

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ИНСТИТУТ ХИМИИ И ФИТОТЕХНОЛОГИЙ**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
ОШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Диссертационный совет Д 02.17.561

На правах рукописи
УДК: 546.131(575.2) (043.3)

МАЛАБАЕВА АЙНУРА МУРАТОВНА

**СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА КООРДИНАЦИОННЫХ
СОЕДИНЕНИЙ БИВАЛЕНТНЫХ МЕТАЛЛОВ С МОНОДЕНТАТНЫМ
N-ДОНОРНЫМ ЛИГАНДОМ**

02.00.01 – неорганическая химия

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата химических наук

Бишкек – 2019

Диссертационная работа выполнена в лаборатории неорганической химии Института химии и фитотехнологий Национальной академии наук Кыргызской Республики.

Научный руководитель: **Шыйтыева Насира,**
доктор химических наук, заведующая лабораторией неорганической химии Института химии и фитотехнологий НАН Кыргызской Республики.

Официальные оппоненты: **Маметова Алтынай Сулеймановна,**
доктор химических наук, доцент, зав. кафедрой общей, клинической биохимии и патофизиологии Ошского государственного университета при МОН Кыргызской Республики;

Бообекова Сайнаке Бообековна,
кандидат химических наук, профессор кафедры неорганической химии, факультета химии и технологии Кыргызского национального университета им. Ж. Баласагына.

Ведущая организация: Кафедра химии, факультет естественных наук Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева (010008 г. Нур-Султан, ул. Кажымукана, 13).

Защита диссертации состоится «15» мая 2019 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 02.17.561 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора (кандидата) химических наук при Институте химии и фитотехнологий Национальной академии наук Кыргызской Республики и Ошском государственном университете МОН Кыргызской Республики, по адресу: 720071, г. Бишкек, проспект Чуй, 267.

Код доступа к он-лайн защите диссертации в Zoom webinar 2560595631.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке Национальной академии наук Кыргызской Республики (720071, г. Бишкек, проспект Чуй, 265), научной библиотеке Ошского государственного университета МОН Кыргызской Республики (723500, г. Ош, ул. Ленина 331) и на сайте [htt: // www.ihftnaskr.kg](http://www.ihftnaskr.kg).

Автореферат разослан 15 апреля 2019 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор химических наук, профессор



Токтосунова Б.Б.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Одним из активно развивающихся направлений современной координационной химии является синтез и исследования физико-химических свойств координационных соединений с полифункциональными, гетероциклическими лигандами. Наличие нескольких донорных центров в составе лиганда позволяет влиять на структуру полученных соединений и открывает возможности для синтеза на их основе комплексов с различными свойствами.

В этом плане перспективным N,-N-содержащим лигандом является имидазол, который позволяет увеличить количество координационно-активных центров, необходимых для направленного синтеза координационных соединений металлов.

Имидазол известен своей фармакоактивностью и представляет собой важный класс биоактивных соединений основных исходных реагентов для синтеза многих препаратов биомедицинского назначения, обладающих антимикробными, антигрибковыми и антигельминтными свойствами (Машковский М.Д., 2004 г.).

Но применение известных антигельминтных препаратов, полученных на основе имидазола (альбендазол, мебендазол, фенбендазол и др.) ограничивается тем, что они кроме антигельминтного свойства, обладают эмбриотоксическим, тератогенным действиями на организм животных (Демидов Н.В., 1982, Кротов А.И., 1973). Между тем потребности ветеринарии в антигельминтных препаратах продолжают расти из-за приобретения патогенами резистентности к широко используемым средствам, наличия определенных побочных действий известных препаратов, а также процесса мутирования и приобретения штаммами патогенов новых свойств.

Таким образом, синтез и исследования физико-химических свойств комплексов имидазола является актуальным направлением химии координационных соединений, с целью поиска новых биологически активных веществ, обладающих антигельминтной активностью и низкой токсичностью.

Связь темы диссертации с планом научно-исследовательских работ. Работа выполнена в соответствии с планами НИР НАН КР в лаборатории неорганической химии по проекту: «Разработка физико-химических основ комплексной переработки минерального и органического сырья Кыргызской Республики с целью создания новых материалов» и подпроекту: «Синтез эффективных биологически активных соединений на основе солей бивалентных металлов и гетероциклических органических лигандов» № гос. регистрации 0007152.

Цель исследования. Синтез координационных соединений имидазола с

хлоридами, сульфатами меди (II), кобальта(II), никеля(II), цинка(II), кадмия(II) и марганца (II). Установить их строение и физико-химические свойства. Изучить биологическую активность синтезированных соединений и выявить область их практического применения.

Задачи исследования:

1. проведение систематических исследований фазовых равновесий в тройных водно-солевых системах имидазола с хлоридами и сульфатами бивалентных металлов для установления и выделения новых соединений с заданными свойствами;
2. определение состава, свойства и строения методами элементного, термического, рентгенофазового анализов, а также ИК-спектроскопией;
3. установление структурной особенности комплекса дихлорид тетраимидазол меди (II) рентгеноструктурным методом;
4. изыскание областей практического применения синтезированных комплексов, в частности, испытание их в качестве биологически активных соединений.

Научная новизна полученных результатов. Впервые проведено исследование фазовых равновесий при 25°C в двенадцати тройных водно-солевых системах, содержащих имидазол, хлориды и сульфаты кобальта, никеля, меди, цинка, кадмия и марганца.

Установлено образование 16 новых координационных соединений различного стехиометрического состава.

Определены концентрационные пределы выделения и тип растворимости комплексов. Методами ИК спектроскопии, в средней и длинноволновой областях рентгенофазового, термогравиметрического анализов, установлены способ координации лиганда к иону–комплексообразователю и структура комплексов.

Рентгеноструктурным анализом установлено пространственное строение комплекса дихлорид тетраимидазол меди (II).

Комплексное соединение CuL_4Cl_2 испытано на биологическую активность и установлена возможность использования в качестве антигельминтного препарата.

Практическая значимость полученных результатов. Результаты исследования растворимости и экспериментальные данные об условиях образования комплексных соединений бивалентных «биогенных» металлов с имидазолом, а также их свойства, характер координации имидазола являются справочными данными и могут быть теоретической основой для направленного поиска биоактивных веществ.

Полученные кристаллографические данные рентгеноструктурных

исследований нового соединения могут быть использованы как справочный материал.

Установленный препарат (под условным названием «Химедол») с высокой антигельминтной активностью, позволяет разработать новый эффективный способ лечения при мониезиоза с/х животных. Разработка защищена патентом КР, №1954 от 06.03.2017 г. Получено Временное наставление по применению препарата «Химедол» против мониезиоза овец, утвержденного Государственной инспекцией по ветеринарной и фитосанитарной безопасности при Правительстве КР от 22.01.2018 г.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту:

1. впервые синтезированы 16 комплексных соединений имидазола с хлоридами и сульфатами бивалентных металлов из водно-насыщенных растворов при 25°C;
2. строение координационных узлов и структуры синтезированных комплексов;
3. результаты рентгеноструктурных исследований нового комплексного соединения хлорида меди с имидазолом;
4. координационное соединение дихлорид тетраимидазол меди (II) установленный, как высокоэффективный антигельминтный препарат, защищенный патентом КР №1954.

Личный вклад соискателя состоял в участии определения цели и задачи исследования. Собран и проанализирован обширный литературный материал по химии комплексных соединений имидазола с солями бивалентных металлов, проведены экспериментальные исследования по синтезу новых координационных соединений и их идентификация различными методами физико-химического анализа.

Апробации результатов диссертации. Материалы диссертации докладывались на Международной научно-практической конференции «Роль науки в развитии социума теоретические и практические аспекты» (г. Екатеринбург, 2016 г.); Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию д.х.н., профессора, Лауреата Государственной премии в области науки и техники Кыргызской Республики Алтыбаевой Д.Т. (г. Ош, 2017 г.); Международной научной конференции «Инновационная наука на пороге XXI века», посвященной 75-летию основания Химического Института (г. Бишкек, 2018 г.).

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. По теме диссертации опубликованы 12 научных статей, в том числе получен 1 патент Кыргызской Республики.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из

введения, двух глав, выводов, списка использованных литературных источников. Работа изложена на 115 страницах компьютерного текста, включает 109 ссылки, содержит 50 рисунков, 21 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Работа состоит из введения, двух глав, выводов и списка используемой литературы.

Во введении обоснована актуальность исследований, кратко изложена цель работы, практическая значимость и структура работы.

