH)_4]$	– тетрагидроксоцинкат(II) натрия

При наличии двух разных комплексных анионов их названия разделяют дефисом, например:

$Rb_4[Sb^{III}Cl_6][Sb^VCl_6]$ – гексахлоростибат(V)- гексахлоростибат(III) рубидия

Соединения с комплексными катионом и анионом. Названия этих соединений составляются по правилам построения названий комплексных катионов и анионов. Вначале называют в именительном падеже комплексный анион, затем в родительном падеже – комплексный катион; названия катиона и аниона пишут отдельно. В формуле аниона указывают степень окисления центрального атома.

Примеры соединений с комплексными катионом и анионом:

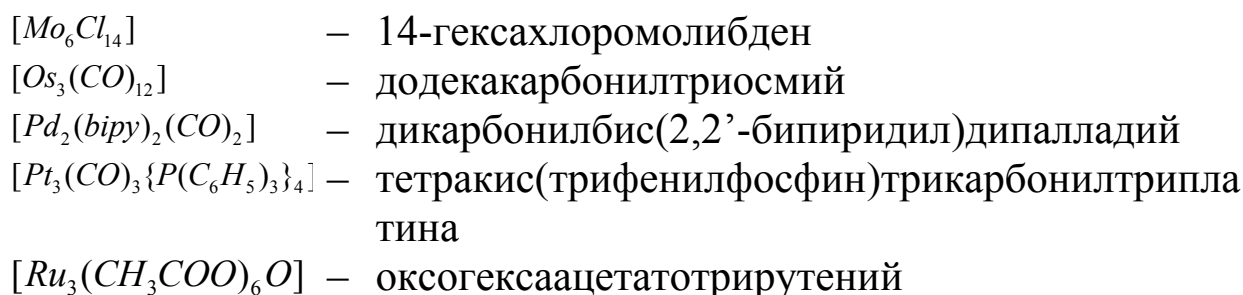
$[Cu(en)_2][Pt^{II}Cl_4]$	– тетрахлороплатинат(II) бис(этилендиамин)меди(II)
$[Pt(py)_4]_2[Fe^{II}(CN)_6]$	– гексацианоферрат(II) тетра(пиридин)платины(II)
$[Co(NH_3)_6][Co^{III}(NH_3)_2(NO_2)_4]_3$	– тетранитродиаамминкобальтат(III) гексаамминкобальтата(III)
$[NbF_4][Sb^VF_6]$	– гексафторостибат(V) тетрафторониобия(V)
$[ClF_2][Sb^VF_6]$	– гексафторостибат(V) дифторохлора(III)
$[XeF_5][Co^{III}F_4]$	– тетрафторокобальтат(III) пентафтороксенона(VI)
$[BrF_2][Ru^VF_6]$	– гексафторорутенат(V) дифтороброма(III)
$[Pd(NH_3)_4][Pd^{IV}Cl_6]$	– гексахлоропалладат(IV) тетраамминпалладия(II)
$[Ni(CH_3CN)_6][Ni^{II}I_4]$	– тетраиодониколлат(II) гекса(ацетонитрил)никеля(II)
$[Mn(CO)_6][Al^{III}Cl_4]$	– тетрахлороалюминат(III) гексакарбонилмарганца(I)

4. МНОГОЯДЕРНЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

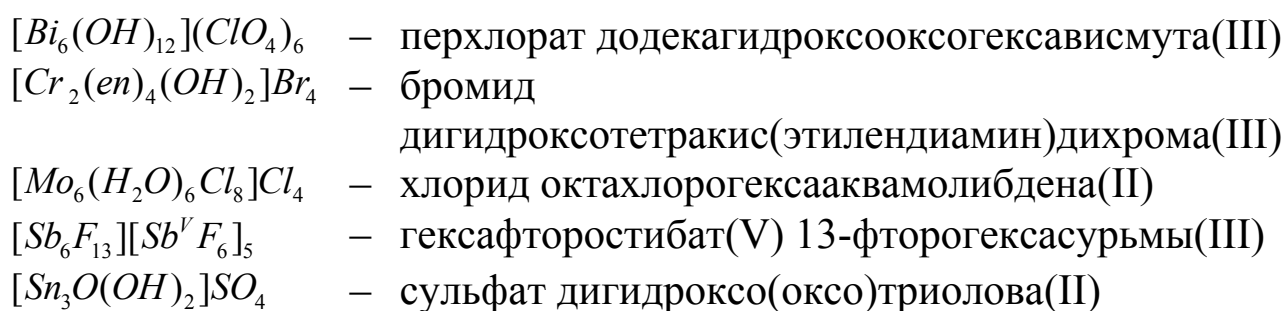
Комплексное соединение, содержащее два или более центральных атома (комплексообразователя) во внутренней сфере, называется многоядерным. Эти соединения, так же как и одноядерные комплексные соединения, могут содержать комплексный катион или (и) комплексный анион, но могут быть и нейтральными.

