

## ДИАНТИПИРИЛПРОПИЛМЕТАН В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОДНОАКТИВНОГО КОМПОНЕНТА МЕМБРАНЫ СВИНЕЦСЕЛЕКТИВНОГО ЭЛЕКТРОДА

С.Д. Татаева, А.Ш. Рамазанов, В.С. Магомедова, К.Э. Магомедов, Р.З. Зейналов

Сарижат Джабраиловна Татаева, Арсен Шамсудинович Рамазанов, Виктория Сергеевна Магомедова, Курбан Эдуардович Магомедов, Руслан Зейналович Зейналов

Кафедра аналитической и фармацевтической химии, Дагестанский государственный университет, ул. Гаджиева, 43-а, Махачкала, Республика Дагестан, Россия, 367000

E-mail: anchemist@yandex.ru\*, a\_ramazanov\_@mail.ru, analitik-dgu@mail.ru, m\_kurban@mail.ru, actron@yandex.ru

*В работе рассматривается возможность апробации ионоселективного электрода на основе диантипирилпропилметана для определения свинца. Оптимизацию состава мембраны ионоселективного электрода осуществляли за счет изменения массовых соотношений компонентов мембраны. Наилучшие результаты получили с добавкой NaТФБ по массе 1,35%. В соответствии с полученными данными экспериментальной крутизны выбрана мембрана состава (масс., %): ПВХ (32,62), о-НФОЭ (65,25), ДАППМ (1,35), NaТФБ (0,78). Интервал линейности электрода с оптимизированным составом мембраны наблюдали в пределах концентрации  $10^{-6}$  –  $10^{-1}$  М, с откликом 10 с. Тангенс угла наклона электродной функции Рв-СЭ составляет  $27,4 \pm 0,5$  мВ/рС. Изучено влияние кислотности среды на отклик Рв-СЭ. В интервале рН 3-5 потенциал Рв-СЭ для составов остается стабильным с дрейфом не более 2 мВ. Для данного электрода коэффициенты селективности определены методом бионных потенциалов по отношению к некоторым d-элементам, а также щелочным и щелочноземельным металлам. Установлено значительное влияние на отклик мембраны ионов цинка, кадмия, ртути и меди, что требует применения различных маскирующих реагентов при потенциометрическом анализе в присутствии данных ионов. Для повышения селективности мембраны к ионам свинца, в анализируемый раствор вводили 0,1 М  $\text{NH}_4\text{SCN}$  для связывания ионов  $\text{Cu}$  (II),  $\text{Zn}$  (II),  $\text{Hg}$  (II) и  $\text{Cd}$  (II) в более прочные аммиачные комплексы. Предлагаемый электрод выгодно отличается интервалом определяемых концентраций (М) –  $10^{-6}$  –  $10^{-1}$ ; высокой селективностью, а также повышается устойчивость мембраны за счет высокой липофильности относительно диантипирилметана.*

**Ключевые слова:** ионометрия, потенциал, мембрана, электродоактивный компонент, свинец, отклик, селективность, электрод, определение, объект

## DIANTIPYRYLPROPYLEMETHANE AS ELECTRODE-ACTIVE COMPONENTS OF MEMBRANE OF LEAD SELECTIVE ELECTRODE

S.D. Tataeva, A.Sh. Ramazanov, V.S. Magomedova, K.E. Magomedov, R.Z. Zeynalov

Sarizhat D. Tataeva\*, Arsen Sh. Ramazanov, Victoriya S. Magomedova, Kurban E. Magomedov, Ruslan Z. Zeynalov

Department of Analytical and Pharmaceutical Chemistry, Dagestan State University, Gadzhiev st., 43-a, Makhachkala, Republic of Dagestan, 367000, Russia

E-mail: anchemist@yandex.ru\*, a\_ramazanov\_@mail.ru, analitik-dgu@mail.ru, m\_kurban@mail.ru, actron@yandex.ru