В первой главе: «Физико-химические свойства имидазола и их известных координационных соединений с солями металлов», приведен обзор литературных данных по структуре, физико-химическим свойствам имидазола и его известных комплексных соединений. Представлены данные об отсутствии сведений по имидазольным соединениям, с так называемыми биологическими металлами, как медь, цинк, никель и др., разрозненные результаты взаимодействия с неорганическими солями в разных средах, полученные различными методами и физико-химические характеристики соединений, синтезированных препаративным методом.

Во второй главе: «Исследования фазовых равновесий взаимодействия имидазола с солями ряда двухвалентных металлов в водных растворах при 25°C» представлены материалы и методы исследования, результаты изучения растворимости и характера твердых фаз в двенадцати тройных водно-солевых системах, содержащих имидазол, хлориды и сульфаты бивалентных металлов, а также экспериментальные данные по определению физико-химических свойств новых координационных соединений.

Объектами исследования являются координационные соединения меди (II), никеля (II), цинка (II), кобальта (II), кадмия (II) и марганца (II) с имидазолом.

Предметом исследования является изучение растворимости в трехкомпонентных системах хлоридов, сульфатов меди (II), никеля (II), цинка (II), кобальта (II), кадмия (II) и марганца (II) – имидазол – вода при 25°C, закономерности образования координационных соединений в этих системах, строение и свойства новых соединений, а также поиск перспективных областей их применения.

Методы исследования. В работе использованы следующие физико-химические методы исследования: метод растворимости, методы элементного, рентгенофазового, рентгеноструктурного анализов, термогравиметрия, ИКС- в средней и длинноволновой областях.

РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

2.1.2. Растворимость в тройных водных системах из хлоридов двухвалентных металлов с имидазолом. Исследование фазовых равновесий в тройных водных системах: $\text{CuCl}_2\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$; $\text{CoCl}_2\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$; $\text{NiCl}_2\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$; $\text{ZnCl}_2\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$; $\text{MnCl}_2\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$; $\text{CdCl}_2\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$; $\text{CuSO}_4\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$; $\text{CoSO}_4\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$; $\text{NiSO}_4\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$; $\text{ZnSO}_4\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$; $\text{MnSO}_4\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$; $\text{CdSO}_4\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$ проводили изотермическим методом при 25°C .

В ходе изучения систем установлено, что хлориды с имидазолом в водной среде образуют соединения состава 1:4, 1:2:2 (Cu, Ni, Zn), 1:4:6 (Mn), 1:2:2 (Cd), 1:6:4 (Co), сульфаты 1:6:2 (Co, Ni), 1:6:6 (Cu), 1:2:2 (Cd, Cu) и 1:4 (Zn).

Изотерма растворимости систем $\text{CuCl}_2\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$ (рис.1), $\text{ZnCl}_2\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$ (рис. 2) характеризуются четырьмя ветвями кристаллизации (рис. 1, 2). Первый и последний участок принадлежат к выделению в твердую фазу исходных компонентов. Вторые и третьи ветви кристаллизации соответствуют безводным комплексным соединениям состава CuL_4Cl_2 , ZnL_4Cl_2 и гидратным соединениям состава $\text{CuL}_2\text{Cl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$.

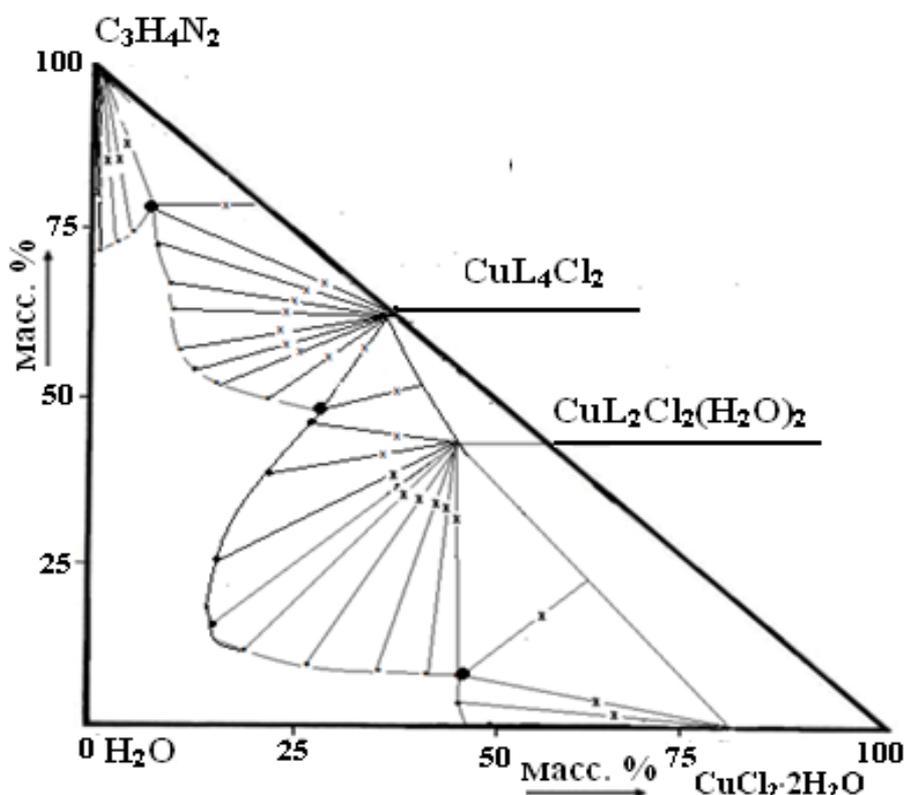


Рис. 1. Диаграмма растворимости в системе $\text{CuCl}_2\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$.

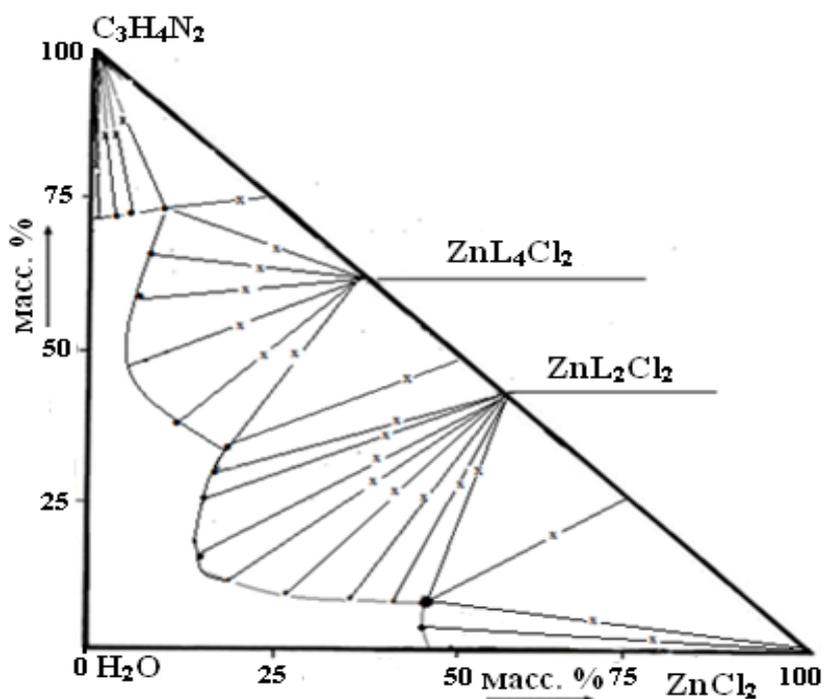


Рис. 2. Диаграмма растворимости в системе $\text{ZnCl}_2\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$.

В системе сульфат кобальта-имидазол-вода образуется комплексное соединение состава $\text{CoL}_6\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$. Диаграмма состоит из трех ветвей кристаллизации (рис. 3).

