

УДК 544.543:544.2

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ ПЛАНАРНЫХ ОЛИГОФЕНОЛОВ С ШИФФОВЫМИ ЗАМЕСТИТЕЛЯМИ

Бекташи Н.Р.

*Институт полимерных материалов национальной АН Азербайджана, Сумгаит,  
e-mail: ipoma@science.az*

На основе ди-, три- и олиготолилазометинфенолов и ацетатов переходных металлов ( $Zn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Cu^{+2}$  и  $Pb^{2+}$ ) синтезирован ряд полимерных комплексов. Физико-химическими и спектральными методами анализа определены их состав и структура. Показано, что испытанные планарные ди-, три- и олигофенолы с Шиффовыми заместителями при нормальных условиях активно взаимодействуют с ацетатами двухвалентных цинка, кобальта, меди и свинца и образуют интенсивно окрашенные металлополимерные комплексы, состоящие из растворимых (17,7–100%) и нерастворимых (22,9–70,6%) фракций с  $M_w$  и  $M_n$  колеблющимися в пределах 690–910 и 1690–2850 соответственно. Показано, что кроме медного комплекса ди- и тритолилазометинфенола ( $T_{пл} = 183^\circ C$ ) полученные комплексы не плавятся вплоть до  $250^\circ C$ . Комплексы  $Co^{2+}$  и  $Cu^{+2}$  с олиготолилазометинфенолом характеризуются магнитной восприимчивостью в пределах 1,3–3,8. Выявлена антибиотическая активность полученных комплексов, ингибирующая рост ряда микрокультур. Наиболее высокая ингибирующая активность установлена у комплекса меди с олиготолилазометинфенолом.

**Ключевые слова:** металлополимерные комплексы, Шиффовые заместители, молекулярномассовое распределение, эксклюзионная жидкостная хроматография, антибиотическая активность

## SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF METAL-POLYMER COMPLEXES BASED ON PLANAR OLIGOPHENOLS WITH SCHIFF SUBSTITUENTS

Bektashi N.R.

*Institute of Polymer Materials of Azerbaijan National Academy of Sciences, Sumgait,  
e-mail: ipoma@science.az*

On the basis of di-, tri- and oligotolylazomethinephenols and acetates of transition metals ( $Zn^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Cu^{+2}$  and  $Pb^{2+}$ ) a number of polymer complexes has been synthesized. Their composition and structure have been determined by physical-chemical and spectral methods of analysis. It has been shown that the tested planar di-, tri- and oligophenols with Schiff substituents in the normal conditions interact actively with acetates of bivalent zinc, cobalt, copper and lead and form the intensively colored metal-polymer complexes consisting of soluble (17,7-100%) and insoluble (22,9-70,6%) fractions with  $M_w$  and  $M_n$  vibrating within the ranges of 690-910 and 1690-2850 respectively. It has been shown that besides copper complex of di- and tritolylazomethinephenol (B.p. =  $183^\circ C$ ) the prepared complexes are not melted up to  $250^\circ C$ . The complexes  $Co^{2+}$  and  $Cu^{+2}$  with oligotolylazomethinephenol are characterized by magnetic sensitivity within the ranges of 1,3-3,8. The antibiotic activity of the prepared complexes inhibiting the growth of a number of microcultures. The highest inhibitory activity has been established in copper complex with oligotolylazomethinephenol.

**Keywords:** metal-polymer complexes, Schiff substituents, molecular weight distribution, Size-Exclusion Liquid Chromatography, antibiotic activity

Рациональный дизайн лигандных систем, направленный на создание металлокомплексов с заданным строением и практически полезными свойствами, является важнейшей задачей современной координационной химии. Одним из наиболее широко изучаемых объектов, использующихся для решения этой задачи, являются азометинные лиганды и их комплексные соединения. Известно, что при варьировании звенности металлоциклов, природы донорных атомов, разнообразных стерео- и координационно-активных заместителей удается синтезировать азометинные комплексные соединения с управляемыми структурами и ядерностью. Путем изменения методов и условий синтеза, подбора лигандных систем и комплексообразователей получают не только обычные для хелатирующих лигандов внутримолекулярные

соединения, но и металлополимерные комплексы (МПК) [1, 2].