Систематические названия многоядерных комплексных соединений строятся по их молекулярным формулам аналогично названиям одноядерных комплексных соединений, но при этом обязательно указывается число комплексообразователей с помощью числовых приставок.

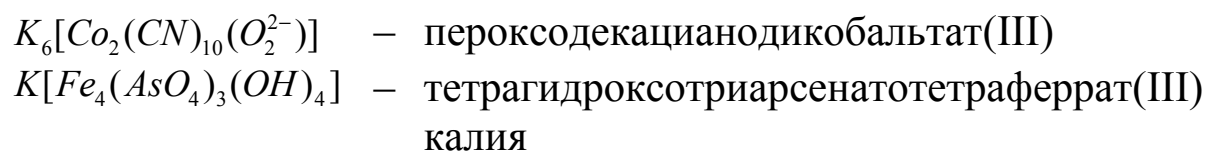
Примеры названий многоядерных комплексных соединений:



Примеры названий соединений с многоядерным комплексным катионом:



Примеры названий соединений с многоядерным комплексным анионом:



$Cs_4[Mg_3F_{10}]$	– декафторотриманганат(II) цезия
$K_2[Re_2Br_8]$	– октабромодиренат(III) калия
$Ba_2[Rh(CO)_4]$	– тетракарбонатодиродат(II) бария
$K_3[Ru_2(H_2O)_2Cl_8N]$	– нитридооктахлородиаквадирутенат(IV) калия
$Br_2[Sb_3F_{16}]$	– 16-фторостибат(V) диброма (1+)
$K_2[Se_2(NCSe)_6]$	– гекса(селенцианато)диселенат(II) калия
$\{As(C_6H_5)_4\}_2[Te_2Cl_{10}]$	– декахлородителлурат(IV) тетрафениларсония
$K_3[W_2Cl_9]$	– нонахлородивольфрамат(III) калия
$Cs_3[Zn_2(N_3)_7]$	– гептаазидодидцинкат(II) цезия

Если в комплексном катионе или анионе многоядерного соединения степень окисления центрального атома определить не удастся (и дополнительная информация отсутствует), то и в названии указывают число катионов и анионов, например:

$[Nb_6Cl_{12}]Cl$	– моноклорид додекахлорогексаниобия
$[Nb_6I_8]I_3$	– трииодид октаиодогексаниобия
$[Ru_2(CH_3COO)_4]Cl$	– моноклорид тетраацетатодирутения
$[W_6Br_{14}]Br_2$	– дибромид 14-бромогексавольфрама
$Na_2[Pt_3(CO)_6]_3$	– трис(гексакарбонилтриплатинат) динатрия
$Rb_2[Re_3Cl_{10}]$	– декахлоротриренат дирубидия
$K_2[Re_4Br_{15}]$	– 15-бромотетраренат дикалия

Соединения с мостиковыми лигандами. Центральные атомы в многоядерных комплексных соединениях могут быть связаны непосредственно между собой или через лиганды. Эти данные передаются развернутыми молекулярными формулами; некоторые особенности имеют и правила построения названий таких соединений.

Лиганды многоядерного комплексного соединения, связанные одновременно с более чем одним комплексообразователем, называют мостиковыми, а само соединение – многоядерным комплексным соединением с мостиковыми лигандами.