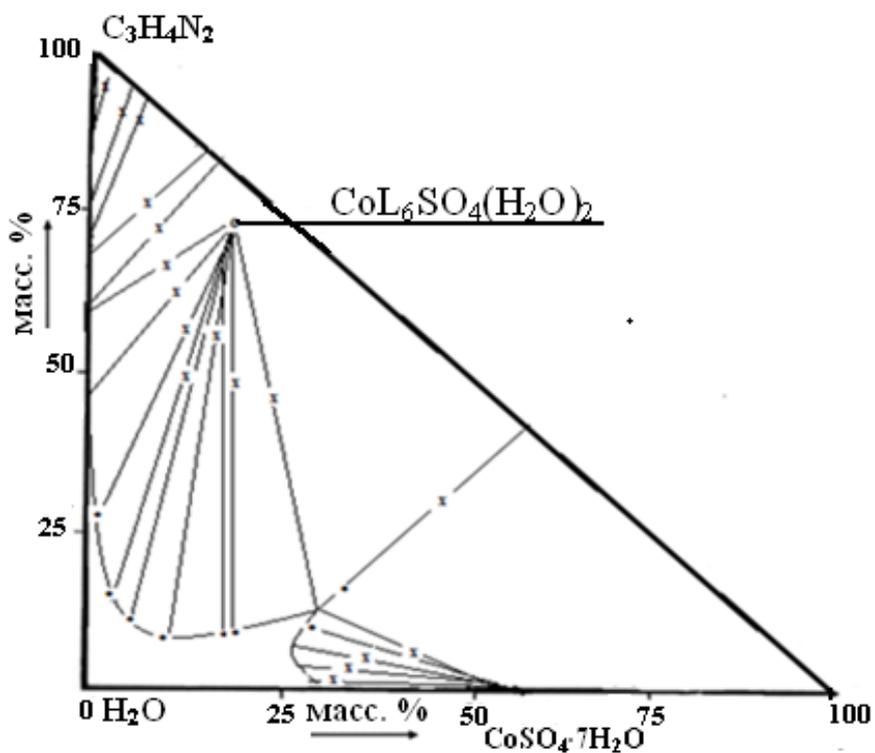


Рис. 3. Диаграмма растворимости в системе $\text{CoSO}_4\text{-C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$.

Первая ветвь соответствует кристаллизации из насыщенного раствора чистого имидазола, с повышением концентрации соли до 11,2 % из равновесного раствора выделяется конгруэнтно растворимое соединение состава $\text{CoL}_6\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$, которая отвечает средняя ветвь. Последняя ветвь соответствует исходной соли $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

2.2. Изучение физико-химических свойств твердых фаз. В целях идентификации индивидуальности полученных соединений, для выяснения состава, строения и природы химической связи в них изучены физико-химические свойства новых комплексных соединений.

2.2.1. Термический анализ Термограмма комплексного соединения $\text{CdL}_2\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$ представлена на рисунке 4. Сильный эндоэффект, вызванный в пределах температур 90–130°C, соответствует процессу дегидратации, убыль массы при этом составляет 10,8% от исследуемой навески. После завершения процесса дегидратации начинается разложение имидазола, потери массы при этом составляют: $\Delta m_2=11,8$; $\Delta m_3=9,5$; $\Delta m_4=10,5$; $\Delta m_5=13,5\%$. Далее, с повышением температуры от 755 до 930°C, происходит интенсивное окисление сульфата кадмия в связи с его термодеструкцией с образованием CdO и SO_2 . Общая потеря массы при 930°C по ТГ составляет 71,5%, относительно взятой навески.

Таким образом, термодеструкция комплексов идет по ступенчатому механизму, отражая структурную перестройку, происходящую в процессе нагревания.

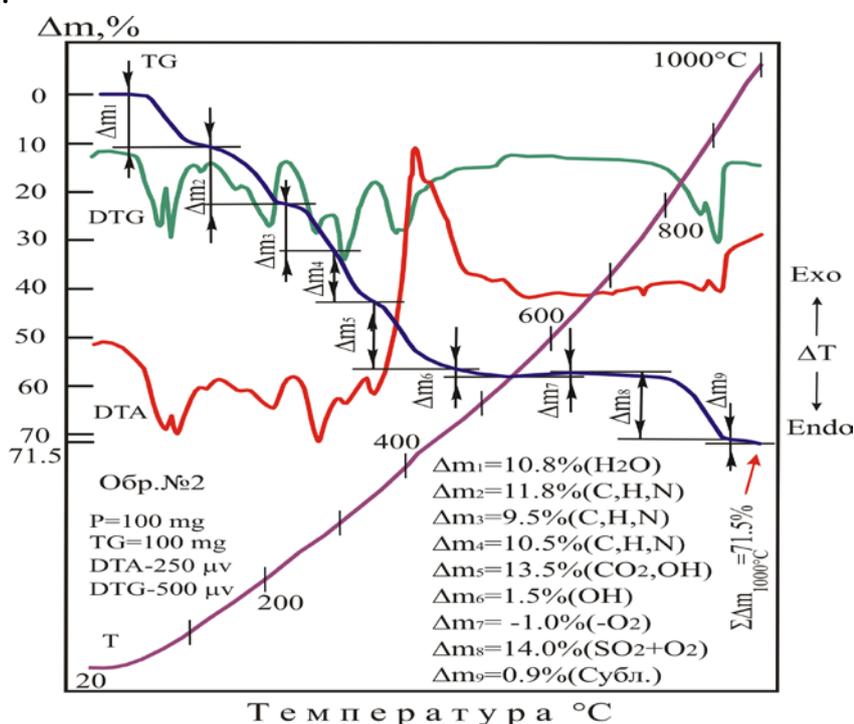


Рис. 4. Термограмма комплекса $\text{CdL}_2\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$.

По данным рентгенофазового анализа вычислены межплоскостные расстояния, интенсивности пиков дифрактограмм, параметры элементарных ячеек, число формульных единиц в элементарной ячейке, мольный объем, значения рентгеновской плотности и пространственные группы, которые подтвердили индивидуальность синтезированных соединений. Результаты обработки дифрактограммы приведены в таблице 1.

2.2.3. ИК спектроскопия. Для выяснения конкурентно-координационных свойств донорных групп имидазола и определения строения его комплексов были проведены детальные отнесения колебательных спектров ИКС методом. Отнесения основных полос поглощения проводили сравнительным анализом ИК спектров имидазола и его комплексных соединений.

При интерпретации ИК спектров комплекса имидазола с хлоридом Cu (II), Ni (II), Zn (II) состава 1:4 и гидратированными хлоридами Cu (II), Ni (II), Zn (II), Cd (II) состава 1:2:2 установлено следующее: исчезновение полос поглощения в области $1700-1800\text{ см}^{-1}$, характерных для валентных колебаний сопряженных связей C=C, C=N, указывает на снятие делокализации электронной плотности внутри имидазольного кольца при переходе от некоординированного лиганда к комплексным соединениям, высокочастотный сдвиг (на $30-40\text{ см}^{-1}$) и усиление интенсивности полос, отвечающих валентным колебаниям азольного кольца ($1450-1580\text{ см}^{-1}$), дает основание утверждать, что координация атомов металла с лигандом происходит через пиридиновый атом азота имидазола (рис. 5).

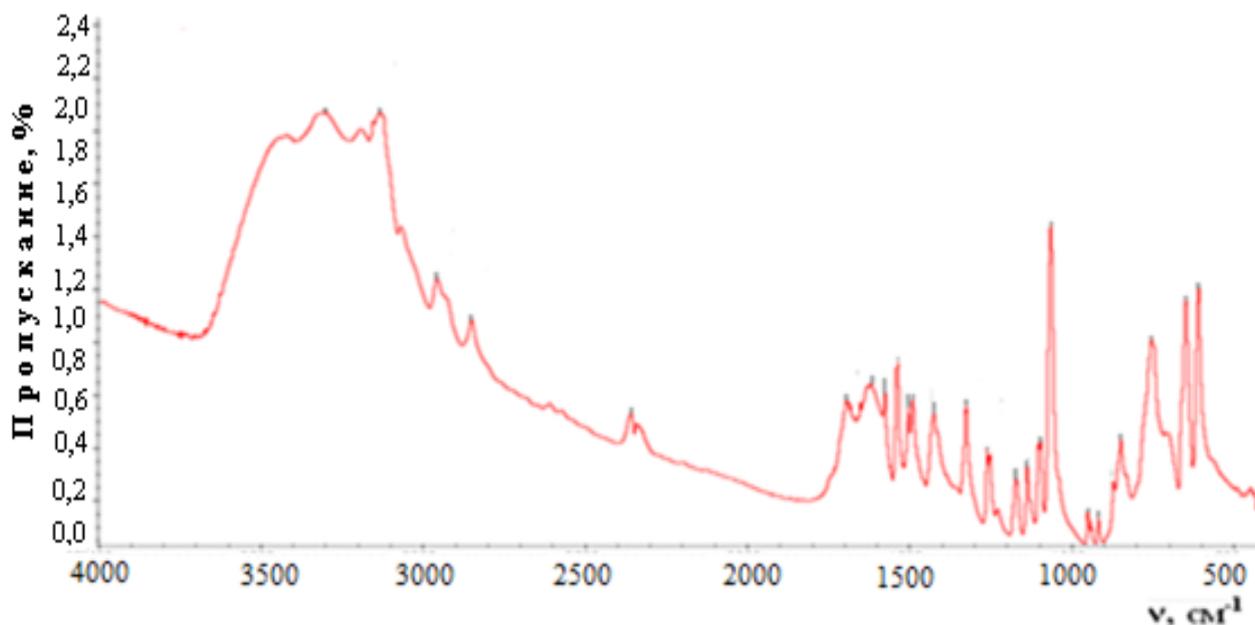


Рис. 5. ИК спектр комплекса NiL_4Cl_2 .