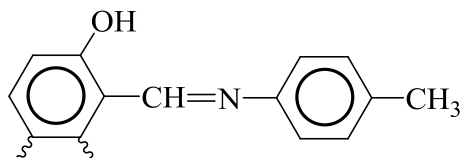
Цель исследования: создание новых типов структурно упорядоченных, конформационно регулируемых каталитических систем на основе МПК, состоящих из планарных ди-, три- и олиготолилазометинфенолов (ОТАМФ) и ряда переходных металлов:  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ . Эти исследования могут открыть возможность создания новых типов комплексных катализаторов химических превращений, антибиотиков, а также полифункциональных материалов с высокими эксплуатационными свойствами.

### Материалы и методы исследования

В процессе синтеза исследуемых МПК использовались реактивы: п-толуидин, салициловый альдегид, КОН, 35%-ный NaOCl, 37%-ный HCl, ацетаты цинка,

кобальта, меди и свинца, н-гептан, тетрагидрофуран (ТГФ), диметилформамид (ДМФА), этил- и метиловые спирты, 1,4-диоксан, концентрированная  $H_2SO_4$  производимыми фирмами «Мерск», «Carbo-Erba» и Analag Chem». п-Толлил-2-азометинфенол (ТАМФ) (или N-птолилсалицилальдимин) синтезировали путем конденсации п-толуидина с салициловым альдегидом в среде кипящего этилового спирта. После завершения реакции растворитель отгоняли, а продукт конденсации перекристаллизовывали из этанола ( $T_{пл}$  93 °С).

Структуру ОТАМФ состоящей из ТАМФ звеньев можно описать в следующем виде:



Синтез ОТАМФ и МПК на их основе осуществляли по [3–5]. При этом ОТАМФ получен путем окислительной поликонденсации (ОП) ТАМФ 35%-ным водным раствором NaOCl в водно-щелочной среде разделили на три фракции: первая фракция, растворимая в н-гептане (ОТАМФ-1), вторая фракция, не растворимая в н-гептане (ОТАМФ-2), и третья фракция, растворимая в воде (ОТАМФ-3). Установлено, что ОТАМФ-1 состоит из смеси ди- ( $M_n = 425$ ) и тримеров ( $M_n = 640$ ) примерно в одинаковом количестве, а ОТАМФ-2 и ОТАМФ-3 являются олигомерами. Химическими и спектральными методами анализа установлено, что все три фракции ОТАМФ состоят из ТАМФ звеньев. Однако вследствие частичного гидролиза и окисления азометиновых групп в процессе синтеза в макромолекулу ОТАМФ-3, наряду с основными звеньями включаются в небольшие количества карбоксильные звенья (5–10%).

Молекулярные массы (ММ) и параметры молекулярно-массового распределения (ММР) синтезированных продуктов были определены методом эксклюзионной жидкостной хроматографии (ЭЖХ) на высокоэффективном жидкостном хроматографе фирмы Kovo (Чехия) с рефрактометрическим и УФ-спектрофотометрическим детекторами. Использованы две колонки размером 3,3×150 мм, заполненные неподвижной фазой Searon-SGX с размером частиц 7 мкм и пористостью 100 Å. Элюент – ДМФА, скорость потока 0,3 мл/мин.  $T = 20–25$  °С. Калибровочную зависимость  $lgM$  от  $V_R$  в диапазоне  $M = (1,5 – 100) \times 10^2$  получили с использованием полиэтиленгликолевых стандартов и узких фракций ОТАМФ. Интерпретацию хроматограмм выполняли по методике [6].

ИК- и УФ-спектры полученных МПК и исходных ОТАМФ снимали в таблетках KBr, а также в растворах тетрагидрофурана (ТГФ) на спектрометре FTIR-8300 фирмы Shimadzu. Магнитные моменты комплексов измеряли методом Гуи с использованием  $Hg[CO(SCN)_4]$  в качестве стандартного вещества при комнатной температуре.

ДТ и ТГ анализы тонких порошков полученных веществ осуществляли на приборе NiGn RG2/s на воздухе при скорости роста температуры 2 °С/мин.

