

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 2, Number 416 (2016), 98 – 106

**NMR-SPECTROSCOPIC RESEARCH OF LASALOCID
CINNAMYL ESTER AND ITS COMPLEXES
WITH METAL CATIONS**

**A. S. Tukibayeva¹, B. N. Kabylbekova¹, Natali Musial²,
Radosław Pankiewicz², Bogusława Łęska², A. Bayeshov³, A. M. Medeuova⁴**

¹M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan,

²Adam Mickiewicz University in Poznań, Poland,

³D. V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan,

⁴Academic Innovation University, Shymkent, Kazakhstan

Keywords: lasalocidacid derivatives, ionophore, biological activity, monovalent metal cations, NMR-spectroscopy.

Abstract. In this article the results of spectroscopic and semi empirical research of lasalocidcinnamyl ester and its complexes with metal cations by using NMR measurements. ¹H NMR spectra of LasCin showed the individual signals, related to the various OH groups. These positions of proton signals indicate that they are involved in relatively weak intramolecular hydrogen bonds.

УДК547.9

**ЯМР-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ
ЛАСАЛОЦИДНОГО ЭФИРА ЦИННАМИЛОВОГО СПИРТА
И ЕГО КОМПЛЕКСОВ С КАТИОНАМИ МЕТАЛЛОВ**

**А. С. Тукибаева¹, Б. Н. Кабылбекова¹, Н. Мусиал²,
Р. Панкевич², Б. Леска², А. Баешов³, А. М. Медеуова⁴**

¹Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан,

²Университет им. Адама Мицкевича в Познани, Польша,

³ИТКЭ им. Д. В. Сокольского, Алматы, Казахстан,

⁴Академический инновационный университет, Шымкент, Казахстан

Ключевые слова: производные ласалоцидной кислоты, ионофор, биологическая активность, катионы одновалентных металлов, ЯМР-спектроскопия.

Аннотация. В статье рассматриваются результаты спектроскопического исследования ласалоцидного эфира циннамилового спирта и его комплексов с катионами металлов с помощью ЯМР измерения. Спектры ¹H ЯМР LasCin показали отдельные сигналы, связанные с различными ОН-группами. Эти позиции сигналов протонов показывают, что они участвуют в относительно слабых внутримолекулярных водородных связях.

Введение. В литературе имеется информация о новом классе антибиотиков, способных доставлять катионы металлов через биологические мембраны и, более конкретно, через митохондриальные мембраны. Биологическая активность этих соединений связана с их естественной способностью образовывать комплексы с ионами металлов и их транспортировку через липидный барьер, который является мембраной, отсюда и название ионофоры или ионные носители [1, 2].

Способность связывающих молекул ионофоров основана на их сродстве, которое соответствует структуре полости хозяина. Чем больше сродство, тем прочнее возникает соединение [3]. Схема переноса ионов через ионофоров показана на рисунке. Размер полости и ионного пучка определяет избирательность ионофоров. Большое значение в процессе селективного молекулярного распознавания также имеет рН среды, ионная сила и вид растворителя [4, 5].

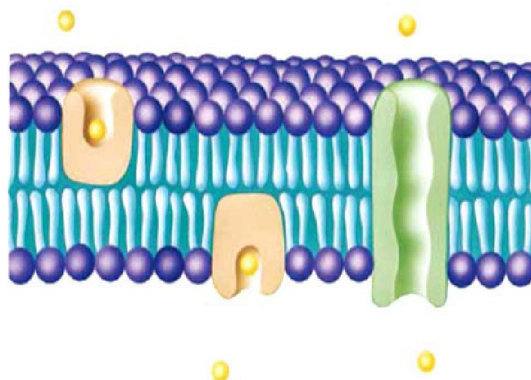


Схема ионного переноса по ионофорам [6]

Многие исследователи занимались проблемой поиска новых антибиотических препаратов. Следует отметить работы С. Ваксмана, которые привели к обнаружению и выделению стрептомицина. К 1940 году были известны пять антибиотиков: микофеноловая кислота (1896 год, Б. Гоцио), пиоционаза (1899 год, Р. Эммерих и О. Лоу), актиномицетин (1937 год, М. Вельш), мицетин (1939 год, А. Красильников) и тиротрицин (1939 год, Р. Дюбо). Этот этап развития учения об антибиотиках получил название периода *антибиотикотерапии*.

