

## 1-АЛКИЛ-3-МЕТИЛ-4-ОКСИМИНО-2-ПИРАЗОЛИН-5-ОНЫ КАК ЭКСТРАКЦИОННЫЕ РЕАГЕНТЫ

А.Е. Леснов, П.Т. Павлов, Л.В. Пустовик, И.А. Сарана

Андрей Евгеньевич Леснов \*

Лаборатория органических комплексообразующих реагентов, Институт технической химии Уральского отделения Российской академии наук, ул. Академика Королева, 3, Пермь, Российская Федерация, 614013. Кафедра экологии, Пермская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Петропавловская, 23, Пермь, Российская Федерация, 614000

E-mail: lesnov\_ae@mail.ru \*

Петр Тимофеевич Павлов

Кафедра органической химии, Пермский государственный национальный исследовательский университет, ул. Букирева, 15, Пермь, Российская Федерация, 614990

E-mail: pavlovpt@mail.ru

Лариса Вадимовна Пустовик, Ирина Александровна Сарана

Кафедра биологии, Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации, ул. Гремячий лог, 1, Пермь, Российская Федерация, 614112

E-mail: pustovlarisa@mail.ru; irsarana@mail.ru

*Нитрозированием соответствующего 1-*R*-3-метилпиразол-5-она ( $R = C_4H_9, C_3H_{11}, C_6H_{13}, C_7H_{15}, C_8H_{17}, C_6H_5$ ) в кислой водно-метанольной среде при 0-5 °С синтезирован ряд 1-алкил-3-метил-4-оксиимино-2-пиразолин-5-онов с выходом 72-85 %. Соединения растворимы в  $CHCl_3, C_2H_4Cl_2, C_6H_5CH_3, i-C_4H_9OH, CCl_4, C_2H_5OH$ , мало растворимы в  $C_6H_{14}, H_2O$ , могут быть перекристаллизованы из смеси  $C_6H_{14} : C_6H_5CH_3 = 5:1$  или изооктана. Структура соединений подтверждена данными ПМР-, ИК-, КР-спектроскопии и данными ТСХ. Изучено межфазное распределение оксииминопиразолонов между хлороформом и водными растворами в зависимости от величины рН. В щелочных средах реагенты полностью переходят в водную фазу. В кислых растворах, вплоть до 1 моль/л HCl соединения находятся в органической фазе. Максимальные значения коэффициента распределения наблюдаются для реагентов с максимальной длиной алифатического радикала. На примере экстракции ионов никеля и меди(II) изучено влияние длины алифатического радикала в первом положении пиразолинового кольца на их экстракционные свойства. Длина радикала не влияет на состав извлекаемых комплексов никеля и меди(II), во всех случаях соотношение близко 1:2. Экстракция протекает по катионообменному механизму. Замена фенильного радикала в первом положении пиразолинового кольца алифатическим привела к увеличению значений констант распределения реагентов между хлороформом и водными растворами. Расширилась область значений рН максимального извлечения элементов. Также увеличилась емкость экстрагента по металлам. При этом значения  $pH_{50}$  экстракции практически не изменились. В случае 0,05 моль/л раствора 1-фенил-3-метил-4-оксиимино-2-пиразолин-5-она в хлороформе, при насыщении экстракта ионом металла наблюдалось выпадение комплекса в осадок.*

**Ключевые слова:** производные пиразолона, экстракция, внутрикомплексные соединения

## 1-ALKYL-3-METHYL-4-HYDROXYIMINO-2-PYRAZOLINE-5-ONES AS EXTRACTION REAGENTS

A.E. Lesnov, P.T. Pavlov, L.V. Pustovik, I.A. Sarana

Andrey E. Lesnov \*

Laboratory of Organic Complexing Agents, Institute of Technical Chemistry of Ural Branch of the RAS, Academic Korolev st., 3, Perm, 614013, Ecology Department, Perm State Agricultural Academy, Petropavlovskaya st., 23, Perm, 614000, Russia,  
E-mail: lesnov\_ae@mail.ru \*