Антимикробную активность исследуемых комплексов определяли методом серийных разведений [7]. В качестве тест-штаммов использовали следующие стандартные типовые культуры микро-

организмов: *L. monocytogenes*, *B. brevis*, *B. megaterium*, *M. luteus*, *B. cereus*, *K. pneumonia*, *M. smegmatis*, *S. thermophilus*, *S. aureus*, *E. aerogenes*, *Torulopsis holmii*, *P. Vulgaris*. При этом определены минимальные подавляющие концентрации и минимальные бактерицидные концентрации катионов металлов в составе МПК. Одномолярные растворы 2[ТАМФ]Cu<sup>+2</sup>, 2[ОТАМФ-2]Cu<sup>+2</sup>, 2[ОТАМФ-3]Cu<sup>+2</sup>, 2[ОТАМФ-2]Co<sup>+2</sup>, 2[ОТАМФ-2]Zn<sup>+2</sup> и 2[ОТАМФ-2]Pb<sup>+2</sup> стерилизовали автоклавированием.

### Результаты исследования и их обсуждение

При смешивании ТГФ или диоксановых растворов ОТАМФ с метанольными растворами ацетатов Zn<sup>+2</sup>, Co<sup>+2</sup>, Cu<sup>+2</sup> и Pb<sup>+2</sup> наблюдается изменение окраски с образованием осадка. ОТАМФ-1 (ди-, тримерная фракция) с металлами так и исходный ТАМФ образует только растворимый комплекс (табл. 1, образцы 1 и 2), в то время как остальные МПК ОТАМФ состоят из растворимых и нерастворимых фракций (табл. 1, образцы 3–7). Как следует из данных табл. 1, образование МПК фракциями исследуемых олигомеров (ОТАМФ-1, ОТАМФ-2 и ОТАМФ-3) происходит с высоким выходом (74,4–95,5%). Видно также, образование МПК с ионами меди происходит с более высокими выходами, чем исходный мономер ТАМФ. Этот факт свидетельствует о большой реакционной способности ОТАМФ, обусловленной их системами полисопряженных связей.

В реакции взаимодействия с ОТАМФ-2 среди изучаемых металлов, Cu<sup>+2</sup> проявляет наиболее высокую активность. При этом выход комплексов ОТАМФ-2 снижается в ряду металлов: Cu<sup>+2</sup> (95,5%), Pb<sup>+2</sup> (74,4%), Co<sup>+2</sup> (71,2%), Zn<sup>+2</sup> (67,4) (табл. 1). В этом ряду наиболее активность проявляют Cu<sup>+2</sup> и Pb<sup>+2</sup> и образующиеся МПК на их основе обладают высоким выходом и соответственно высокой нерастворимой фракцией (50,2; 47,9%). Наиболее высокий выход нерастворимой фракции МПК фиксирован в реакции взаимодействия ацетата меди с ОТАМФ-3 (70,6%), что, возможно, связано с наличием в структуре указанного МПК, кроме ОН и азометиновых групп (СН=N) активных СООН групп, вследствие чего образуются более плотная трехмерно-сетчатая структура. Исследование магнитных свойств нерастворимых фракций МПК показало, что Zn<sup>+2</sup> и Pb<sup>+2</sup>, как и следовало ожидать, диамагнитны (табл. 1, образцы 6 и 7). Величины магнитных моментов медных комплексов ТАМФ, ОТАМФ-2 и ОТАМФ-3 близки между собой (1,3–1,7). Лишь комплекс Co<sup>+2</sup> с ОТАМФ-2 обладает высокой магнитной восприимчивостью (3,8) по сравнению с комплексами других металлов.

Гравиметрические анализы позволили определять содержание оксидов металлов в составе комплексов ТАМФ (12,49%) близко теоретически рассчитанному (13,08%). Растворимые и нерастворимые фракции комплексов  $\text{Cu}^{+2}$  и  $\text{Zn}^{+2}$  с ОТАМФ-2 включают в состав металлы, содержание которых близко к теоретически рассчитанным значениям (табл. 1). А в составе комплекса  $\text{Cu}^{+2}$  с ОТАМФ-3 содержание металла в растворимой фракции примерно наполовину меньше (6,33%). Наибольшее отличие между рассчитанным и найденным содержанием металла в составе МПК наблюдается в случае  $\text{Pb}^{+2}$  с ОТАМФ-2. Растворимая способность МПК, очевидно, обусловлена главным образом содержанием поперечных металло-полимерных межмолекулярных связей. В составе

комплекса ОТАМФ-3 найденное содержание меди на 3,88% превышает рассчитанное количество. Это, возможно, связано с наличием в макромолекулах определенного количества бифункциональных салицилоксидных звеньев. Полученные МПК являются в основном коричневыми, черными, иногда темно-зелеными твердыми веществами. Кроме медного комплекса исходного ТАМФ и ОТАМФ-1 (203 и 195 °C) остальные МПК плавятся вплоть до 250 °C. Таким образом, температура плавления образующихся МПК намного (на 100–110 °C) превосходит аналогичные параметры исходных органических веществ.