Ионы металлов часто встречаются в сольватированных формах, но при контакте с ионофором, молекулы воды постепенно замещаются атомами кислорода, способные координировать катион. Ион металла передается через мембрану и освобождается на другой стороне, и молекула ионофора возвращается в липидную мембрану [7]. Примером такого типа ионофор антибиотика является валиномицин, выделенный из *Streptomyces fulvissimus*.

Открытие природных макроциклических антибиотиков, поддающихся комплексации ионов и нейтральных молекул и позволяющих транспортировать ионы щелочного металла через полупроницаемые мембраны, предоставляет огромный интерес в исследовании линейных и циклических систем, содержащих гетероатомы с изолированной электронной парой. Образование и активность супер-молекулярных видов определяются межмолекулярными взаимодействиями в системах с согласованными размерами, формой и стереоэлектронными свойствами. Определение характера взаимодействия биологически активных агентов со средой требует всестороннего комплексного исследования различными методами [8-10].

Изменения в структуре молекулы, причинённые внесением заместителей, существенно влияют на химическую активность соединений. Характер изменений, причинённый внесением заместителей, очень часто связан с индукционным, мезомерными стерическим эффектом. Новый эффективный метод модификации химической активности соединений включает в себя внесение заместителей, поддающихся комплексной формации. Определение методов синтеза молекул с макроциклическими заместителями, поддающихся формированию устойчивых комплексов с металлическими катионами открыло новые возможности для модификации химической активности большинства биологически активных соединений. Образование комплексов металлических ионов с ионофорами, являющихся молекулами-хозяевами, изменяет активность и селективность металлических ионов и молекул лиганд. Кроме того, этот процесс очень часто включает в себя конформационные изменения в молекулах-хозяевах из-за электронных взаимодействий или переноса заряда в молекулу-хозяина [11-14].

Одной из важнейших проблем современной сельскохозяйственной химии является поиск новых типов соединений, демонстрирующих биологическую активность и определение взаимо-

действий этих соединений с металлическими ионами, для того, чтобы установить связь между комплексными структурами и их биологической активностью.

Трудно оценить количество известных в настоящее время веществ с антимикробной активностью, отметим лишь, что ежегодно на цели их изыскания выделяются огромные средства. Рассмотрим причины столь пристального внимания к ним:

1. Многие антибиотические вещества или продукты их модификации – незаменимые лечебные препараты, широко применялись при лечении инфекционных заболеваний, которые считались ранее либо неизлечимыми, либо характеризовались высокой летальностью.

2. Антибиотики необходимы в сельском хозяйстве как лечебные препараты, а также как стимуляторы роста животных. Кроме того, некоторые антибиотики применяются в пищевой промышленности в качестве консервантов скоропортящейся продукции.

3. Проблема возникновения и широкого распространения резистентных к антибиотикам форм микроорганизмов ставит задачу замены одних антибиотиков другими, более эффективными.

4. Антибиотики широко применяются в научных исследованиях, при изучении отдельных сторон метаболизма организмов, расшифровке тонких молекулярных механизмов биосинтеза белка, функционирования клеточных структур и т.п.

5. Изучение химической структуры и путей образования антибиотиков представляет интерес для специалистов в области химии природных соединений, способствует исследованию механизмов биосинтетической деятельности штаммов-продуцентов, раскрытию основных этапов их физиологии и др. [15].

В связи с этим, изучение методов получения нового класса ионофоров одной из важнейших проблем современной сельскохозяйственной химии является поиск новых типов соединений, демонстрирующих биологическую активность и определение взаимодействий этих соединений с металлическими ионами для того, чтобы установить связь между комплексными структурами и их биологической активностью.

В предыдущей работе мы изучали синтез нового ласалоцидного эфира с 2-аллилоксэтанолом и чистота полученного продукта были исследованы с помощью ВЭЖХ [16].