Peter T. Pavlov

Department of Organic Chemistry, Perm State National Research University, Bukireva st., 15, Perm, 614990, Russia  
E-mail: pavlovpt@mail.ru

Larisa V. Pustovik, Irina A. Sarana

Department of Biology, Perm Military Institute of National Guard's Forces of the RF, Gremyachiy log st., 1, Perm, 614112, Russia  
E-mail: pustovlarisa@mail.ru; irsarana@mail.ru

*With nitrosation of the corresponding 1-R-3-methylpyrazole-5-one (R = C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>, C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>13</sub>, C<sub>7</sub>H<sub>15</sub>, C<sub>8</sub>H<sub>17</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>) in acidic aqueous methanolic medium at 0-5 °C a series of 1-alkyl-3-methyl-4-hydroxyimino-2-pyrazolin-5-ones with a yield of 72-85% were synthesized. The compounds are soluble in CHCl<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub>, i-C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>OH, CCl<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, slightly soluble in C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>, H<sub>2</sub>O. They can be recrystallized from a mixture of C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>: C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH<sub>3</sub> = 5: 1 or isoctane. The structure of the compounds was confirmed by the data of ECR, IR, Raman spectroscopy and TLC data. The interphase distribution of oxyiminopyrazolones between chloroform and aqueous solutions was studied as a function of pH. In alkaline media, the reagents completely transferred into the aqueous phase. In acidic solutions, up to 1 mol/l HCl, the compounds are in the organic phase. The maximum values of the partition coefficient are observed for the reagents with the maximum length of the aliphatic radical. The effect of the length of aliphatic radical at the first position of the pyrazoline ring on their extraction properties were studied by example of extraction of nickel and copper (II) ions. The length of the radical does not affect the composition of the recoverable complexes of nickel and copper (II). In all cases the ratio is close to 1:2. Extraction proceeds through a cation-exchange mechanism. Replacement of the phenyl radical in the first position of the pyrazoline ring by an aliphatic resulted to the increase in partition constants of the reagents between chloroform and aqueous solutions. The range of pH values of the maximum extraction of elements was widened. The capacity of the extractant for metals also increased. At the same time, the pH<sub>50</sub> extraction values remained practically unchanged. In the case of 0.05 mol/l solution of 1-phenyl-3-methyl-4-oxyimino-2-pyrazolin-5-one in chloroform, when the extract was saturated with the metal ion, precipitation of the complex was observed.*

**Key words:** pyrazolone derivatives, extraction, chelate compounds

### Для цитирования:

Леснов А.Е., Павлов П.Т., Пустовик Л.В., Сарана И.А. 1-Алкил-3-метил-4-оксимино-2-пиразолин-5-оны как экстракционные реагенты. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 2017. Т. 60. Вып. 5. С. 30–36.

### For citation:

Lesnov A.E., Pavlov P.T., Pustovik L.V., Sarana I.A. 1-Alkyl-3-methyl-4-hydroxyimino-2-pyrazoline-5-ones as extraction reagents. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2017. V. 60. N 5. P. 30–36.