В ММ характеристике МПК, установленной методом ЭЖХ, обнаруживается тенденция понижения значений  $M_w$  в ряду  $\text{Cu}^{+2}$ ,  $\text{Co}^{+2}$  и  $\text{Zn}^{+2}$  (2347, 1974 и 1690) (табл. 2).

Таблица 1

Свойства и выходы МПК ОТАМФ с ацетатами металлов

№ п/п	Комплексы	$T_{пл}$ , °C	$\mu$ эфф	Me, %			Выход, %		
				ТВ	Найдено*		$\Phi_1$	$\Phi_2$	$\Sigma$
					$\Phi_1$	$\Phi_2$			
1	2[ТАМФ] $\text{Cu}^{+2}$	203	1,7	13,08	12,49	–	80,6	–	80,6
2	2[ОТАМФ-1] $\text{Cu}^{+2}$	>195	1,5	13,08	12,35	–	77,5	–	77,5
3	2[ОТАМФ-2] $\text{Cu}^{+2}$	>250	1,6	13,08	12,65	13,36	45,3	50,2	95,5
4	2[ОТАМФ-3] $\text{Cu}^{+2}$	>250	1,3	13,08	6,33	16,96	17,7	70,6	88,3
5	2[ОТАМФ-2] $\text{Co}^{+2}$	>250	3,8	12,25	5,65	13,08	40,2	31,0	71,2
6	2[ОТАМФ-2] $\text{Zn}^{+2}$	>250	д.	13,42	13,41	13,23	19,5	22,9	67,4
7	2[ОТАМФ-2] $\text{Pb}^{+2}$	>250	д.	32,93	22,07	28,16	30,5	47,9	74,4

Примечание. \*  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  растворимые и нерастворимые фракции, ТВ – теоретически вычисленные значения количества металлов, д – диамагнетичность.

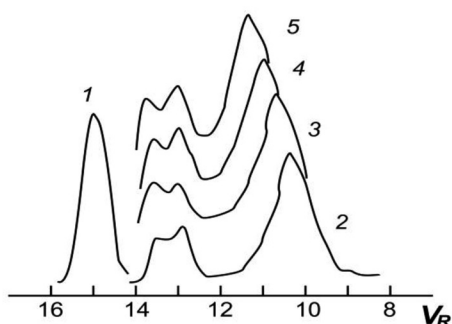
Таблица 2

Молекулярные характеристики и фракционные составы МПК с ацетатами переходных металлов

№ п/п	Комплексы	Димер, %	Тример, %	ММР			
				$M_n^*$	$M_w$	$M_w/M_n$	$M_p^{**}$
1	2[ТАМФ] $\text{Cu}^{+2}$	–	–	280	280	1,0	–
2	2[ОТАМФ-1] $\text{Cu}^{+2}$	48	52	645	710	1,1	–
3	2[ОТАМФ-2] $\text{Cu}^{+2}$	11,2	9,5	725	2347	3,25	2510 (10,8)
4	2[ОТАМФ-3] $\text{Cu}^{+2}$	9,8	12,7	715	2440	3,41	2585 (10,75)
5	2[ОТАМФ-2] $\text{Co}^{+2}$	12,4	16,4	725	1974	2,71	1995 (11,2)
6	2[ОТАМФ-2] $\text{Zn}^{+2}$	13,2	17,0	730	1690	2,31	1680 (11,5)
7	2[ОТАМФ-2] $\text{Pb}^{+2}$	9,5	12,5	910	2850	3,13	3160 (10,4)

Примечание. \*Образцы 2–6 –  $M_n$  тримеров соответствующих МПК,  $M_p^{**}$  – ММ соответствующие максимумам пиков высокомолекулярной части хроматограммы, в скобках объем удерживания  $V_R$ .