Наиболее простые из многоядерных комплексных соединений – двухъядерные – можно представлять развернутыми молекулярными формулами, в которых мостиковые лиганды L' помещаются между центральными атомами M , а немостиковые лиганды L – соответственно слева или справа от тех атомов M , которые координируют эти лиганды:



В названии внутренней сферы порядок перечисления лигандов и центральных атомов следующий: мостиковые лиганды, немостиковые лиганды с правым центральным атомом, немостиковые лиганды с левым центральным атомом. Название мостикового лиганда отличают предшествующей буквой μ (через дефис) и заключают в скобки.

При симметричном расположении немостиковых лигандов название внутренней сферы укорачивается за счет использования умножающей числовой приставки **бис-**.

Примеры названий многоядерных комплексных соединений с мостиковыми лигандами:

$[(NH_3)_5CrOHCr(NH_3)_4OH]Br_4$	– бромид (μ -гидроксо)гидроксотетраамминхрома(III)пентаамминхрома(III)
$[Cl_2(NH_3)_3CoNH_2CoH_2O(NH_3)_3Cl]Cl_2$	– хлорид (μ -амидо)хлоротриамминаквакобальта(III)дихлоротриамминкобальта(III)
$[Cl_2(NH_3)_3Co^{III}(NH_2)(O_2^{2-})Co^{IV}(NH_3)_4]Cl_2$	– хлорид (μ -пероксо)(μ -амидо)тетраамминкобальта(IV)дихлородиамминкобальта(III)
$[(NO)_2CoCl_2Co(NO)_2]$	– ди(μ -хлоро)бис(динитрозилкобальт)
$[Cl_2Pt(N_2H_4)_2PtCl_2]$	– ди(μ -гидразин)бис(дихлороплатина)
$[Cl(C_2H_4)PtCl_2Pt(C_2H_4)Cl]$	– ди(μ -хлоро)бис{хлоро(этилен)платина}
$[Br_2AlBr_2AlBr_2]$	– ди(μ -бromo)бис(дibromoалюминий)
$[(NH_3)_5CrOCr(NH_3)_5]Cl_4$	– хлорид (μ -оксо)бис{пентаамминхрома(III)}
$[(NH_3)_4Co(NH_2)(NO_2)Co(NH_3)_4](NO_3)_4$	– нитрат (μ -нитро)(μ -амидо)бис{тетраамминкобальта(III)}
$[(H_2O)_4Fe(OH)_2Fe(H_2O)_4](SO_4)_2$	– сульфат ди(μ -гидроксо)бис{тетраакважелеза(III)}
$K_4[(C_2O_4)_2Co(OH)_2Co(C_2O_4)_2]$	– ди(μ -гидроксо)бис{диоксалатокобальтат(III)} калия

Если приставка **бис-** уже использована внутри названия одной симметричной части комплекса, то в качестве умножающей приставки применяют приставку **ди-**, например:

$[(en)_2Co(SO_4)(NH_2)Co(en)_2]Br_2$	– бромид (μ -амидо)(μ -сульфато)ди{бис(этилендиамин)кобальта(III)}
--------------------------------------	--

Сложные комплексные соединения с мостиковыми лигандами изображаются обычно структурными (пространственными) формулами. В названиях, построенных по таким формулам, должно быть указано пространственное расположение центральных атомов и лигандов.

Кластерные соединения. Центральные атомы в многоядерных комплексных соединениях могут быть связаны между собой непосредственно. Такие соединения принято называть кластерными. В них могут присутствовать и мостиковые лиганды.

В развернутых молекулярных формулах двухъядерных кластерных соединений прямую связь между центральными атомами показывают одной чертой (M–M) независимо от того, какова кратность данной связи. В систематических названиях этих соединений наличие связи M–M указывают в круглых скобках после названия. Если формула внутренней сферы симметрична относительно связи M–M, то названия упрощаются за счет использования умножающей приставки **бис-**.