Таблица 1 - Параметры кристаллической решетки новых комплексных соединений

Соединения	Параметры элементарной ячейки			Углы, градус	Объем ячейки, V, см ³	Число формуль- ных единиц, Z	Рентге- новская плотность, P _{рентг} , г/см ³	Экспер. найденная рентген.плот- ность, P _{экспер.} , г/см ³	Сингония
	a	b	c	β					
C ₃ H ₄ N ₂	11,685	13,805	18,586	--	--	--	--	--	моноклинный
CuL ₄ Cl ₂	12,371	13,305	19,38	90,084	1272,11	4	1,350	1,3010	моноклинный
CuL ₂ Cl ₂ (H ₂ O) ₂	15,145	16,81	17,621	-	1336,07	2	1,670	1,680	ромбический
NiL ₄ Cl ₂	13,158	15,828	16,43	95,97	1346,1	4	1,550	1,501	моноклинный
NiL ₂ Cl ₂ (H ₂ O) ₂	8,9544	8,4477	8,3976	103,618	1125,62	2	1,592	1,611	моноклинный
ZnL ₂ Cl ₂	12,415	12,62	12,872	92,12	1307,67	2	1,622	1,792	моноклинный
CoL ₆ Cl ₂ (H ₂ O) ₂	10,198	10,449	13,24	--	1270,0	2	1,432	1,342	ромбический
MnL ₆ Cl ₂ (H ₂ O) ₄	16,456	17,382	18,580	--	1364,11	2	1,422	1,512	ромбический
CoL ₆ SO ₄ (H ₂ O) ₂	14,658	15,55	21,298	91,4	1298,82	2	1,560	1,600	моноклинный
NiL ₆ SO ₄ (H ₂ O) ₂	9,6591	7,7666	6,8397	100,118	1283,21	2	1,660	1,620	моноклинный
CuL ₂ SO ₄ (H ₂ O) ₂	15,059	17,153	18,845	101,013	1201,82	2	1,717	1,731	моноклинный
MnL ₂ SO ₄	14,512	16,041	21,319	--	1193,99	2	1,515	1,5001	ромбический
CdL ₂ SO ₄ (H ₂ O) ₂	17,403	19,098	21,523	--	1198,81	2	1,517	1,5013	ромбический

На этот факт также указывает появление в спектрах комплексных соединений интенсивных полос поглощения при 455 см^{-1} Cu (II), 610 см^{-1} Co (II), 590 см^{-1} Ni (II) и 550 см^{-1} Zn (II), которые можно отнести к колебаниям связи Me←N и сохранению в неизменном виде полосы валентных колебаний NH – группы при $3400\text{-}3100\text{ см}^{-1}$. По данным низких частот, установлено появление полос поглощений валентного колебания $\nu(\text{Me-Cl})$ при 275 см^{-1} , 315 см^{-1} Co (II), 301 см^{-1} (Ni) и $250, 240\text{ см}^{-1}$ Zn (II) с лигандом, которое свидетельствует о непосредственной координации хлор-иона к иону металла (табл. 2).

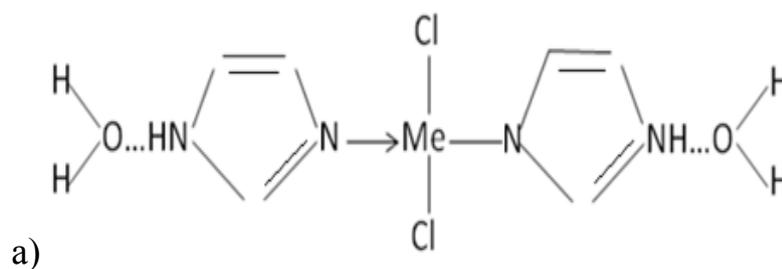
Таблица 2 – Характеристические частоты и их отнесение в ИК спектрах хлоридных комплексов имидазола

Отнесение	$[\text{CuL}_2\text{Cl}_2](\text{H}_2\text{O})_2$	$[\text{NiL}_2\text{Cl}_2](\text{H}_2\text{O})_2$	$[\text{ZnL}_2\text{Cl}_2](\text{H}_2\text{O})_2$
$\nu(\text{M-Cl})_{\text{мост}^*}, \text{ см}^{-1}$	220	250, 232	205, 195
$\nu(\text{M-Cl})_{\text{конц}^{\circ}}, \text{ см}^{-1}$	295, 270	301, 315	250, 240
$\nu(\text{M}\leftarrow\text{N}), \text{ см}^{-1}$	455	590	550

* мост . – мостиковый, конц . – концевой.

Для гидратированных комплексов имидазола с хлоридами Cu(II), Ni(II) состава 1:2:2 и безводного комплекса Zn(II) состава 1:2 можно предположить две структуры (рис. 6 а, б). В первом варианте оба атома хлора образуют концевые связи: во втором варианте оба атома хлора выполняют мостиковую роль, образуя при этом полимерные цепи. Таким образом, данные металлокомплексы могут существовать в двух формах: мономерно-тетраэдрической (рис. 6 а) в реализации, которой участвуют два монодентатно координированных пиридиновых атома азота, а ионы хлора образуют концевые связи, располагаясь в транс-положении вокруг катиона и полимерно-октаэдрическая, при котором оба атома хлора выполняют мостиковую роль, а молекулы имидазола координированы монодентатно (рис. 6 б).

Таким образом, для хлоридных комплексов состава 1:2:2 и 1:2, координационный полиэдр дополняется до октаэдра четырьмя атомами хлора, которые создают мостиковую связь, образуя при этом бесконечные полимерные цепи.



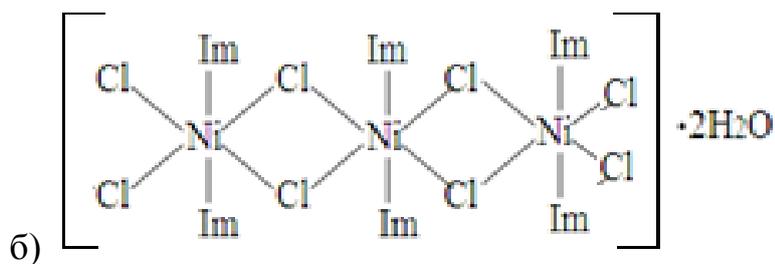


Рис. 6. Тетраэдрическое (а) и октаэдрическое (б) строения координационных узлов комплексов состава 1:2:2 (Me=Cu, Ni), 1:2 (Me=Zn).

Схемы строения координационных узлов комплексов состава MeL_4Cl_2 (Me=Cu, Zn, Ni) будут рассмотрены далее, при расшифровке РСА.

Сульфатные металлокомплексы. ИК спектры сульфатных комплексных соединений имидазола представлены на рисунке 7 и в таблице 3.

В спектрах сульфатных комплексов также наблюдается сдвиг в высокочастотную область валентных колебаний циклических C=C, и C=N связей (ν на $10-35\text{см}^{-1}$; $20-35\text{см}^{-1}$; и на 20см^{-1} ; а также внеплоскостных колебаний имидазольного цикла на $15-20\text{см}^{-1}$, что подтверждает координацию имидазола с металлами посредством пиридинового N-атома.

В комплексных соединениях Cu (II), Ni (II), Co (II) состава 1:6:2 молекулы воды (H₂O) находятся в виде кристаллогидратов, на что указывает присутствие в их спектрах полос поглощения кристаллизационной воды $\nu_{OH} \sim 3450\text{см}^{-1}$, δ_{HOH} при $1650-1630\text{см}^{-1}$, ρ_{H_2O} при $540-510\text{см}^{-1}$.