*The possibility of approbation of an ion-selective electrode based on diantipyrylpropylmethane for determination of lead is considered in the work. Optimization of the membrane composition of an ion-selective electrode was carried out with the change of weight ratios of membrane components. The best results were obtained with the addition of potassium tetraphenylborate by weight of 1.35%. According to the obtained experimental steepness, a membrane of composition (wt.%) was chosen: PVC (32.62), o-PFOE (65.25), DAPPM (1.35), NaTPB (0.78). The linearity interval of the electrode with an optimized composition of the membrane was observed in the concentration range of  $10^{-6}$  -  $10^{-1}$  M, with a response of 10 s. The slope of the Pb-SE function is  $27.4 \pm 0.5$  mV/pC. The influence of the acidity of the medium on the Pb-SE response was studied. At the pH=3-5 a potential of the Pb-SE for the compositions remains stable with a drift not more than 2 mV. For a given electrode, the selectivity coefficients were determined by the method of bionic potentials with respect to some d-elements, as well as alkaline and alkaline-earth metals. The influence of zinc, cadmium, mercury and copper ions on the membrane response is significant, which requires the use of various masking reagents in potentiometric analysis in the presence of these ions. To increase the selectivity of the membrane to lead ions, 0.1 M  $NH_4SCN$  was introduced into the solution under analysis to bind Cu (II), Zn (II), Hg (II) and Cd (II) ions to stronger ammonium complexes. The proposed electrode favorably differs by the interval of the determined concentrations (M) -  $10^{-6}$  -  $10^{-1}$ ; high selectivity, and also increases in the stability of the membrane due to high lipophilicity relative to diantipyrylmethane.*

**Key words:** ionometry, potential, membrane, electrode-active component, lead, response, selectivity, electrode, determination, object

**Для цитирования:**

Татаева С.Д., Рамазанов А.Ш., Магомедова В.С., Магомедов К.Э., Зейналов Р.З. Диантипирилпропилметан в качестве электродноактивного компонента мембраны свинецселективного электрода. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология.* 2018. Т. 61. Вып. 2. С. 23–28

**For citation:**

Tataeva S.D., Ramazanov A.Sh., Magomedova V.S., Magomedov K.E., Zeynalov R.Z. Diantipyrylpropylmethane as electrode-active components of membrane of lead selective electrode. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2018. V. 61. N 2. P. 23–28

**ВВЕДЕНИЕ**

Проблема контроля содержания тяжелых металлов в промышленных и сточных водах актуальна, так как именно с водой свинец попадает в организм человека и животных, вызывая патологические изменения. Метод потенциометрического анализа с использованием ионоселективных электродов (ИСЭ) нашел широкое применение в аналитической практике. В настоящее время идет активный поиск новых ИСЭ. Известны различные типы ионоселективных электродов для определения ионов свинца в водных растворах [1-4]. В качестве чувствительных элементов в таких электродах используются различные материалы, обладающие в той или иной степени ионной проводимостью и избирательностью по отношению к иону свинца. Для ионометрии большой интерес представляют органические лиганды, обладающие высокой липофильностью. К таким реагентам относится дианти-

пирилпропилметан, широко применяемый в экстракции ионов тяжелых металлов, а также в фотометрическом анализе различных элементов [5,6].

Цель работы – применение диантипирилпропилметана в качестве электродноактивного компонента мембраны свинецселективного электрода.

**МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА**

*Реактивы.* В работе использовали в качестве электродноактивного компонента – 1,1-бис(1,2-дигидро-1,5-диметил-2-фенил-3Н-пиразол-3-он-4-ил)бутан (ДАППМ), полимера – поливинилхлорид (ПВХ), пластификатора – о-нитрофенилоктиловый эфир (о-НФОЭ), ионных добавок – тетрафенилборат натрия (NaТФБ) и стеариновую кислоту (СК), растворителей – тетрагидрофуран (ТГФ) и циклогексанон (ЦГ), а также нитрат свинца (х.ч.), 0,1 М растворы гидроксида калия и соляной кислоты.

Ниже представлена структурная формула комплекса ионофора с ионом свинца(II) (рис. 1).

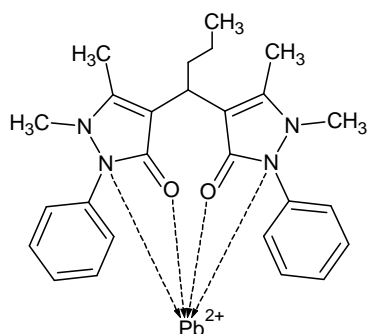


Рис. 1. Вероятная структурная формула комплекса 1,1-бис-(1,2-дигидро-1,5-диметил-2-фенил-3Н-пиразол-3-он-4-ил) бутана с ионом свинца при pH 4