В продолжение этих ранних исследований мы описываем в работе результаты спектроскопического исследования ласалоцидного эфира циннамилового спирта его способности образовывать комплексы с некоторыми одновалентными катионами с использованием ЯМР-спектроскопии.

Методика исследования

Спектры ЯМР были записаны в CD_3CN с использованием спектрометра VarianGemini 300 МГц. Все спектры были фиксированы к дейтериевому резонансу CD_3CN . Ошибка в значениях ppm составила 0.01. Все измерения 1H ЯМР были проведены на рабочей частоте 300,075 МГц; флип угол, $PW = 450$; спектральная ширина, $SW = 4500$ Гц; время обнаружения, $v = 2,0$ сек.; задержка релаксации, $d1 = 1,0$ с; $T = 293,0$ К и ТМС в качестве внутреннего стандарта. Цифровое разрешение = 0,2 Гц / точка. Спектры ^{13}C ЯМР были записаны на рабочей частоте 75,454 МГц; $PW = 600$; $SW = 19000$ Гц; $v = 1,8$ с; $d1 = 1,0$ с; $T = 293,0$ К и ТМС в качестве внутреннего стандарта. Уширение линии параметров составило 0,5 или 1 Гц. Были установлены 1H и ^{13}C ЯМР сигналы для каждого вида, используя одно или двумерные (COPY, HETCOR) спектры.

Результаты и обсуждение

1H и ^{13}C ЯМР данные LasCin в ацетонитриле и его 1: 1 комплексы с катионами Li^+ , Na^+ и K^+ в ацетонитриле собраны в таблицах 1–4 соответственно.

К сожалению, комплексы LasCin с катионами Rb^+ и Cs^+ нерастворимы в нужной концентрации в ацетонитриле. Спектры 1H ЯМР LasCin показывают отдельные сигналы, связанные к различным ОН-группам. Наиболее сдвинутый сигнал обнаружен около 10,87 ppm, установленный $O_{37}H$ протону фенольной группы, участвующий в средне сильной внутримолекулярной водородной связи.

Таблица 1 – Химические сдвиги ^1H NMR и ^{13}C NMR сигналов (ppm) ласалоцидной кислоты и его циннамилового сложного эфира [17]

Атом №	LasH		Las-Суп		Различие между химическими сдвигами (ppm)	
	Химический сдвиг (ppm)		Химический сдвиг (ppm)		^1H NMR	^{13}C NMR
	^1H NMR	^{13}C NMR	^1H NMR	^{13}C NMR		
1	–	173,20	–	170,73	–	2,47
2	–	111,00	–	110,22	–	0,78
3	–	161,61	–	159,79	–	1,81
4	–	124,20	–	123,09	–	1,11
5	7,17	134,52	7,13	134,08	0,04	0,42
6	6,63	121,40	6,66	121,44	–0,03	–0,04
7	–	144,10	–	142,57	–	1,53
8	3,06	33,45	1,58	33,26	1,48	0,19
9	2,00	36,90	2,19	34,16	–0,19	2,74
10	1,90	34,66	2,93	33,55	–1,03	1,11
11	4,08	73,00	3,91	70,65	0,17	2,35
12	2,84	48,80	2,82	48,31	0,02	0,49
13	–	214,40	–	214,12	–	0,28
14	2,62	55,00	2,77	53,79	–0,15	1,21
15	3,88	83,80	3,82	84,08	0,06	–0,28
16	2,20	36,97	2,23	14,87	–0,03	22,1
17	1,80	40,20	1,52, 1,81	35,56	0,01	4,64
18	–	86,20	–	84,75	–	1,45
19	3,50	70,70	3,41	69,42	0,09	1,28
20	~1,5, 2,0	21,67	1,41, 1,69	20,05	0,09, 0,31	1,62
21	1,70	30,43	1,24	29,60	0,46	0,83
22	–	72,60	–	84,75	–	–12,15
23	3,93	76,00	3,76	72,79	0,17	3,21
24	1,23	14,64	1,17	13,08	0,06	1,56
25	1,37	31,80	1,53	29,00	–0,16	2,8
26	1,01	6,99	0,796	7,42	0,214	–0,43
27	1,60	29,31	1,63	28,35	–0,03	0,96
28	0,96	8,44	0,867	5,42	0,093	3,02
29	1,06	16,41	1,00	15,95	0,06	0,46
30	2,20	18,94	1,86	17,32	0,34	1,62
31	1,01	12,55	0,85	11,72	0,16	0,83
32	1,10	14,00	0,77	12,32	0,33	1,68
33	1,19	12,44	0,87	11,41	0,32	1,03
34	2,28	16,10	2,21	15,02	0,07	1,08
ОН I	6,14	–	–	–	–	–
ОН III	11,84	–	11,04	–	0,80	–
ОН IV	6,14	–	3,62	–	2,52	–
ОН VIII	6,14	–	2,45	–	3,69	–
1'	–	–	5,02	65,22	–	–
2'	–	–	6,44	122,41	–	–
3'	–	–	6,74	134,53	–	–
4'	–	–	7,12	134,99	–	–
5'	–	–	7,43	125,77	–	–
6'	–	–	7,32	127,58	–	–
7'	–	–	7,25	127,2	–	–
8'	–	–	7,32	127,58	–	–
9'	–	–	7,43	125,77	–	–