Наиболее высокая ММ в случае  $Pb^{+2}$  ( $M_n = 910$ ,  $M_w = 2850$ ), несомненно, связана с высокой атомной массой свинца ( $M = 207$ ). Как показано, в отличие от ОТАМФ-2 и ОТАМФ-3, являющихся олигомерами, ОТАМФ-1 состоит из ди- и тримеров. Причем общее их содержание в составе образцов практически не превышает 30%. Из данных таблицы видно, что переход в комплексную форму, как и следовало ожидать, сопровождается ростом  $M_n$  образцов МПК (табл. 2, образцы 1–7 и кривые 1–5 на рисунке) примерно на массу одного атома соответствующего металла. Следует отметить, что сравнительно высокие значения  $M_w$  и  $M_p$  исследуемых образцов (2500–3000) дают основание полагать, что, меняя условие синтеза можно достичь получения ОТАМФ, следовательно, и МПК на их основе с более высокими ММ. Данное обстоятельство, несомненно, даст возможность получить МПК с регулируемыми параметрами ММР в достаточно широком диапазоне ММ.



Эксклюзионно-хроматографические кривые ММР МПК с ацетатами металлов. Кривая 1-ТАМФ, кривые 2–5 соответствуют образцам 7, 4, 3 и 5 в табл. 1 (1 счет = 0,13 мл)

Полученные комплексы по растворимости также заметно отличаются от исходных соединений. Так, растворимые фракции комплексов ОТАМФ-2 и ОТАМФ-3 хорошо растворимы в  $H_2SO_4$ , ДМФА, ТГФ и диметилсульфоксиде. По сравнению с исходными олигомерами, комплексы хорошо растворяются в водной щелочи, этаноле, ацетоне, диоксане, этилацетате и не растворяются в ароматических растворителях и хлоруглеводородах.

В ИК-спектрах полученных МПК наблюдаются четкие отличия полос поглощений от спектров ОТАМФ-1, ОТАМФ-2, ОТАМФ-3 и ТАМФ. Сильная полоса поглощения азометиновых групп ТАМФ, на спектре его медного комплекса, в области  $1618\text{ см}^{-1}$  при координации с атомами металла смещается в область  $1608,5\text{ см}^{-1}$ . Одновременно в области  $424$ ,  $521$  и  $538\text{ см}^{-1}$  появляются полосы поглощения Me-N и Me-O связей со средней

интенсивностью. Интенсивность полос колебания фенольных ОН групп при  $3450\text{ см}^{-1}$  после взаимодействия с медью ослабевают и смещаются в  $3348\text{ см}^{-1}$ . Полоса поглощения ароматических C–H, C=C ( $1600$ ,  $1575$ ,  $1512$ ,  $1456\text{ см}^{-1}$ ) и C≡N, C=O связей ( $420$ ,  $501$ ,  $530\text{ см}^{-1}$ ) в спектрах ТАМФ и его медного комплекса аналогичны. В ИК-спектрах ОТАМФ-1 и их медного комплекса так же фиксируются похожие изменения в области появления полос поглощения CH=N и ОН группы. Сильная полоса поглощения азометиновых групп ОТАМФ-1 ( $1620\text{ см}^{-1}$ ) после его взаимодействия с  $Cu^{+2}$ , появляется чуть раньше в области  $1610\text{ см}^{-1}$ . Колебания Me-O и Me-N связей наблюдаются при  $420$ ,  $501$ , и  $530\text{ см}^{-1}$ . ИК-спектры ОТАМФ-1, ОТАМФ-2 и их медных комплексов идентичны.

Таким образом, исследование состава, структуры и свойств, в том числе магнитных, подтверждают структуру МПК, состоящих из макромолекулярных цепей ТАМФ звеньев, связанных с двухвалентными металлами через фенольные СО-Me группы и координированных азометиновыми заместителями.

Исследования термоокислительной деструкции методом ТГ показали, что синтезированные МПК начинают разлагаться при более высоких температурах ( $139$ – $261\text{ °C}$ ), чем разложения исходных веществ ( $184\text{ °C}$ ). Комплексы  $Zn^{+2}$ ,  $Co^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$  в процессе разложения теряют 5% массы при более высоких температурах ( $150$ – $157\text{ °C}$ ), чем исходные олигомеры ( $130$ – $134\text{ °C}$ ).