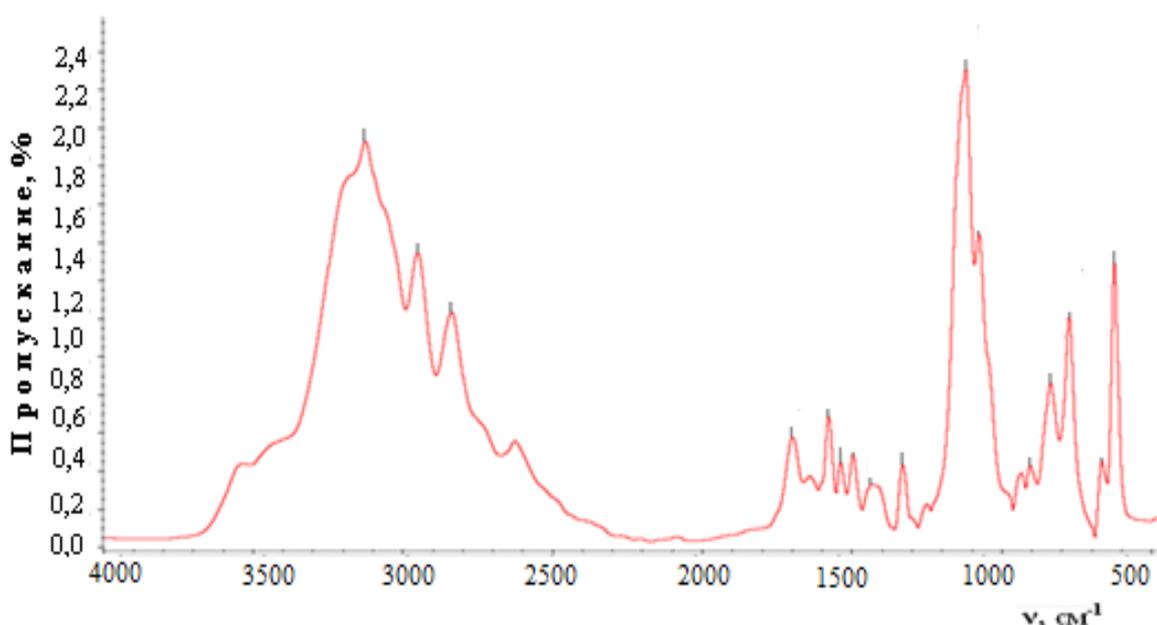


Рис. 7. ИК спектр комплексного соединения $NiL_6SO_4(H_2O)_2$.

Таблица 3 – Основные колебательные частоты (cm^{-1}) в ИК спектрах имидазола и его комплексов с сульфатами меди, кобальта, никеля, марганца, цинка, кадмия и их отнесение

Соединение	$\nu(\text{N-H, OH})$	$\nu_{\text{цикл}}$	$\nu_{\text{цикл}}$	ρ_{NH}	$\tau_{\text{(цикл)}}$	ν (SO_4^{-2})	δ (SO_4^{-2})	ν_3 (SO_4^{-2})	ν_4 (SO_4^{-2})	ν_{OH^-}	δ_{OH^-}
L	3200-2600	1450	1405	630	425	-	-	-	-	-	-
$\text{CuL}_6\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_6$	3350-2600	1476	1435	630	440	1130	632	-	-	3350	1632
$\text{CoL}_6\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$	3250-2650	1482	1435	623	445	1125	630	-	-	3250	1630
$\text{NiL}_6\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$	3125-2650	1495	1436	625	450	1120	625	-	-	3120	1625
MnL_2SO_4	3300-2450	1476	1428	628	442	1122	630	-	-	3300	1628
ZnL_2SO_4	3350-2650	1475	1435	630	440	-	-	1120	460	3350	1620
$\text{CdL}_2\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$	3300-2600	1480	1430	627	445	-	-	1120	455	3300	1625

Форма и характер этих полос поглощений дает возможность предполагать, что сульфат-ион во всех комплексах сохраняет свою ионную форму, находясь во внешней сфере координационного соединения, что доказывается полосами поглощения валентных 1020-1145 и деформационных ($545\text{-}622\text{ cm}^{-1}$) колебаний свободной сульфатной группы.

Таким образом, исходя из вышеуказанного, можно утверждать, что в комплексах состава 1:6:2 катионы Cu (II), Co (II), Ni (II) находятся в центре и координированы с шестью атомами пиридинового атома азота от шести молекул имидазола. Координационный полиэдр катионов имеет октаэдрическую конфигурацию, и структуру можно представить следующим образом (рис. 8).

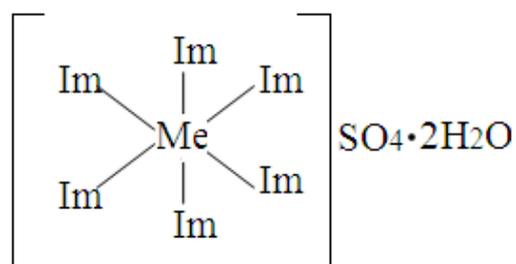


Рис. 8. Схема строения координационных узлов комплексов состава 1:6:2 $\text{MeL}_6\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$, где $\text{Me}=\text{Cu}(\text{II}), \text{Co}(\text{II}), \text{Ni}(\text{II})$.

В спектрах сульфатных комплексов $\text{CuL}_2\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$ (I) и $\text{CdL}_2\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$ (II) наблюдаются широкие, интенсивные, расщепленные полосы поглощения в области 660 и 1065, 1165 (I) и 613, 640 и 995-1150 cm^{-1} (II) (рис. 9). Эти полосы относятся к колебанию $\nu_3(\text{SO}_4^{2-})$ – сульфат-иона. Этот факт указывает на понижение симметрии сульфат-иона от T_d до C_{2v} , вследствие координации с металлом: причем такое расщепление полос ν_3 – характерно для мостиковой бидентатной структуры SO_4^{2-} – групп. Такое существенное расщепление полос поглощения свидетельствует о том, что сульфат – ион в комплексах непосредственно координирован к атомам металлов и находится во внутренней координационной сфере комплекса.

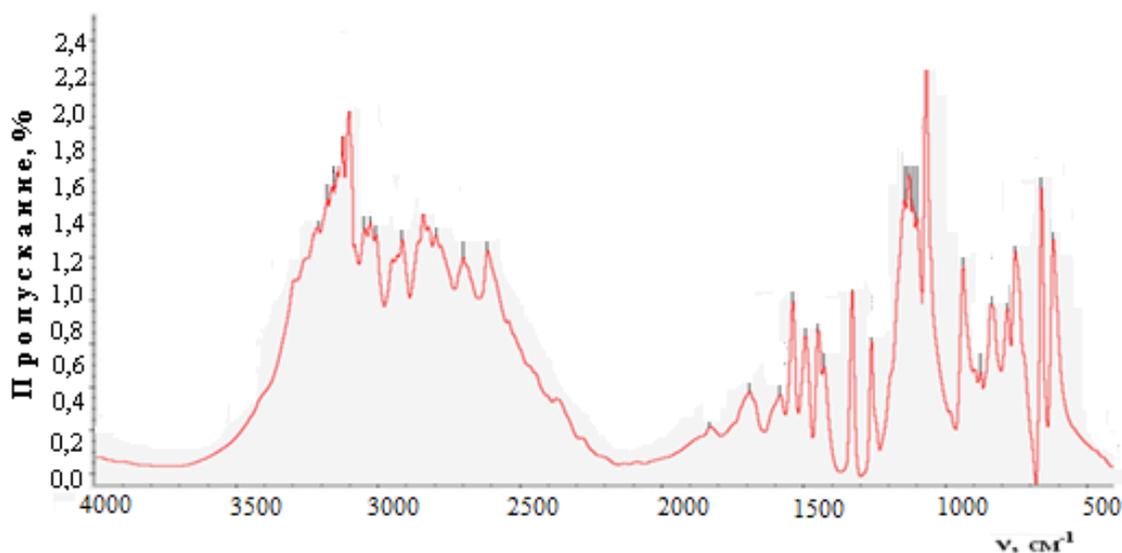


Рис. 9. ИК спектр комплексного соединения $\text{CuL}_2\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$.

На основании данных ИКС установлено, что атомы меди, кадмия в комплексах $\text{CuL}_2\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$, $\text{CdL}_2\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$ находятся в центре октаэдра, образованных гетероатомами азота от двух молекул имидазола координированных по монодентатному типу. Координированный полиэдр дополняется до октаэдра двумя сульфат-ионами, которые выполняют бидентатно-хелатную функцию (рис. 10).