Таблица 2 – Химические сдвиги ^1H NMR и ^{13}C NMR сигналов (ppm) комплекса LasCin с катионом Na^+ [17]

Атом №	LasCinNa ⁺		LasCin		Различие между химическими сдвигами (ppm)	
	Химические сдвиги (ppm)		Химические сдвиги (ppm)		^1H NMR	^{13}C NMR
	^1H NMR	^{13}C NMR	^1H NMR	^{13}C NMR		
1	–	172,3	–	170,7	–	1,6
2	–	112,9	–	110,2	–	2,7
3	–	160,9	–	159,8	–	1,1
4	–	124,9	–	123,1	–	1,8
5	7,25	135,9	7,13	134,1	0,12	1,8
6	6,73	122,7	6,66	121,4	0,07	1,3
7	–	144,2	–	142,6	–	1,6
8	1,58	35,1	1,58	33,3	0,00	1,8
9	2,08	37,4	2,19	34,2	–0,11	3,2
10	2,98	35,2	2,93	33,6	0,05	1,6
11	3,90	72,2	3,91	70,7	–0,01	1,5
12	2,79	49,5	2,82	48,3	–0,03	1,2
13	–	218,7	–	214,1	–	4,6
14	2,88	55,2	2,77	53,8	0,11	1,4
15	3,88	84,5	3,82	84,1	0,06	0,4
16	2,23	15,4	2,23	14,9	0,00	0,5
17	1,54, 1,85	38,4	1,52, 1,81	35,6	0,01	2,8
18	–	87,6	–	84,8	–	2,8
19	3,59	70,2	3,41	69,4	0,18	0,8
20	1,43, 1,63	30,0	1,41, 1,69	20,1	0,09, 0,31	10,0
21	1,31	34,8	1,24	29,6	0,07	5,2
22	–	77,0	–	84,8	–	–7,8
23	3,69	75,3	3,76	72,8	–0,07	2,5
24	1,15	14,2	1,17	13,1	–0,02	1,1
25	1,52	31,8	1,53	29,0	–0,01	2,8
26	0,80	9,4	0,80	7,4	0,00	2,0
27	1,62	30,3	1,63	28,4	–0,01	2,0
28	0,85	6,5	0,87	5,4	–0,02	1,1
29	1,00	17,0	1,00	16,0	0,00	1,1
30	1,95	20,7	1,86	17,3	0,09	3,4
31	0,84	12,7	0,85	11,7	–0,01	0,9
32	0,77	13,1	0,77	12,3	0,00	0,8
33	0,86	12,3	0,87	11,4	–0,01	0,9
34	2,11	15,9	2,21	15,0	–0,10	0,9
ОН III	11,05	–	11,04	–	0,01	–
ОН IV	3,61	–	3,62	–	–0,01	–
ОН VIII	2,70	–	2,45	–	0,25	–
1'	5,06	67,3	5,02	65,2	0,04	2,0
2'	6,51	123,7	6,44	122,4	0,07	1,3
3'	6,82	136,0	6,74	134,5	0,08	1,4
4'	7,23	137,1	7,12	135,0	0,11	2,1
5'	7,48	127,6	7,43	125,8	0,05	1,9
6'	7,35	129,6	7,32	127,6	0,03	2,1
7'	7,30	129,2	7,25	127,2	0,05	2,0
8'	7,35	129,6	7,32	127,6	0,03	2,1
9'	7,48	127,6	7,43	125,8	0,05	1,9