Относительно высокая термостабильность МПК в этих условиях, вероятно, обусловлена с их трехмерно-сетчатой структурой. Однако при высоких температурах ( $>500\text{ °C}$ ) их разложение происходит более интенсивно, чем исходные олигомеры. Например, если температура полураспада образцов ОТАМФ равна  $639$  и  $757\text{ °C}$ , то аналогичные параметры у соответствующих МПК намного ниже и составляют  $507$  и  $620\text{ °C}$ . Этот факт, очевидно, связан с каталитическим действием металлов при высоких температурах на процесс окислительного разложения ОТАМФ. Наиболее высокую каталитическую активность проявляют  $Co^{+2}$  и  $Pb^{+2}$ .

Среди испытанных МПК относительно высокая термостабильность характерна для комплексов  $Zn^{+2}$  и  $Cu^{+2}$ . Как следует из данных табл. 3, температура полураспада указанных комплексов ( $620$ ,  $582\text{ °C}$ ) превышает температуру полураспада комплексов  $Co^{+2}$  и  $Pb^{+2}$  ( $465$  и  $507\text{ °C}$ ). При этом количество коксового остатка у испытываемых МПК, при  $1120\text{ °C}$  меняется в пределах  $10,6$ – $35,3\%$ . Однако, если принимать во внимание содержание металлов в составе МПК ( $17,2$ – $25,5\%$ ), то большая доля коксовых остатков

состоит из окисей соответствующих металлов. Например, количество коксового остатка в случае ОТАМФ-3 и его медного комплекса при 1120°C составляет 16,9 и 32%. Здесь из 32% лишь 6,04% является графитизированной органической частью комплекса, а 25,96% является окисью меди.

При изучении свойства растворимых фракций синтезированных МПК выявлена их антибиотическая активность по отношению к ряду микроорганизмов. Среди

МПК наивысшую антибиотическую активность показал медный комплекс ОТАМФ-2 (обр. II). Указанный комплекс ингибирует рост всех 12 микроорганизмов, испытываемых в работе (табл. 4). Комплексы  $Zn^{+2}$ ,  $Co^{+2}$  и  $Pb^{+2}$  (образцы IV V и VI) показали ограниченное ингибирующее действие на рост микроорганизмов. А медный комплекс ОТАМФ-3 препятствовал лишь росту четырех микроорганизмов: *P. vulgaris*, *M. luteus*, *S. thermophilus*, *Torulopsis holmii*.

Таблица 3

Термоокислительная деструкция нерастворимых фракций МПК и исходных веществ

Свойства	Испытанные вещества								
	ТАМФ	ОТАМФ-2	ОТАМФ-3	М П К*					
				1	2	3	4	5	6
$T_0, ^\circ C$	184	130	134	261	139	127	150	146	157
$T_1, ^\circ C$	243	239	200	300	216	202	246	250	245
$T_2, ^\circ C$	306	757	639	409	582	488	620	465	507
К.О*	0.3	2.9	15.9	15.6	10.6	32.0	23.5	27.7	35.3

Примечание. К.О – коксовый остаток при 1125 °C;  $T_0$ ,  $T_1$  и  $T_2$  – температуры до и при 5 и 50% распада, °C. \*МПК: 1 – 2[ТАМФ]Cu<sup>+2</sup>, 2 – 2[ОТАМФ-2] Cu<sup>+2</sup>, 3 – 2[ОТАМФ-3]Cu<sup>+2</sup>, 4 – 2[ОТАМФ-2] Zn<sup>+2</sup>, 5 – 2[ОТАМФ-2]Co<sup>+2</sup>, 6 – 2[ОТАМФ-2]Pb<sup>+2</sup>.