Fig. 1. Possible structural formula of the 1,1-bis-(1,2-dihydro-1,5-bis-methyl-2-phenyl-3H-pyrazol-3-one-4-yl)butane complex of the lead ion at pH 4

### Оборудование

Измерения потенциала проводились с помощью высокоточной компьютеризованной 8-канальной потенциометрической станции Экотест-120, с применением двухключевого электрода сравнения ЭСр-10101 (3,5 М КСl, ГОСТ 22261-94 и ТУ 4215-020-89650280-2009) (ООО Измерительная техника, Москва, Россия). В качестве ИСЭ использовали поливинилхлоридные трубки размером 12×90 мм, пластифицированные ПВХ мембранами с использованием в качестве ионофора ДАППМ. В качестве внутреннего электрода сравнения ИСЭ использовали серебряную проволоку, покрытую слоем хлорида серебра.

Для задания точных объемов мембранных композиций пользовались одноканальными дозаторами переменного объема БЛЭК (Термо Фишер Сайентифик).

### Методика

Мембраны готовили по методике [4]. Порции мембранных композиций объемом 1,47 мл заливали в тефлоновые чашки диаметром 30 мм, накрывали фильтровальной бумагой во избежание быстрого испарения растворителя и оставляли на 1 сут и более. После испарения растворителей получались мембраны толщиной 500 мкм, которые впоследствии использовали для изготовления ИСЭ. Мембрану диаметром 10 мм вырезали и приклеивали к торцам поливинилхлоридной трубки. Клеем служил 13% (по массе) раствор ПВХ в ТГФ.

Измерения проводили с помощью универсального иономера «Экотест-120». Электрохими-

Ag/AgCl, KCl (3,5 М)	Градуировочный раствор	Мембрана электрода	0,005М Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> и 0,01М KCl, (внутр. раствор)	AgCl/Ag
----------------------	------------------------	--------------------	--	---------

ческая ячейка представлена ниже:

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Оптимизацию состава мембраны осуществляли за счет изменения массовых соотношений компонентов мембраны. Для улучшения электродных функций мембран использовали анионные добавки: NaТФБ и СК. Наилучшие результаты получили с добавкой NaТФБ по массе 1,35%. Приготовленные и апробированные составы мембран приведены в табл. 1.

Таблица 1

Состав ПВХ- пластифицированных мембран  
Table 1. The composition of plasticized PVC membranes

№	C <sub>(зав)</sub> , ммоль/л	C <sub>ион. доб.</sub> , ммоль/л	ПВХ:о-НФОЭ	Состав в масс. %	Крутизна, мВ/рМе
1	25	12,5	1:2	ПВХ(32,98): о-НФОЭ(65,95): ДАППМ (0,68): NaТФБ (0,39)	20,3
2	50	25	1:2	ПВХ(32,62): о-НФОЭ(65,25): ДАППМ (1,35): NaТФБ (0,78)	27,4
3	75	32,5	1:2	ПВХ(32,28); о-НФОЭ(64,56); ДАППМ (2,00); NaТФБ (1,15)	22,6
4	100	50	1:2	ПВХ (32,17); о-НФОЭ (64,33); ДАППМ (2,66); NaТФБ (0,39)	19,2
5	25	12,5	1:2	ПВХ(33,03); о-НФОЭ (66,07): ДАППМ (0,68); С,К(0,22)	17,5
6	50	25	1:2	ПВХ(32,74): о-НФОЭ (65,48): ДАППМ (1,35): С,К (0,43)	21,9
7	75	32,5	1:2	ПВХ(3,45): о-НФОЭ(64,90): ДАППМ (2,01); С,К (0,64)	20,7
8	100	50	1:2	ПВХ(32,17); о-НФОЭ(64,33); ДАППМ (2,66); С,К (0,84)	14,5
9	0	50	1:2	ПВХ(32,98): о-НФОЭ(66,63): ДАППМ (0,00): NaТФБ (0,39)	5,6
10	50	0	1:2	ПВХ(32,98): о-НФОЭ(65,67): ДАППМ (1,35): NaТФБ (0)	21,6
11	50	0	1:2	ПВХ(32,92); о-НФОЭ(65,71); ДАППМ (1,37): С,К (0,00)	23,4

В соответствии с полученными данными экспериментальной крутизны выбрана мембрана состава (масс., %) – ПВХ (32,62), о-НФОЭ (65,25), ДАППМ (1,35), NaТФБ (0,78).