Таблица 3 – Химические сдвиги ^1H NMR и ^{13}C NMR сигналов (ppm) комплекса LasCin с катионом K^+ [17]

Атом №	LasCin K^+		LasCin		Различие между химическими сдвигами (ppm)	
	Химические сдвиги (ppm)		Химические сдвиги (ppm)		^1H NMR	^{13}C NMR
	^1H NMR	^{13}C NMR	^1H NMR	^{13}C NMR		
1	–	172,4	–	170,7	–	1,6
2	–	112,8	–	110,2	–	2,6
3	–	161,0	–	159,8	–	1,2
4	–	124,9	–	123,1	–	1,8
5	7,22	135,9	7,13	134,1	0,09	1,8
6	6,72	122,7	6,66	121,4	0,06	1,2
7	–	144,3	–	142,6	–	1,7
8	1,56	35,2	1,58	33,3	–0,02	1,9
9	2,08	37,6	2,19	34,2	–0,11	3,4
10	2,89	35,5	2,93	33,6	–0,04	1,9
11	3,87	71,9	3,91	70,7	–0,04	1,3
12	2,86	49,1	2,82	48,3	0,04	0,7
13	–	217,5	–	214,1	–	3,3
14	2,70	55,2	2,77	53,8	–0,07	1,4
15	3,76	85,0	3,82	84,1	–0,06	0,9
16	2,17	15,5	2,23	14,9	–0,06	0,6
17	1,51, 1,81	38,8	1,52, 1,81	35,6	0,01	3,2
18	–	87,4	–	84,8	–	2,6
19	3,22	71,4	3,41	69,4	–0,19	1,9
20	1,43, 1,65	30,3	1,41, 1,69	20,1	0,09, 0,31	10,2
21	1,28	34,9	1,24	29,6	0,04	5,3
22	–	77,5	–	84,8	–	–7,2
23	3,71	74,9	3,76	72,8	–0,05	2,1
24	1,14	14,4	1,17	13,1	–0,03	1,4
25	1,53	32,0	1,53	29,0	0,00	3,0
26	0,80	9,3	0,80	7,4	0,00	1,9
27	1,63	30,4	1,63	28,4	0,00	2,1
28	0,85	6,7	0,87	5,4	–0,02	1,2
29	1,00	16,9	1,00	16,0	0,00	1,0
30	1,95	20,7	1,86	17,3	0,09	3,3
31	0,84	12,7	0,85	11,7	–0,01	1,0
32	0,78	13,4	0,77	12,3	0,01	1,1
33	0,84	12,3	0,87	11,4	–0,03	0,9
34	2,11	15,9	2,21	15,0	–0,10	0,9
ОН III	11,09	–	11,04	–	0,05	–
ОН IV	3,50	–	3,62	–	–0,12	–
ОН VIII	2,19	–	2,45	–	–0,26	–
1'	5,03	67,3	5,02	65,2	0,01	2,1
2'	6,49	123,7	6,44	122,4	0,05	1,2
3'	6,80	136,0	6,74	134,5	0,06	1,5
4'	7,21	137,1	7,12	135,0	0,09	2,1
5'	7,45	127,6	7,43	125,8	0,02	1,9
6'	7,35	129,6	7,32	127,6	0,03	2,0
7'	7,29	129,2	7,25	127,2	0,04	2,0
8'	7,35	129,6	7,32	127,6	0,03	2,0
9'	7,45	127,6	7,43	125,8	0,02	1,9

Таблица 4 – Химические сдвиги ^1H NMR и ^{13}C NMR сигналов (ppm) комплекса LasCin с катионом Li^+ [17]