## ВВЕДЕНИЕ

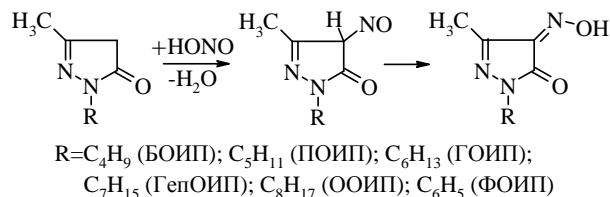
Экстракционные реагенты, содержащие оксимную функциональную группу, получили достаточно широкое распространение [1]. Однако оксисимы в качестве экстракционных реагентов изучены менее полно. Типичный  $\alpha$ -оксооксим – 1-фенил-3-метил-4-оксиимино-2-пиразолин-5-он (ФОИП) способен осаждать ряд катионов металлов из слабых кислотных сред, образуя с  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}^+$ ,  $\text{Hg}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Bi}^{3+}$ ,  $\text{Sb}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{UO}_2^{2+}$  окрашенные осадки. На примере экстракции микроколичеств меди (II) в бензол были изучены его экстракционные свойства [2]. Практически количественная экстракция меди наблюдается при  $\text{pH} > 5,6$ . Однако подробно экстракционные свойства этого реагента не изучались. Методика синтеза и некоторые физико-химические свойства ФОИП известны [3]. Ранее были опубликованы способ получения [4], некоторые физико-химические [5] и экстракционные свойства 1-гексил-4-оксиимино-3-метил-2-пиразолин-5-она (ГОИП) [6].

Замена ароматического заместителя в первом положении пиразолонового кольца на алифатический в ряде случаев приводит к существенному улучшению экстракционных свойств реагентов. Это было показано на примере 1-фенил- и 1-алкил-3-метилпиразол-5-онах [7, 8], являющихся исходными соединениями для синтеза оксииминопиразолонов.

Представляло интерес проследить изменение физико-химических и экстракционных свойств реагентов при замене фенильного заместителя в первом положении пиразолинового кольца на алифатический радикал с различной длиной углеводородной цепи.

## МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

1-Алкил-4-оксиимино-3-метил-2-пиразолин-5-оны (АОИП) получают нитрозированием соответствующего 1-алкил-3-метилпиразол-5-она [9] нитритом натрия в кислой водно-метанольной среде по схеме:



**Методика синтеза 1-алкил-3-метил-4-оксиимино-2-пиразолин-5-онов.** 0,043 Моль соответствующего АИП растворяют в смеси 25 мл метанола и 75 мл 15%  $\text{HCl}$ . Раствор охлаждают до  $0-5^\circ\text{C}$  и прибавляют по каплям при перемешивании раствор 3,3 г (0,048 моль) нитрита натрия в 7,5 мл воды. Выпадает желто-оранжевый смолообразный продукт, который кристаллизуется при перемешивании в течение 1 ч при охлаждении. Продукт отфильтровывают, промывают водой до нейтральной реакции и высушивают при  $40-50^\circ\text{C}$ . Соединения могут быть перекристаллизованы из смеси гексан:толуол = 5:1 или изооктана.

Соединения представляют собой желтые иглы, растворимы в хлороформе, дихлорэтаноле, толуоле, изобутаноле, этаноле, тетрагидрофуране, мало растворимы в гексане, воде. Результаты синтезов представлены в табл. 1. Индивидуальность и чистоту всех соединений подтверждали данными тонкослойной хроматографии (ТСХ) на пластинках Silufol UV-254. В качестве элюента использовали смесь бензол:диэтиловый эфир = 3:2. Хроматограммы проявляли парами йода.

Выход полученных продуктов, температуры плавления, данные ТСХ и результаты элементного анализа на азот по микрометоду Дюма представлены в табл. 1.

Структура соединений подтверждена данными  $^1\text{H}$  ЯМР-, ИК- и КР-спектроскопии. Полученным спектральным данным соответствует структура таутомеров, имеющих в положении 4 пиразолонового кольца оксииминную группу. В ИК спектре ГОИП, записанном в вазелиновом масле, присутствуют две полосы поглощения карбонильной группы при  $1710$  и  $1635\text{ см}^{-1}$  и две полосы гидроксильной группы при

Таблица 1

Результаты синтезов и некоторые физико-химические свойства АОИП  
 Table 1. The results of the synthesis and some physical and chemical properties of AOIP