Градуировочные графики с различным составом массы ДАППМ представлены на рис. 2.

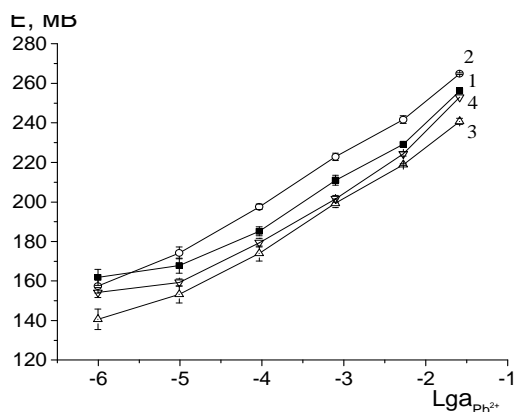


Рис. 2. Электродные характеристики Рb-СЭ с различным составом диантипирилпропилметана (состав соответствует номеру в таблице)

Fig. 2. Electrode characteristics of Pb-SE with different composition of diantipyrylpropylmethane (composition corresponds to the number in the table)

Интервал линейности электрода с оптимизированным составом мембраны наблюдали в пределах концентраций  $10^{-6}$ - $10^{-1}$  М, с откликом 10 с. Тангенс угла наклона электродной функции Рb-СЭ составляет  $27,4 \pm 0,5$  мВ/рС.

Для выбора оптимальной кислотности среды изучены ионное состояние свинца (II) и ДАППМ в различных реакционных средах (рис. 3,4).

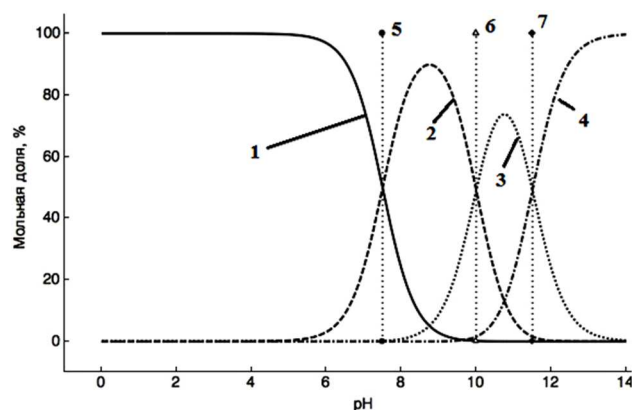


Рис. 3. Влияние pH на ионное состояние Рb (II) с концентрацией  $1,5 \cdot 10^{-2}$  М. 1 –  $Pb^{2+}$ , 2 –  $PbOH^{+}$ , 3 –  $Pb(OH)_2$ , 4 –  $Pb(OH)_3^{-}$ , 5 –  $pK_1$ , 6 –  $pK_2$ , 7 –  $pK_3$

Fig. 3. Effect of pH on the ionic state of Pb (II) at a concentration of  $1,5 \cdot 10^{-2}$  М. 1 –  $Pb^{2+}$ , 2 –  $PbOH^{+}$ , 3 –  $Pb(OH)_2$ , 4 –  $Pb(OH)_3^{-}$ , 5 –  $pK_1$ , 6 –  $pK_2$ , 7 –  $pK_3$

Анализ рис. 3 и 4 показал, что в достаточно широкой области кислотности свинец находится в виде двухзарядного иона, а электродноактивный компонент при  $pH > 3$  – в неионизированной форме.

Изучено влияние кислотности среды на отклик Рb-СЭ (рис. 5).

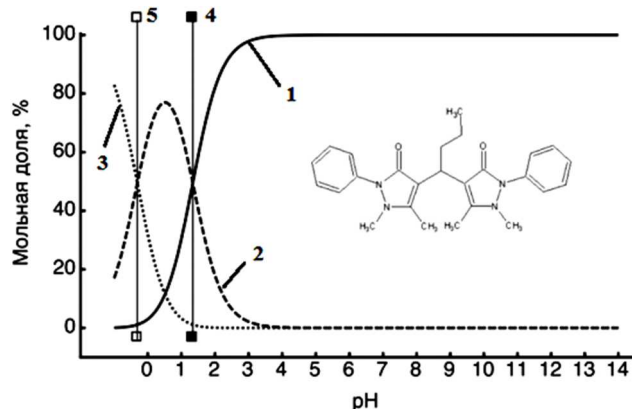


Рис. 4. Влияние pH на ионное состояние частиц диантипирилпропилметана. 1 – DAPM, 2 –  $HDAPM^{+}$ , 3 –  $H_2DAPM^{2+}$ , 4 –  $pK_1$ , 5 –  $pK_2$