Атом №	LasCinLi ⁺		LasCin		Различие между химическими сдвигами (ppm)	
	Химические сдвиги (ppm)		Химические сдвиги (ppm)		^1H NMR	^{13}C NMR
	^1H NMR	^{13}C NMR	^1H NMR	^{13}C NMR		
1	–	172,3	–	170,7	–	1,6
2	–	112,9	–	110,2	–	2,7
3	–	160,9	–	159,8	–	1,1
4	–	124,9	–	123,1	–	1,8
5	7,23	135,9	7,13	134,1	0,10	1,8
6	6,70	122,7	6,66	121,4	0,04	1,3
7	–	144,2	–	142,6	–	1,6
8	1,59	34,7	1,58	33,3	0,01	1,5
9	2,17	37,3	2,19	34,2	–0,02	3,1
10	3,01	35,5	2,93	33,6	0,08	1,9
11	3,82	73,6	3,91	70,7	–0,09	2,9
12	2,92	50,3	2,82	48,3	0,10	2,0
13	–	223,3	–	214,1	–	9,2
14	2,82	55,1	2,77	53,8	0,05	1,3
15	3,69	85,1	3,82	84,1	–0,13	1,0
16	3,07	13,8	2,23	14,9	0,84	–1,1
17	1,54, 1,85	37,7	1,52, 1,81	35,6	0,01	2,1
18	–	88,3	–	84,8	–	3,6
19	3,64	69,8	3,41	69,4	0,23	0,3
20	1,40, 1,68	21,2	1,41, 1,69	20,1	0,09, 0,31	1,1
21	1,38	31,3	1,24	29,6	0,14	1,7
22	–	77,5	–	84,8	–	–7,3
23	3,67	76,1	3,76	72,8	–0,09	3,3
24	1,18	13,5	1,17	13,1	0,01	0,4
25	1,54	30,5	1,53	29,0	0,01	1,5
26	0,81	9,5	0,80	7,4	0,01	2,1
27	1,64	28,7	1,63	28,4	0,01	0,3
28	0,87	6,5	0,87	5,4	0,00	1,1
29	0,95	15,9	1,00	16,0	–0,05	0,0
30	1,94	18,1	1,86	17,3	0,08	0,7
31	0,84	13,2	0,85	11,7	–0,01	1,5
32	0,77	13,2	0,77	12,3	0,00	0,9
33	0,88	12,3	0,87	11,4	0,01	0,9
34	2,08	14,8	2,21	15,0	–0,13	–0,2
ОН III	11,04	–	11,04	–	0,00	–
ОН IV	3,63	–	3,62	–	0,01	–
ОН VIII	2,32	–	2,45	–	–0,13	–
1'	5,04	67,2	5,02	65,2	0,02	2,0
2'	6,49	123,7	6,44	122,4	0,05	1,3
3'	6,81	136,0	6,74	134,5	0,07	1,4
4'	7,22	137,1	7,12	135,0	0,10	2,1
5'	7,47	127,6	7,43	125,8	0,04	1,9
6'	7,35	129,6	7,32	127,6	0,03	2,1
7'	7,29	129,2	7,25	127,2	0,04	2,0
8'	7,35	129,6	7,32	127,6	0,03	2,1
9'	7,47	127,6	7,43	125,8	0,04	1,9

Два других сигнала ОН-протонов обнаружены в диапазоне 3.40-2.40 ppm. Эти позиции сигналов протонов показывают, что они участвуют в относительно слабых внутримолекулярных водородных связях. В таблице 3 данные ^1H и ^{13}C ЯМР для 1: 1 комплексов LasCin с катионами Li^+ , Na^+ и K^+ сравнены с теми LasCin, когда все в растворе ацетонитрила. Взаимодействие атомов кислорода в молекуле LasCin с катионом Li^+ четко указывает сдвиг C_{13} углерода кетонной группы из 214.77 ppm (незакомплексованный LasCin) к 222.87 ppm (LasCin Li^+ -комплекс).