Соединение	Выход, %	Вычислено N, %	Брутто формула	Найдено N, %	М.м.	Тпл., $^\circ\text{C}$	$R_f$
БОИП	72	22,94	$\text{C}_8\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}_2$	22,72	183,2	96-98	0,42; 0,35
ПОИП	77	21,30	$\text{C}_9\text{H}_{15}\text{N}_3\text{O}_2$	21,02	197,2	95-97	0,41; 0,32
ГОИП	83	19,89	$\text{C}_{10}\text{H}_{17}\text{N}_3\text{O}_2$	19,74	211,3	87-89	0,55; 0,41
ГепОИП	77	18,65	$\text{C}_{11}\text{H}_{19}\text{N}_3\text{O}_2$	18,48	225,3	90-92	0,38; 0,29
ООИП	77	17,63	$\text{C}_{12}\text{H}_{21}\text{N}_3\text{O}_2$	17,40	239,3	83-85	0,51; 0,39
ФОИП*	85	20,68	$\text{C}_{10}\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_2$	20,49	203,2	154-156	0,59; 0,51

Примечание: \* – получали и очищали по методике [3]

Note: \* - prepared and purified as described in [3]

3170 и 3520  $\text{cm}^{-1}$  для *син*- и *анти*-форм соответственно, а также полоса поглощения гетероциклического кольца при 1560-1590  $\text{cm}^{-1}$ .

На тонкослойных хроматограммах оксиминопиразолонов четко видны два пятна. Соотношение площадей верхнего и нижнего пятен примерно 1:4-5. *Син*-форме, по-видимому, соответствует большее значение  $R_f$ . В растворах между таутомерами существует равновесие, поскольку, будучи вырезанными с пластинки и прокипяченными в ацетоне, каждая из форм снова дает два пятна на хроматограмме.

Распределение реагентов между фазами изучали по следующей методике: 20 мл 0,05 моль/л раствора реагента в хлороформе встряхивали в делительной воронке с 20 мл раствора соответствующего буферного раствора в течение 5 мин. Аликвотную часть рафината (10 мл) помещали в мерную колбу вместимостью 25 мл, добавляли 10 мл этанола, создавали необходимую кислотность и после доведения водой до метки фотометрировали. Оптическую плотность растворов измеряли на спектрофотометрах СФ-26. Содержание реагента находили по градуировочному графику.

При изучении распределения макроколичеств (0,01 моль/л) ионов никеля и меди(II) экстракцию проводили в делительных воронках 0,1 моль/л растворами реагентов в требуемом растворителе в течение 5 мин, при равных (по 10 мл) соотношениях объемов водной и органической фаз. Требуемое значение pH создавали, как правило, с помощью ацетатных буферных растворов. Реэкстракцию проводили 0,1 моль/л раствором HCl в течение 5 мин. Распределение ионов металлов изучали комплексометрически.

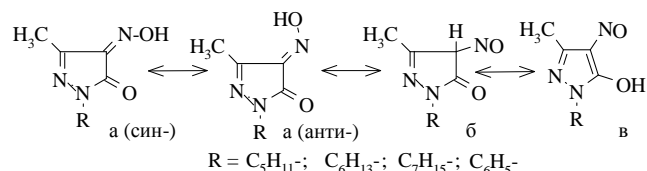
В работе использовали хлороформ фармакопейный без дополнительной очистки. Остальные реактивы использовали квалификации "хч" и "чда".

Квантово-химические расчеты электронного строения соединений проводили методом AM1 с полной оптимизацией геометрии.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Были проведены квантовохимические расчеты основных и некоторых протонированных форм АОИП и ФОИП с учетом внутримолекулярных водородных связей. Согласно расчету таутомеров, с учетом водородных связей между протонной оксимной группы и карбонильным атомом кислорода пиразолона, термодинамически более устойчивой являются *син*-формы таутомеров (а). Теплоты образования *син*-таутомеров примерно на

8,4 кДж/моль меньше не зависимо от природы заместителя в первом положении (табл. 2). Небольшая разница в теплотах образования и возможность образования межмолекулярных водородных связей между *анти*-таутомерами объясняет реальное существование обеих форм.