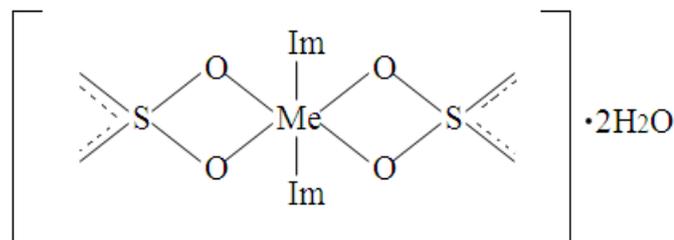


Рис. 10. Схема строения координационных узлов $\text{MeL}_2\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$, (Me=Cu (II), Cd (II)).

2.2.4. Кристаллическая структура комплексного соединения хлорида Cu (II) с имидазолом. С целью достоверного установления кристаллической структуры проведен рентгеноструктурный анализ монокристалла комплекса тетраимидазол хлорида меди (II).

На основании рентгеноструктурного анализа установлено, что координационное соединение CuL_4Cl_2 кристаллизуется в моноклинной сингонии и имеет тетрагонально-пирамидальную конфигурацию за счет N-монодентатной координации четырех молекул имидазола с дополнительной удаленной вершиной иона хлора: $[(4+1) +1]$. Второй ион хлора находится во внешней сфере и локализован в плоскостях каркаса. Структурными единицами монокристалла координационного соединения $[\text{Cu}(\text{L})_4\text{Cl}]\text{Cl}$ являются комплексный катион $[\text{Cu}(\text{L})_4\text{Cl}]^+$ и анион Cl^- (рис. 11). Основные длины связи, углы и кристаллографические данные в имидазольном кольце приведены в табл. 4, 5.

На основании рентгеноструктурного исследования установлено, что имидазол проявляет себя, как монодентатный лиганд координируя с металлом через пиридиновый атом азота, что было подтверждено данными ИКС.

Установленные данные позволяют на основании идентичности соотнести результаты к хлоридным комплексным соединениям состава $[\text{Me}(\text{L})_4\text{Cl}]\text{Cl}$, где $\text{Me}=\text{Ni}(\text{II})$ и $\text{Zn}(\text{II})$.

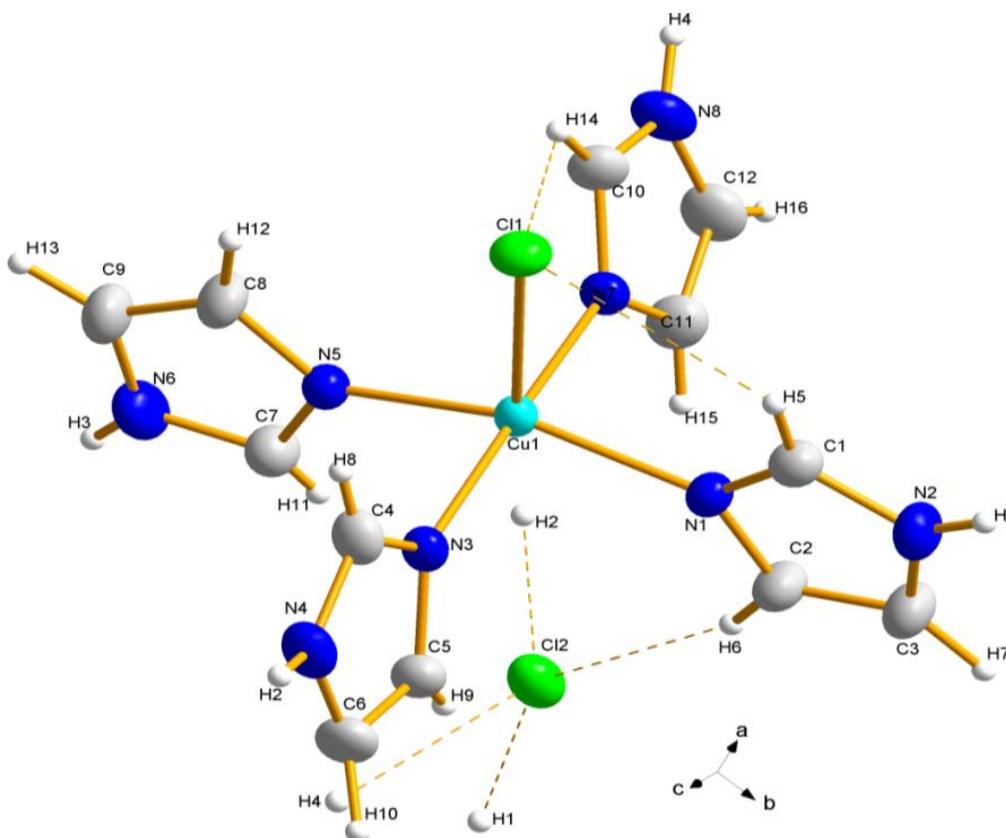


Рис. 11. Строение координационного соединения $[\text{Cu}(\text{L})_4\text{Cl}]\text{Cl}$.

Таблица 4 – Основные расстояния и углы в структуре $[\text{Cu}(\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2)_4 \cdot \text{Cl}]\text{Cl}$

Расстояния, Å		Углы, °	
Cu-N(1)	2.016(1)	N(1)-Cu-N(3)	90.29(11)
Cu-N(3)	1.993(1)	N(1)-Cu-N(5)	157.84(7)
Cu-N(5)	2.009(1)	N(1)-Cu-N(7)	89.57(9)
Cu-N(7)	1.995(1)	N(3)-Cu-N(5)	88.71(10)
Cu-Cl(1)	2.620(1)	N(3)-Cu-N(7)	174.73(9)
Cu-Cl(2)	4.167(1)	N(5)-Cu-N(7)	89.44(10)
Cl(2)-H(1)	2.484(1)	N(1)-Cu-Cl(1)	97.92(9)
Cl(2)-H(2)	2.285(1)	N(3)-Cu-Cl(1)	92.20(9)
Cl(2)-H(4)	2.370(1)	N(5)-Cu-Cl(1)	104.32(10)
--	--	N(7)-Cu-Cl(1)	93.06(10)

Таблица 5 – Кристаллографические данные комплекса CuL_4Cl_2

Размер образца, мм	0.1x0.2x0.4
Пространственная группа, z	$P2_1/n$, 4
a , Å	13.9002(7)
b , Å	13.3170(6)
c , Å	8.8702(5)
β , град	90.084(4)
V , Å ³	1641.95(17)
D_x , г/см ³	1.64(1)
Излучение; λ , Å	MoK_α , $\lambda=0.7107$
Дифрактометр	X-Calibur S
Тип сканирования	ω
θ_{max} , град	45.18
Области h, k, l	$-27 < h < 18, -23 < k < 26, -17 < l < 11$
Число отражений: измеренных /независимых с $I > 3\sigma(I)$, R_{int}	19257/ 5374, 0.05
Метод уточнения	МНК по F
Весовая схема	$w=1/\sigma^2(F)$
Число уточн. параметров	273
R/wR	4.67/5.03
Параметр качества уточнения S	1.16
Доли компонент двойника	76/24
$\Delta\rho_{\text{max}}/\Delta\rho_{\text{min}}$, э/Å ³	0.70/-0.62

Таким образом, на основании элементного, ДТА, РФА, РСА анализов и ИКС выявлена конкурентная координация донорного атома лиганда к металлу. Показана конфигурация полученных соединений, дано схематическое изображение координационных узлов комплексов.

В результате установлено, что в комплексах $MeL_2Cl_2(H_2O)_x$, $Me=Co, Mn$; $x=4,6$; $MeL_6SO_4 \cdot (H_2O)_2$; $Me=Co, Ni$ ацидолиганды и молекулы воды находятся во внешней координационной сфере, образуя октаэдрическую координацию. В случае комплексов $MeL_2Cl_2(H_2O)_2$, $Me=Cu, Ni, Zn, Cd$ –атомы хлора являются мостиковыми и комплексы имеют полимерно-октаэдрическое строение. Комплексные соединения MeL_4Cl_2 , $Me=Cu, Ni, Zn$ обладают тетраэдрической пирамидальной конфигурацией, тогда как Cu, Cd в комплексах $MeL_2SO_4(H_2O)_2$ образуют шестикоординированные комплексы с бидентатно-мостиковой функцией сульфат-иона.