Fig. 4. Effect of pH on the ionic state of particles of diantipyrylpropylmethane. 1 – DAPM, 2 –  $HDAPM^{+}$ , 3 –  $H_2DAPM^{2+}$ , 4 –  $pK_1$ , 5 –  $pK_2$

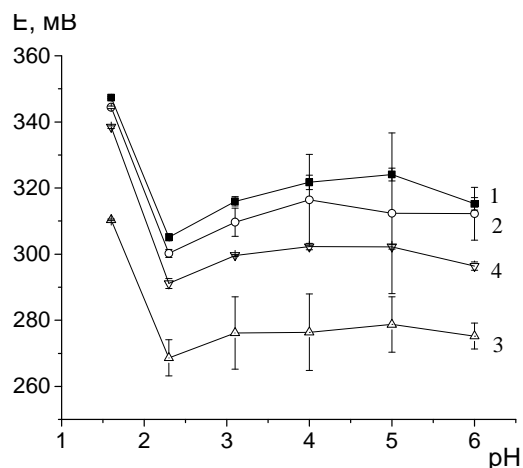


Рис. 5. Влияние pH на электродный потенциал Рb-СЭ на основе диантипирилпропилметана (состав соответствует номеру в таблице)

Fig. 5. Effect of pH on electrode potential Pb-SE based on diantipyrylpropylmethane (composition corresponds to the number in the table)

В интервале pH 3-5 потенциал Рb-СЭ для составов 1, 2, 3 (табл. 1) остается стабильным с дрейфом не более 2 мВ. Дальнейшие измерения проводили при кислотности среды с pH 3-4. Время отклика не зависит от концентрации рабочего раствора нитрата свинца и составило 10 с.

Электрохимические характеристики Рb-СЭ на основе диантипирилпропилметана и электродов, близких по технической сущности, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение электрохимических характеристик Pb-СЭ  
Table 2. Comparison of the electrochemical characteristics of Pb-SE

№	Электродноактивное вещество	Область линейности, М	Рабочая область рН	Крутизна мВ/рМе	Литература
1	Тетрафенилпорфирин	$10^{-5}$ - $10^{-2}$	5,0-7,5	28,6	[1]
2	3,15,21-Триазо- 4, 5; 13, 14-добензол-6,9,12-триоксибициклогенакоза-1, 17, 19-триен-2,16-дион	$1,3 \cdot 10^{-2}$ - $3,6 \cdot 10^{-6}$	3,7-6,5	31,2	[2]
3	1,5-Дифенилтиокарбазон (дитизон)	$5,0 \cdot 10^{-6}$ - $1,0 \cdot 10^{-2}$	8-10	$29 \pm 2$	[3]
4	ДАПМ	$10^{-5}$ - $10^{-1}$	3-5	$29,4 \pm 0,5$	[4]
5	1,10-Дибензил-1,10-диаза-18-краун-6	$5,0 \cdot 10^{-5}$ - $1,0 \cdot 10^{-2}$	-	$29,3 \pm 0,7$	[7]
6	N,N'-Бис-тиофен-2-илметилэтан-1,2-диамин	$1,0 \cdot 10^{-6}$ - $1,0 \cdot 10^{-1}$	5	29,79	[8]
7	N,N'-Бис(2-гидрокси-1-нафтален)-2,6-пиридиамин	$3,2 \cdot 10^{-6}$ -0,1	3,5-7,5	$29,1 \pm 0,1$	[9]
8	Ди-бензо-пиридин-18-краун-6	$2,8 \cdot 10^{-6}$ - $4,6 \cdot 10^{-3}$	6	30,4	[10]
9	ДАППМ	$10^{-6}$ - $10^{-1}$	3-5	$27,4 \pm 0,6$	Данный электрод