То же самое справедливо и по отношению к химическим сдвигам сигналов всех атомов углерода соседних к атому кислорода, координирующих катион Li^+ в 1: 1 комплексе. Этот вывод согласуется с полуэмпирическими расчетами PM5. Все выше- рассмотренные изменения значительно ниже в ^{13}C ЯМР спектрах комплексов LasCin Na^+ и LasCin K^+ и показывают, что взаимодействие LasCin с катионами Na^+ или K^+ слабее, чем с Li^+ .

Авторы благодарят Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан за финансовую поддержку в рамках Грантового финансирования № 68-10 от 12.02.2015 в 2015-2017 годы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Moore C., Pressman B.C. Mechanism of action of valinomycin on mitochondria // Biochem. Biophys. Res. Commun. – 1964. – № 15. – P. 562-566.
- [2] Pressman B.C., Harris E.J., Jagger W.S., Johnson J.H. Antibiotic-mediated transport of alkali ions across lipid barriers // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 1967. – № 58. – P. 1949-1956.
- [3] Schroeder G., Gierczyk B. Syntetyczne receptory jonowe – jonofory, Syntetyczne receptory jonowe. – BETAGRAF” P.U.H.: Poznań, 2005.
- [4] Burgermeister W., Winkler-Oswatitsch R. Complex formation of monovalent cations with biofunctional ligands // Topics in Current Chemistry. – 1977. – № 69. – P. 91-196.
- [5] Hilgenfeld R., Saenger W. Structural chemistry of natural and synthetic inoophores and their complexes with cations // Host Guest Complex Chemistry II, Topics in Current Chemistry. – 1982. – № 101. – P. 1-82.
- [6] Pedersen C.J. Cyclic polyethers and their complexes with metal salts // J. Am. Chem. Soc. – 1967. – № 89. – P. 7017-7036.
- [7] Roux B., Karplus M. Ion transport in a model gramicidin channel. Structure and thermodynamics // Biophys. J. – 1991. – № 59. – P. 961-981.
- [8] Westley J.W., Evans R.H., Williams J.T., Stempel A. Structure of antibiotic X-537A // J. Chem. Soc. Chem. Comm. – 1970. – № 2. – P. 71-72.
- [9] Pankiewicz R., Pawłowska A., Schroeder G., Przybylski P., Brzezinski B., Bartl F. // Mol J. Struct. – 2004. – № 694. – 155 p.
- [10] Pankiewicz R., Schroeder G., Gierczyk B., Brzezinski B., Bartl F. // Biopolymers: Biospectroscopy, 2002. – № 65. – 95 p.
- [11] Pankiewicz R., Schroeder G., Przybylski P., Brzezinski B., Bartl F. // Mol J. Struct. – 2004. – № 688. – 171 p.
- [12] Pankiewicz R., Pawłowska A., Schroeder G., Przybylski P., Brzezinski B. // Mol J. Struct. – 2004. – № 694. – 55 p.
- [13] Pankiewicz R., Schroeder G., Brzezinski B., Bartl F. // Mol J. Struct. – 2005. – № 749. – 128 p.
- [14] Pankiewicz R., Schroeder G. Application of molecular receptors” Charter 6, „Amphotericin B as a member of natural antibiotics family // Schidnyjwydawnyczyj dim Donetsk, 2009. – P. 89-101.
- [15] Желдакова Р.А. Механизмы биосинтеза антибиотиков и их действие на клетки микроорганизмов. – Мн.: БГУ, 2004. – 111 с.
- [16] Kabyzbekova B., Tukibayeva A., Musial N., Łęska B., Nowak I., Pankiewicz R. Synthesis of new lasalocid cinnamylester. Ж. // Industrial Technologies and Engineering «ICITE-2015». – Шымкент, 2015. – С. 57-59.
- [17] Отчет о НИР № 68-10 от 12.02.2015 по теме «Технология получения биологических и химических активных функциональных ионофоров». – Шымкент, 2015. – 48 с.

REFERENCES

- [1] Moore C., Pressman B.C., Biochem. Biophys. Res. Commun. **1964**, 15, 562-566 (in Eng.).
- [2] Pressman B.C., Harris E. J., Jagger W. S., Johnson J. H., Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, **1967**, 58, 1949-1956 (in Eng.).
- [3] Schroeder G., Gierczyk B. BETAGRAF” P.U.H. Poznań, 2005 (in Eng.).
- [4] Burgermeister W., Winkler-Oswatitsch R., Topics in Current Chemistry, 1977, 69, 91-196 (in Eng.).
- [5] Hilgenfeld R., Saenger W., Host Guest Complex Chemistry II, Topics in Current Chemistry, **1982**, 101, 81-82 (in Eng.).