Примеры названий кластерных соединений:

$[(CO)_5 Re - Mn(CO)_5]$	– пентакарбонилмарганецпентакарбонилрений(Mn–Re)
$[(CO)_5 Re - Co(CO)_4]$	– тетракарбонилкобальтпентакарбонилрений(Co–Re)
$[(CO)_5 Mn - AuP(C_6H_5)_3]$	– (трифенилфосфин)золотопентакарбонилмарганец(Au–Mn)
$[(CO)_5 Mn - Mn(CO)_5]$	– бис(пентакарбонилмарганец)(Mn–Mn)
$K_2[Cl_4 Re - Re Cl_4]$	– бис{тетрахлороренат(III)} калия(Re–Re)
$K_8[(CN)_4 Co - Co(CN)_4]$	– бис{тетрацианокобальтат(0)} калия(Co–Co)
$(NH_4)_3[Cl_4 Tc - Tc Cl_4]$	– бис(тетрахлоротехнетат) триаммония(Tc–Tc)
$K_4[(CN)_3 Ni - Ni(CN)_3]$	– бис{трицианониколлат(I)} калия(Ni–Ni)
$Ba_2[(CO_3)_2 Rh - Rh(CO_3)_2]$	– бис{дикарбонатородат(II)} бария(Rh–Rh)

Изополисоединения. Многоядерные соединения с комплексными анионами, в которых комплексообразователями являются атомы одного и того же элемента, а в качестве лигандов (в том числе и мостиковых) выступают оксид-ионы O^{2-} , называют изополисоединениями.

Если изополисоединения изображаются развернутыми молекулярными формулами, характеризующими их как комплексные соединения с мостиковыми лигандами, то систематические названия следует строить в соответствии с правилами для соединений с мостиковыми лигандами, например:

$H_4[O_3POPO_3]$	– (μ -оксо)бис{триоксофосфат(V)} водорода
$K_2[O_3S(O)SO_3]$	– (μ -оксо)бис{триоксосульфат(VI)} калия
$Ca_2[O_4IOIO_4]$	– (μ -оксо)бис{тетраоксоиодат(VII)} кальция

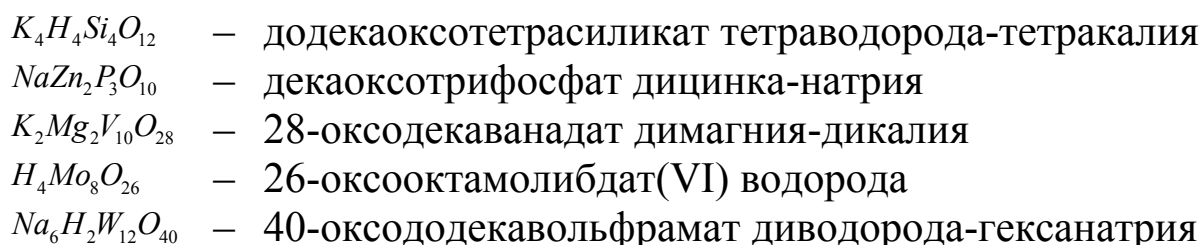
Существуют изополисоединения, содержащие в качестве лигандов оксидные и гидроксидные группы. К таким соединениям относят, в

частности, декагидрат тетрабората натрия $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$. В соответствии с номенклатурой комплексных соединений его систематическая формула и название следующие:



Многие соединения такого типа – комплексные бораты, силикаты, фосфаты, ниобаты, танталаты, молибдаты и вольфраматы – имеют очень сложное строение, поэтому эти соединения обычно называют по их суммарным молекулярным формулам в соответствии с общими правилами.

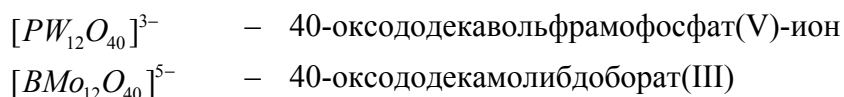
Примеры названий изополисоединений:



Гетерополисоединения. Многоядерные соединения, в комплексных анионах которых содержатся центральные атомы разных элементов, а в качестве лигандов, в том числе и мостиковых, выступают оксид-ионы O^{2-} , называют гетерополисоединениями. К таким соединениям относят в первую очередь гетерополикислоты с общей формулой $H_{8-n}[M^n M_{12}^{VI} O_{40}]$, где $M^n - B^{III}, Si^{IV}, Ge^{VI}, Ti^{IV}, P^V, M^{VI} - Mo$ или W .