Таблица 4

Антимикробная активность комплексов (I – 2[ТАМФ]Cu<sup>+2</sup>, II – 2[ОТАМФ-2]Cu<sup>+2</sup>, III – 2[ОТАМФ-3]Cu<sup>+2</sup>, IV – 2[ОТАМФ-2]Co<sup>+2</sup>, V – 2[ОТАМФ-2]Zn<sup>+2</sup>, VI – 2[ОТАМФ-2]Pb<sup>+2</sup>)

Микроорганизмы	МПК* и МБК катионов металлов, мкг/мл					
	I (Cu <sup>+2</sup> )	II (Cu <sup>+2</sup> )	III (Cu <sup>+2</sup> )	IV (Co <sup>+2</sup> )	V (Zn <sup>+2</sup> )	VI (Pb <sup>+2</sup> )
<i>L. monocytogenes</i>	25 50	2,5 5	–	11 22	12 12	10 13
<i>B. brevis</i>	30 60	2,25 4,5	–	10 12	–	12 12
<i>B. megaterium</i>	30 60	2,25 4,5	–	13 15	10 10	–
<i>M. luteus</i>	–	2,5 5	–	14 30	–	10 10
<i>B. cereus</i>	25 55	2 4	–	–	10 10	12 12
<i>K. pneumonia</i>	30 65	2 4	–	14 29	10 10	13 15
<i>M. smegmatis</i>	–	3,25 6,5	–	15 33	13 13	10 10
<i>S. thermophilus</i>	25 55	2 4	4 8	–	12 12	–
<i>S. aureus</i>	25 55	2 4	–	15 32	–	13 13
<i>E. aerogenes</i>	–	2,5 5	–	15 30	12 12	10 10
<i>Torulopsis holmii</i>	30 60	3 6	4 8	–	10 10	10 10
<i>Vulgaris</i>	25 50	2,75 5,5	6 12	14 28	10 10	12 12

Примечание. МПК\* – здесь минимальная подавляющая концентрация. Нижние цифры значения МПК.

Как следует из данных таблицы, наиболее низкой антимикробной активностью обладает комплекс исходного  $2[\text{TAMФ}]\text{Cu}^{+2}$ , в пределах 25–30 (МБК) и 50–65 (МПК). При этом переход к МПК (ОТАМФ) сопровождается резким повышением бактерицидности до десяти раз, что, несомненно, связано с ростом ММ комплексов. Уровни антимикробной активности применяемых МПК по отношению к разным микроорганизмам близки и практически меняются в одинаковых пределах.

### Заключение

Таким образом, исследования свойства, состава и структуры позволили показать, что вновь синтезированные МПК содержат между- и внутримолекулярные O-Me и N-Me связи, и являются неплавкими (вплоть до 250 °С) твердыми веществами. Среди них комплексы  $\text{Cu}^{+2}$  и  $\text{Co}^{+2}$  характеризуются магнитной восприимчивостью в пределах 1,3–3,8. МПК до 500 °С достаточно термостабильны и при 1125 °С образуют 10,6–35,3% коксовых остатков. Выше 500 °С металлы катализируют термоокислительную деструкцию комплексов.

Полимерные комплексы подобного типа успешно применяются в качестве

катализаторов химических превращений, антибиотиков, а также при создании принципиально новых полифункциональных материалов с высокими эксплуатационными свойствами и для решения других практически важных задач.

### Список литературы

1. Xiao J.M., Zhang W. In situ synthesis and dielectric properties of copper (II) and nickel (II) chiral Schiff base complexes. *Inorganic Chemistry Communications*. 2009. V. 12. P. 1175–1183.
2. Wang R.M., He N.P., Song P.F., He Y.F., Ding L., Lei Z.Q. Preparation of nani-chitosan Schiff-base copper complexes and their anticancer activity. *Polymers advanced technologies*. 2009. V. 20. P. 959–965.
3. Бекташи Н.Р. Синтез и исследование молекулярно-массового распределения и структуры олигофенилазаметин-фенола и металлокомплексов на его основе // *Нефтегазовые технологии и аналитика*. 2017. № 9. С. 14–19.
4. Bektashi N.R. Size-Exclusion Chromatography of co oligoanilinazomethenols. 24 National Chemistry Congress. Turkey, Zonguldak, 29 June-2 July 2010. P. 29.
5. Valipour A.Ya., Mamedov B.A., Mamedova R.I., Taryverdiev Sh., Bayramov G.K. Synthesis and properties of co polyanilinehydroxybenzaldehyde. *Novation, Periodical Scientific Journal*. 2010. No.7. P. 153.
6. Bektashi N.R., Alieva D.N., Jalilov R.A., Ragimov A.V. Liquid Chromatography of Oligoepichlorohydrin. *Polymer Science Ser. B*. 2000. vol. 42. no. 9–10. P. 276.
7. Егоров Н.С. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. М.: МГУ, 1995. 224 с.