- [6] Pedersen C. J., J. Am. Chem. Soc., **1967**, 89, 7017-7036 (in Eng.).
- [7] Roux B., Karplus M., Biophys. J., **1991**, 59, 961-981 (in Eng.).
- [8] Westley J. W., Evans R. H., Williams J. T., Stempel A., J. Chem. Soc. Chem. Comm., **1970**, 2, 71-72 (in Eng.).
- [9] Pankiewicz R., Pawłowska A., Schroeder G., Przybylski P., Brzezinski B., Bartl F., Mol J. Struct., **2004**, 694, 155 (in Eng.).
- [10] Pankiewicz R., Schroeder G., Gierczyk B., Brzezinski B., Bartl F. Biopolymers: Biospectroscopy, **2002**, 65, 95 (in Eng.).
- [11] Pankiewicz R., Schroeder G., Przybylski P., Brzezinski B., Bartl F., Mol J. Struct., **2004**, 688, 171 (in Eng.).
- [12] Pankiewicz R., Pawłowska A., Schroeder G., Przybylski P., Brzezinski B., Mol J. Struct., **2004**, 694, 55 (in Eng.).
- [13] Pankiewicz R., Schroeder G., Brzezinski B., Bartl F., Mol J. Struct., **2005**, 749, 128 (in Eng.).
- [14] Pankiewicz R., Schroeder G. "Application of molecular receptors" Charter 6, „Amphotericin B as a member of natural antibiotics family”; Schidnyjwydawnyczyj dim Donetsk, **2009**, 89-101 (in Eng.).
- [15] Zheldakova R.A. Mechanisms boisyntheza antibiotikov i ikh deistvie na kletki mikroorganizmov. –Minsk, BGU, 2004, 111 (in Eng.).
- [16] Kabybekova B., Tukibayeva A., Musial N., Łęska B., Nowak I., Pankiewicz R. Industrial Technologies and Engineering «ICITE-2015», **2015**, 57-59 (in Eng.).
- [17] Otchet o NIR № 68-10 ot 12.02.2015 po theme “Tekhnologiya poluchenia biologicheskikh i himicheskikh aktivnykh funkcionalnykh ionoforov”, Shymkent, **2015**, 48 p. (in Russ.).

**ЦИННАМИЛ СПИРТІНІЇ ЛАЗАЛОЦИДТІ ЭФІРІНІЇ ЖӘНЕ
ОНЫҢ МЕТАЛЛІ КАТИОНДАРЫМЕН КОМПЛЕКСТЕРІН
ЯМР-СПЕКТРОСКОПИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ**

**А. С. Тукибаева¹, Б. Н. Кабылбекова¹,
Н. Мусиал², Р. Панкевич², Б. Леска², А. Башов³, А. М. Медеуова⁴**

¹М. Ауезоватындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан,

²Познаньдағы Адама Мицкевич университеті, Польша,

³Д. В.Сокольский атындағы ЖКЭИ, Алматы, Қазақстан,

⁴Академиялық инновациялық университет, Шымкент, Қазақстан

Түйін сөздер: лазалоцид қышқылының туындылары, ионофор, биологиялық белсенділік, бірвалентті металдардың катиондары, ЯМР-спектроскопия.

Аннотация. Мақалада циннамил спиртінің лазалоцидті эфирінің және оның металл катиондарымен комплекстерін ЯМР-спектроскопиялық өлшеулер көмегімен зерттеу нәтижелері келтірілген. ¹H ЯМР LasCin спектрлері әртүрлі ОН-топтарының болуымен байланысты жекелеген сигналдарды көрсетті. Сигналдардың бұл позициялары, оларды салыстырмалы түрде әлсіз молекулаішілік сутекті байланыстарға қатысатындығын көрсетті.

Поступила 14.03.2016г.