Замещением водорода на эквивалентное число катионов других элементов, например $Li^+, Na^+, K^+, Rb^+, Cs^+, Mg^{2+}, Ba^{2+}, Ag^+$ или NH_4^+ , получают соли соответствующих кислот. Строение этих соединений весьма сложно, и поэтому систематические названия составляют по суммарным молекулярным формулам. При этом M^{VI} называют **молибдо** (для Mo) или **вольфрамо** (для W), степень окисления (VI), совпадающую с номером группы Периодической системы, не указывают.

Примеры названий гетерополисоединений:



- $H_4[GeMo_{12}O_{40}]$ – 40-оксододекамолибдогерманат(IV) водорода
 $Na_4[TiMo_{12}O_{40}]$ – 40-оксододекамолибдотитанат(IV) натрия
 $Li_3H[SiW_{12}O_{40}]$ – 40-оксододекавольфрамосиликат водорода-трилития

Встречаются гетерополисоединения других составов; их систематические названия строят аналогично:

- $[MnMo_9O_{32}]^{6-}$ – 32-оксононамолибдоманганат(IV)-ион
 $[IW_6O_{24}]^{5-}$ – 24-оксогексавольфрамоиодат(VII)-ион
 $[P_2Mo_{18}O_{62}]^{6-}$ – 62-оксо-18-молибдодифосфат(V)-ион
 $(NH_4)_6[TeMo_6O_{24}]$ – 24-оксогексамолибдотеллурат(VI) аммония
 $(NH_4)_2H_6[CeMo_{12}O_{42}]$ – 42-оксододекамолибдоцерат гексаводорода-диаммония

5. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗОМЕРЫ

Для различия изомеров в **квадратно-плоскостной** конфигурации к формуле и названию комплексного соединения добавляют приставку *цис-*, если во внутренней сфере одинаковые лиганды занимают соседние положения (находятся по одну сторону от комплексообразователя); если же лиганды находятся по разные стороны от центрального атома, добавляют приставку *транс-*.

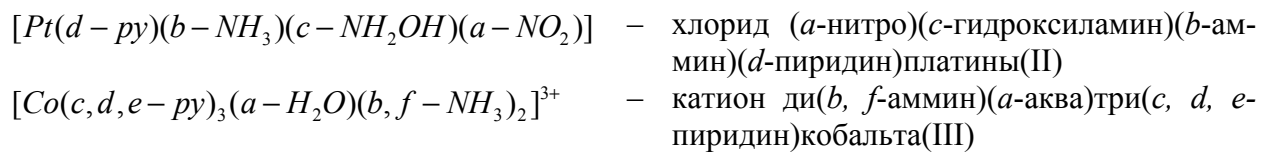
Например:

- цис* – $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ – *цис*-дихлородиамминплатина
транс – $[Pt(NH_3)_2Cl_2]$ – *транс*-дихлородиамминплатина

В **октаэдрических** комплексах типа катиона дихлоротетраамминхрома(III) $[Cr(NH_3)_4Cl_2]^+$ лиганды одного вида (Cl^-) могут находиться по одну сторону от комплексообразователя (и при этом один лиганд расположен в аксиальной, а другой – в экваториальной позиции) – это *цис*-изомер. Если эти же лиганды расположены в противоположных по отношению к центральному атому позициях (на вертикальной оси) – это *транс*-изомер.

Если для соединения, содержащего несколько разных лигандов, возможно большее (чем два) число изомеров, тогда для **квадратно-плоскостной** конфигурации углы квадрата отмечают строчными латинскими буквами по алфавиту (*a, b, c, d*), а для **октаэдрической** конфигурации за первую позицию (*a*) выбирают одну из вершин

октаэдра, затем обозначают плоскость квадрата (b, c, d, e) и, наконец, указывают другую вершину октаэдра (f) . Например:



6. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лидин Р.А. и др. Номенклатура неорганических веществ. – М.: КолосС, 2006. – 95 с.
2. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия. – М.: Химия, 1990. – кн. 1. – 480 с.
3. Инцеди Я. Применение комплексов в аналитической химии. – М.: МИР, 1979. – 376 с.
4. Крешков А.П. Основы аналитической химии. – М.: Химия, 1971, т.2. – 392 с.
5. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. – М.: Высшая школа, 1998. – 672 с.