2.3. Пути практического использования комплексного соединения меди с имидазолом в животноводстве. Из проведенных первичных скринингов по изучению специфической биоактивности солей новых соединений, выявлено одно соединение – тетраимидазол двухлористая медь CuL_4Cl_2 (под условным названием «Химедол»), которое показало высокую антигельминтную активность (превышающую по эффективности известные антигельминтные препараты – вермитан и фенасал). Опыты (*in vivo*) проводились на лабораторных животных в Кыргызском Аграрном Университете. Антигельминтная эффективность «Химедола» при мониезиозе и стронгилифалятозе овец находится в пределах 85-100%, при этом соединение проявляет низкую токсичность для организма животных $LD_{50}=2110$ мг/кг (табл. 6).

Таблица 6 - Параметры острой токсичности химедола для белых мышей при пероральном введении

Доза, мг/кг	Количество мышей, гол.	Результаты		Параметры острой токсичности
		пало	выжило	
1000	6	0	6	$LD_0=1000$ мг/кг $LD_{16}=1420$ мг/кг $LD_{50}=2110$ ($1563 \div 2845,5$) мг/кг $LD_{84}=2970$ мг/кг $LD_{100}=3000$ мг/кг
1500	6	1	5	
2000	6	3	3	
2500	6	5	1	
3000	6	6	0	
Контроль	6	0	6	

Испытания на антигельминтную активность проводились на фермерских хозяйствах «Талды Булак» Тонского и «Адилет» Московского районов КР, на основе полученных опытно-хозяйственных испытаний препарата «Химедол» при гельминтозах животных разработан способ лечения мониезиоза овец (табл. 7).

Таблица 7 – Результаты испытания химедола при мониезиозе овец

Группа животных	Число животных в группе	Доза, мг/кг	Освободились от гельминтов	Среднее число яиц гельминтов в 1 г отходах, экз. $M \pm m$		Показатель уменьшения числа гельминтов в отходах, %
				До применения препарата	После применения препарата	
Первая группа	10	10	8	125,6± 9,87	104,7±8,71	83.43
Вторая группа	10	20	10	145,7±10,23	0	100
Третья группа	10	30	10	119,2± 7,19	0	100
Четвертая группа (контроль)	10	-		129.8± 9,56	149.4± 11,32	0

Результаты исследований фармако-токсикологических и антигельминтных свойств комплекса при гельминтозах животных позволили разработать способ лечения мониезиоза овец. Разработка препарата «Химедол» защищена патентом КР за №1954 от 8 марта 2017г.

Получено временное Наставление по применению препарата «Химедола» против мониезиозе и стронгилифалятозах овец, утвержденное Государственной инспекцией по ветеринарной и фитосанитарной безопасности при Правительстве КР от 22.01.2018.

ВЫВОДЫ:

1. Методом растворимости установлено образование и определены концентрационные пределы выделения из водно-насыщенных растворов 16 новых комплексных соединений имидазола с хлоридами и сульфатами меди (II), никеля (II), цинка (II), кобальта (II), кадмия (II), марганца (II) типа: MeL_4Cl_2 (Me – Cu, Zn, Ni); $MeL_2Cl_2(H_2O)_2$ (Me–Cu, Ni, Cd, Zn); $MeL_6SO_4(H_2O)_2$ (Me – Cu, Ni, Co) и $MeL_2SO_4(H_2O)_2$ (Me=Cu, Cd).

2. Термогравиметрическим анализом установлено, что термодеструкция комплексов идет ступенчато, отражая структурную перестройку, происходящую в процессе нагревания. Показано, что стадийность термоллиза

соединений зависит от природы ацидолигандов, центрального иона и строения комплексов.

3. Определены межплоскостные расстояния, интенсивности пиков дифрактограмм, параметры элементарных ячеек, число формульных единиц, мольный объем, рентгеновская плотность, пространственные группы. Кристаллические решетки новых соединений относятся к моноклинной и ромбической сингонии.

Методом ИКС установлено, что имидазол проявляет себя как монодентатный лиганд, координируя с металлами через пиридиновый N-атом имидазольного цикла. Установлена конфигурация полученных соединений, схематическое изображение координационных узлов комплексов.

4. Методом рентгеноструктурного анализа установлено, что комплекс CuL_4Cl_2 кристаллизуется в моноклинной сингонии с пространственной группой – $P2_{1/n}$. Структурными единицами монокристалла комплекса являются комплексный катион $[\text{Cu}(\text{L})_4\text{Cl}]^+$ и анион Cl^- , связанные между собой водородными связями. Координационный полиэдр атома меди – тетрагональная пирамида с дополнительной сильно удаленной вершиной $[(4+1)+1]$.

5. По совокупности данных ДТА, РФА, РСА и ИКС установлено, что в комплексах $\text{MeL}_6\text{Cl}_2(\text{H}_2\text{O})_x$ (Me-Co, Mn, x-2,4) молекулы воды находятся во внешней координационной сфере, образуя октаэдрическую координацию. В случае комплексов $\text{MeL}_2\text{Cl}_2(\text{H}_2\text{O})_2$, Me=Cu, Ni, Zn, Cd – атомы хлора являются мостиковыми и комплексы имеют полимерно-октаэдрическое строение, а комплексы MeL_4Cl_2 Me=Cu, Zn, Ni образуют пятикоординированные соединения с тетрагонально-пирамидальной конфигурацией, тогда как Cu и Cd в комплексах $\text{MeL}_2\text{SO}_4(\text{H}_2\text{O})_2$ образуют шестикоординированные комплексы с бидентатно-мостиковой функцией сульфат-иона.

6. Синтезирован малотоксичный и высокоэффективный антигельминтный препарат дихлорид тетраимидазол меди (II), который обладает ярко выраженной гельминтоцидной активностью. Результаты исследований фармако-токсикологических и антигельминтных свойств комплекса при гельминтозах животных позволили разработать способ лечения мониезиоза овец. По результатам опытно-хозяйственных испытаний разработано временное Наставление по применению препарата «Химедола» при мониезиозе овец, утвержденное Государственной инспекцией по ветеринарной и фитосанитарной безопасности при Правительстве КР. Антигельминтный препарат защищен патентом КР №1954.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. **Малабаева, А.М.** Координационное соединение Cu (II) с N, N-донорным лигандом: кристаллическая характеристика и ИК спектроскопическая характеристика [Текст] / А. М. Малабаева, Н. Шыйтыева, К. С. Сулайманкулов, И. Ж. Бердалиева // Химический журнал Казахстана. - Алматы, 2016. - №3. - С. 76-83.
2. **Малабаева, А.М.** Исследование антигельминтной, антибактериальной активности комплексного соединения хлорида меди с имидазолом [Текст] / А. М. Малабаева, М. А. Арзыбаев, Н. Шыйтыева, Ж. И. Бердалиева, Ж. Н. Темирова // Наука и новые технологии и инновации Кыргызстана. - Бишкек, 2016. - №6. - С. 55-57.
3. **Малабаева, А.М.** Синтез, спектроскопическая характеристика и кристаллическая характеристика, и кристаллическая структура координационного соединения хлорида меди (II) с имидазолом [Текст] / Н. К. Шыйтыева, А. М. Малабаева, Ж. И. Бердалиева // Часть I. - Екатеринбург, 2016. - № 5(21) - С. 150-155.
4. **Малабаева, А.М.** Комплексы хлорида никеля с имидазолом: ИК спектры, термический и рентгенофазовый анализ [Текст] / А. М. Малабаева, Н. Шыйтыева, К. С. Сулайманкулов, Ж.И. Бердалиева, Э.А. Аламанова // Известия ВУЗов. - Бишкек, 2016. - №9. - С. 9-17.
5. **Малабаева, А.М.** Патент №1954 Кыргызская Республика. Дихлоробис (тетраимидазол) меди (II), обладающий антигельминтной активностью [Текст] / К. С. Сулайманкулов, А. М. Малабаева, Н. К. Шыйтыева, Ж.И. Бердалиева, К.Р. Тоимбетова, М.А. Арзыбаев, А.А. Жунушова, Н.А. Ажыбеков // - Бишкек. - 31.03.2017 г.
6. **Малабаева, А.М.** Исследование взаимодействия имидазола с хлоридом марганца в водных растворах при 25°C [Текст] / А.М. Малабаева, Н. К. Шыйтыева, И. Ж. Бердалиева, Э. А. Аламанова // Достижения науки и образования. - Иванова, 2017. - №8 (21). - С. 8-14.
7. **Малабаева, А.М.** Синтез и физико-химические свойства сульфатов кобальта и никеля с имидазолом $MeSO_4 \cdot 6C_3H_4N_2 \cdot 2H_2O$ (Me=Co, Ni) [Текст] / А. М. Малабаева, Н. Шыйтыева, И. Ж. Бердалиева, Э. А. Аламанова // Проблемы современной науки и образования. - Иванова, 2017. - №30 (112). - С. 5-15.
8. **Малабаева, А.М.** Синтез и физико-химические свойства координационного соединения имидазола с хлоридом марганца [Текст] / А. М. Малабаева, Н. Шыйтыева, Ж. И. Бердалиева, Э.А. Аламанова // Вестник Ошского государственного университета. - Ош, 2017. - С. 23-27.
9. **Малабаева, А.М.** Острая токсичность и антигельминтная эффективность химедола [Текст] / К. Р. Тоимбетова, М.А. Арзыбаев, А. Б.