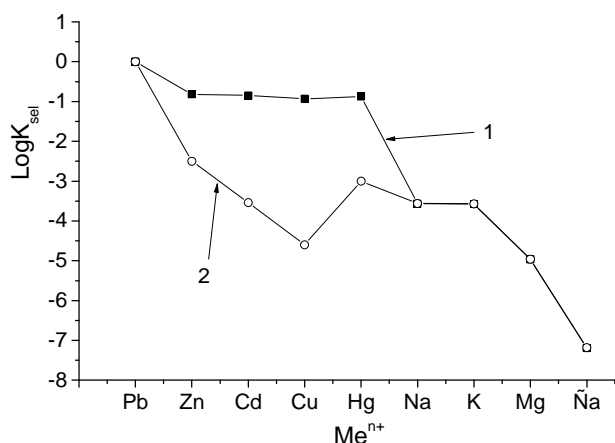


Рис. 6. Коэффициенты потенциометрической селективности Pb-СЭ на основе ДАППМ (1 – до, 2 – после маскировки)  
Fig. 6. The potentiometric selectivity coefficients of Pb-SE based on DAPPM (1 – before, 2 – after masking)

Важнейшей характеристикой мембранного электрода, во многом определяющим его работоспособность в условиях реального анализа, является селективность. Для данного электрода коэффициенты селективности определены методом бионных потенциалов по отношению к некоторым *d*-элементам, а также щелочным и щелочно-земельным металлам.

Большое влияние на отклик мембран оказывают ионы цинка, кадмия, ртути и меди, что влечет к использованию различных маскирующих реагентов при потенциометрическом анализе в присутствии данных ионов. Для повышения селективности мембраны к ионам свинца, в анализируемый раствор вводили 0,1 М NH<sub>4</sub>SCN для связывания ионов Cu (II), Zn (II), Hg (II) и Cd (II) в более прочные аммиачные комплексы, что наглядно отражено на рис. 6 и в табл. 3.

Таблица 3

Коэффициенты селективности различных мешающих ионов после маскирования ( $C_{Me^{n+}} = 0,1M$ )

Table 3. Coefficients of selectivity of various interfering ions after masking ( $C_{Me^{n+}} = 0.1M$ )

Катион	Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>
$K_{Pb^{2+}/Me^{n+}}^{nom}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$2,51 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$1,26 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$3,98 \cdot 10^{-4}$

Таким образом предлагаемый электрод выгодно отличается интервалом определяемых концентраций (М) –  $10^{-6}$ - $10^{-1}$ ; высокой селективностью, а также повышается устойчивость мембраны за счет высокой липофильности относительно диантипирилметана [4].

ВЫВОДЫ

Свинец-селективный электрод на основе ДАППМ по диапазону кислотности, тангенсу угла наклона и отклику не уступает вышеописанным электродам, но выгодно отличается по селективности и линейному диапазону.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sadeghi S., Shamsipur M. Lead (II)-selective membrane electrode based on tetraphenylporphirin. *Anal. Lett.* 2000. N 1. P. 17-28. DOI: 10.1080/00032710008543033.

REFERENCES

1. Sadeghi S., Shamsipur M. Lead (II)-selective membrane electrode based on tetraphenylporphirin. *Anal. Lett.* 2000. N 1. P. 17-28. DOI: 10.1080/00032710008543033.