Шакиров, А. М. Малабаева, Н. Шыйтыева // Российский паразитологический журнал. - Москва, 2018. Т.12. - №2. - С. 62-67.

10. **Малабаева, А.М.** Комплексообразование имидазола с хлоридами бивалентных металлов [Текст] / А. М. Малабаева, Н. Шыйтыева, Ж. И. Бердалиева, Э. А. Аламанова // Известия Национальной академии наук КР. - Бишкек, 2018. - №5. - С. 112-122.

11. **Малабаева, А.М.** Синтез, состав и строение координационных соединений хлоридов Co (II) и Zn (II) с имидазолом [Текст] / А. М. Малабаева, Н. Шыйтыева, Ж.И. Бердалиева, Э. А. Аламанова // Вестник Таджикского Национального Университета. - Душанбе, 2018. - №4. - С. 203-210.

12. **Малабаева, А.М.** Координационные соединения сульфатов бивалентных металлов с азотсодержащим гетероциклическим лигандом [Текст] / А. М. Малабаева, Н. Шыйтыева, Ж. И. Бердалиева, Э.А. Аламанова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - Москва, 2018. - №12. - С. 214-218.

РЕЗЮМЕ

диссертации Малабаевой Айнуры Муратовны на тему: «Синтез, строение и свойства координационных соединений бивалентных металлов с монодентатным N-донорным лигандом» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.01-неорганическая химия

Ключевые слова: имидазол, биогенные элементы, лиганд, система, комплексообразователь, метод растворимости, синтез, свойства, биологическая активность.

Объект исследования: имидазол, комплексные соединения хлорида и сульфата меди, никеля, цинка, кобальта, марганца и кадмия.

Цель исследования: синтез и физико-химическое исследование координационных соединений "биогенных" элементов с биологически активными лигандами– имидазолом.

Методы исследования: изотермический метод растворимости, элементный, термический, рентгенофазовый и рентгеноструктурный анализ, а также ИК спектроскопия.

Исследовательское оборудование: дериватограф Паулик-Паулик-Эрдей, дифрактометр «ДРОН 4», спектрофотометр «Nicolette Avatar» в интервале частот 400-4000 см⁻¹ и в интервале 100-700 см⁻¹ на спектрофотометр «Bruker

Optic 6G6G», рентгеноструктурный материал был получен на автоматическом дифрактометре X-Calibur S.

Полученные результаты и их новизна: Впервые проведено исследование фазовых равновесий при 25°C в двенадцати тройных водно – солевых системах, содержащих имидазол, хлориды и сульфаты кобальта, никеля, меди, цинка, кадмия и марганца. Установлено образование 16 новых координационных соединений различного стехиометрического состава. Определены концентрационные пределы выделения и тип растворимости комплексов. Методами ИК спектроскопии, рентгенофазового, термического анализом установлены способ координации лиганда к иону–комплексообразователю, структура отдельных комплексов.

Рентгеноструктурным анализом установлено пространственное строение комплекса дихлорид тетраимидазол меди.

Комплексное соединение CuL_4Cl_2 испытано на биологическую активность с целью выяснения возможности использования в сельском хозяйстве.

Область применения: химия координационных соединений, биокоординационная химия, ветеринарная гельминтология.

Малабаева Айнура Муратовнанын «Монодентаттуу N-донорлуу лиганд менен биваленттүү металлдардын координациалык бирикмелерин синтездөө, түзүлүшүн жана касиеттерин изилдөө» деген темада 02.00.01– органикалык эмес химия адистиги боюнча химия илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасына сунуш кылынган диссертациясынын
КОРУТУНДУСУ

Негизги сөздөр: имидазол, биогендик элементтер, комплекс пайдакылуучу, лиганд, система, эриткич ыкмасы, синтез, касиет, биологиялык активдүүлүк.

Изилдөө объектиси: имидазол, жездин, никелдин, цинктин, кобальттын, марганецтин жана кадмийдин хлориди менен сульфатынын химиялык өз ара таасир этүүсүн изилдөө жана жаңы бирикмелерди синтездөө.

Изилдөө максаты: имидазолдун биваленттүү металлдардын хлориддери жана сульфаттары менен химиялык өз ара таасир этүүсүн изилдөө жана жаңы бирикмелерди синтездөө.

Изилдөө ыкмалары: химиялык жана элементтик анализ, эригичтүүлүктүн изотермикалык ыкмасы, рентгенструктуралык, рентгенофазалык, термогравиметрикалык анализдин ыкмасы жана ИК спектроскопия.

Изилдөөнүн жабдуулары: дериватограф Паулик-Паулик-Эрдей, дифрактометр «ДРОН 4», спектрофотометр «Nicolette Avatar»; «Bruker Optic 6G6G», рентгеноструктура X-Calibur S.

Алынган жыйынтыктар жана изилдөөнүн жаңычылдыгы. Эригичтүүлүк ыкмасын колдонуп, 25°Сда жездин, никелдин, цинктин, кобальттын, марганецтин, кадмийдин хлориддери жана сульфаттары менен имидазолдун суудагы эритмесинен үчтүк системанын тең салмактуулугун изилдөөнүн жыйынтыгында жаңы он алты комплекстик бирикмени пайда кылаары тастыкталды. Синтезделген комплекстик бирикмелер динфизикалык-химиялык касиеттери изилденди. Жездин хлоридинин имидазол менен болгон 1:4 катышындагы комплекстик бирикмесинин айыл чарбасына колдонуу максатын билиш учун, CuL_4Cl_2 биологиялык активдүүлүгү жана уулулугу изилденди.

Колдонуу тармагы: координациялык химия, биокоординациялык химия, гельминттердин ветеринариясы.

SUMMARY

the dissertation of Malabaeva Ainura Muratovna on the topic: «Synthesis, structure and properties of coordination compounds of bivalent metals with monodentate N-donor ligand» for the degree of Candidate of Chemical Sciences in specialty 02.00.01 – inorganic Chemistry

Key words: imidazole, biogenic elements, ligand, system, complexion agent, solubility method, synthesis, properties, biological activity.

Object of the study: imidazole, complex compounds of chloride and copper sulfate, Nickel, zinc, cobalt, manganese and cadmium.

The purpose of the study: synthesis and physico-chemical study of coordination compounds of "biogenic" elements with biologically active ligands – imidazole.

Research methods: isothermal solubility method, elemental, thermal, x-ray phase and x-ray diffraction, as well as IR spectroscopy.

Research equipment: derivatograf Paulik-Paulik-Erdei, x-ray diffractometer "DRON 4" spectrophotometer "Nicolette Avatar" in the frequency range 400-4000 cm^{-1} , and in the range of 100-700 cm^{-1} - spectrophotometer "Bruker Optic 6G6G", X-ray material on an automatic diffractometer X-Calibur S.

Obtained result and their novelty: for the First time the investigation of phase equilibrium at 25°C in twelve triple water – salt systems containing imidazole, chlorides and sulfates of cobalt, Nickel, copper, zinc, cadmium and manganese was carried on. The formation of 16 new coordination compounds of different stoichiometric composition was established. The concentration limits of isolation and

the type of solubility of the complexes were determined. By using methods of IR spectroscopy, X-ray phase, thermal, x-ray diffraction analysis the ways of coordination of the ligand to the complex ion, the structure of individual complexes established were. X-ray diffraction analysis revealed the spatial structure of the CuL_4Cl_2 complex. Complex compound CuL_4Cl_2 tested for biological activity in order to determine the possibility of use in agriculture.

Application: chemistry of coordination compounds, biocoordination chemistry, veterinary helminthology.

Отпечатано в ОсОО «Соф Басмасы»
720020, г. Бишкек, ул. Ахунбаева 92.