2. **Sayed Y.K., Mojtaba S., Hashem S.** Lead-selective poly(vinyl chloride) electrodes based on some synthesized benzo-substituted macrocyclic diamides. *J. Hazardous Mater.* 2009. N 172. P. 68. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.06.145.
3. **Elsalamouny A.R., Elreefy S.A., Hassan A.M.A.** Lead Ion Selective Electrode Based on 1,5-diphenylthiocarbazone. *Res. J. Chem. Sci.* 2012. V. 2. N 6. P. 38.
4. **Татаева С.Д., Магомедова В.С., Магомедов К.Э.** Определение ионов свинца с помощью электрода на основе диантипирилметана. *Журн. аналит. химии.* 2016. Т. 71. № 11. С. 1172.
5. **Петров Б.И., Леснов А.Е., Денисова С.А.** Фазовые равновесия и распределение элементов в системах вода – диантипирилметан или его производное – органическая кислота. *Изв. Алт. гос. ун-та.* 2004. № 3. С. 33.
6. **Еспанди Ф., Алиева Р.А., Алиева Ф.С., Чыгаров Ф.М.** Изучение комплексообразования железа (III) с 3-(2-гидроски-3-сульфо-5-нитрофенилазо)пентан-2,4-диона в присутствии динтипирилметана и его гомологов. *Табият elmlari seriyasi.* 2012. № 3. С. 30-36.
7. **Mousavi M.F., Sahari S., Alizadeh N., Shamsipur M.** Lead ion-selective membrane electrode based on 1,10-dibenzyl-1,10-diaza-18-crown-6. *Anal. Chim. Acta.* 2000. N 414. P. 189. DOI: 10.1016/S0003-2670(00)00818-7.
8. **Jeong T., Jeong D.C., Lee H.K., Jeon S.** Lead(II)-selective Polymeric Electrode Using a Schiff Base Complex of N,N'-Bis-thiophene-2-ylmethylene-ethane-1,2-diamine as an Ion Carrier. *Bull. Korean Chem. Soc.* 2005. V. 26. N 8. P. 1219. DOI: 10.5012/bkcs.2005.26.8.1219.
9. **Gupta V.K., Jain A.K., Maheshwari G.** Synthesis, Characterization and Pb(II) Ion Selectivity of N, N' - bis(2-hydroxy-1-naphthalene)-2,6-pyridiamine (BHNPД). *Int. J. Electrochem. Sci.* 2007. V. 2. P. 102.
10. **Tavakkoli N., Shamsipur M.** Lead-Selective Membrane Electrode Based on Dibenzopyridino-18-Crown-6. *Analytical Letters.* 1996. V. 29. N 13. DOI: 10.1080/00032719608002251.
2. **Sayed Y.K., Mojtaba S., Hashem S.** Lead-selective poly(vinyl chloride) electrodes based on some synthesized benzo-substituted macrocyclic diamides. *J. Hazardous Mater.* 2009. N 172. P. 68. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2009.06.145.
3. **Elsalamouny A.R., Elreefy S.A., Hassan A.M.A.** Lead Ion Selective Electrode Based on 1,5-diphenylthiocarbazone. *Res. J. Chem. Sci.* 2012. V. 2. N 6. P. 38.
4. **Tataeva S.D., Magomedova V.S., Magomedov K.E.** Determination of lead ions using the diantipyrylmethane-based electrode. *J. Analyt. Chem.* 2016. V. 71. N 11. P. 1115. DOI: 10.1134/S10 61934816110149.
5. **Petrov B.I., Lesnov A.E., Denisova S.A.** Phase Equilibria and distribution of elements in the systems of water - diantipyrylmethane or a derivative - organic acid. *Izv. Altai State University.* 2004. N 3. P. 33 (in Russian).
6. **Espandi F., Alieva P., Alieva F.S., Chygarov F.M.** Study of complexation of iron (III) with 3- (2-hydro-3-sulfo-5-nitrophenylazo) pentane-2,4-dione in the presence of dintipyrylmethane and its homologues. *Natural Sciences Series.* 2012. N 3. P. 30-36 (in Russian).
7. **Mousavi M.F., Sahari S., Alizadeh N., Shamsipur M.** Lead ion-selective membrane electrode based on 1,10-dibenzyl-1,10-diaza-18-crown-6. *Anal. Chim. Acta.* 2000. N 414. P. 189. DOI: 10.1016/S0003-2670(00)00818-7.
8. **Jeong T., Jeong D.C., Lee H.K., Jeon S.** Lead(II)-selective Polymeric Electrode Using a Schiff Base Complex of N,N'-Bis-thiophene-2-ylmethylene-ethane-1,2-diamine as an Ion Carrier. *Bull. Korean Chem. Soc.* 2005. V. 26. N 8. P. 1219. DOI: 10.5012/bkcs.2005.26.8.1219.
9. **Gupta V.K., Jain A.K., Maheshwari G.** Synthesis, Characterization and Pb(II) Ion Selectivity of N, N' - bis(2-hydroxy-1-naphthalene)-2,6-pyridiamine (BHNPД). *Int. J. Electrochem. Sci.* 2007. V. 2. P. 102.
10. **Tavakkoli N., Shamsipur M.** Lead-Selective Membrane Electrode Based on Dibenzopyridino-18-Crown-6. *Analytical Letters.* 1996. V. 29. N 13. DOI: 10.1080/00032719608002251.

Поступила в редакцию 22.06.2017  
Принята к опубликованию 09.11.2017

Received 22.06.2017  
Accepted 09.11.2017