**Таблица 2**  
Теплоты образования ( $\Delta H_f$ ) таутомерных форм и заряды ( $q$ ) на их некоторых атомах

**Table 2. The heats of formation ( $\Delta H_f$ ) of tautomeric forms and charges ( $q$ ) on some of their atoms**

Соединение	q					$\Delta H_f$ кДж/моль
	N <sup>1</sup>	N <sup>2</sup>	O	N <sub>ОХИМ</sub>	O <sub>ОХИМ</sub>	
БОИП (син)	-0,268	0,005	-0,328	0,131	-0,179	21,86
БОИП (анти)	-0,274	0,013	-0,269	0,054	-0,234	30,83
ПОИП (син)	-0,271	0,006	-0,329	0,132	-0,179	-7,14
ПОИП (анти)	-0,271	0,011	-0,268	0,054	-0,234	2,24
ГОИП (син)	-0,272	0,007	-0,329	0,131	-0,179	-35,10
ГОИП (анти)	-0,266	0,009	-0,266	0,054	-0,235	-25,53
ГепОИП (син)	-0,271	0,007	-0,329	0,132	-0,179	-64,45
ГепОИП (анти)	-0,271	0,011	-0,268	0,054	-0,234	-55,38
ФОИП (син)	-0,220	0,006	-0,323	0,138	-0,175	248,49
ФОИП (анти)	-0,239	0,020	-0,266	0,062	-0,232	258,43

Атомы гетероциклического кольца, оксимной группы и кислород карбонильной группы лежат практически в одной плоскости. Плоскость фенильного кольца в ФОИП развернута по отношению к плоскости пиразолинового кольца на угол  $\sim 67^\circ$ .

Как видно из представленных в табл. 2 значений зарядов на атомах, максимальный заряд имеют атомы азота в первом положении пиразолинового кольца и карбонильный атом кислорода таутомеров. Увеличение длины алкильного радикала практически не сказывается на величинах заряда гетероатомов.

Заряды на атомах кислорода – потенциальных центрах комплексообразования с ионами металлов в молекулах АОИП и ФОИП достаточно близки. Исходя из этого, различие в экстракционной способности следует ожидать от изменений гидрофобности молекул с удлинением алифатического заместителя.

Изучено межфазное распределение 4-оксииминопиразолонов с алкильными радикалами различной длины в первом положении пиразолинового кольца между хлороформом и ацетатными буферными растворами в зависимости от величины рН. Результаты представлены на рис. 1.

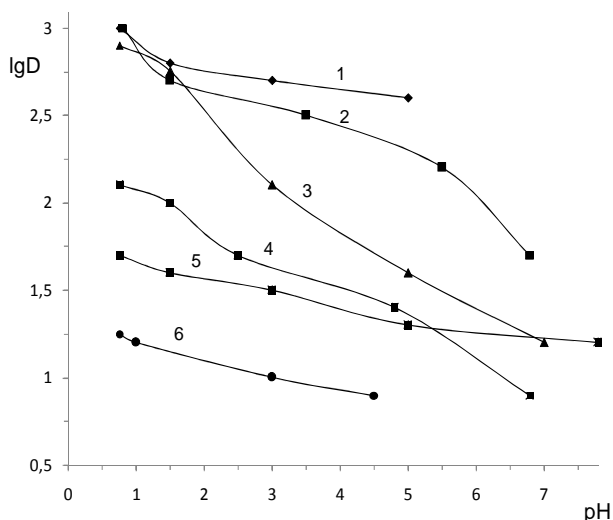


Рис. 1. Распределение  $10^{-3}$  моль ООИП (1), ГеОИП (2), ПОИП (3), ФОИП (4), ГОИП (5) и БОИП (6) между хлороформом и водной фазой в зависимости от рН ацетатного буферного раствора ( $V_o : V_w = 10:10$  мл)

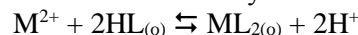
Fig. 1. The distribution of  $10^{-3}$  mol of OOIP (1), HeOIP (2), POIP (3), PhOIP (4), HOIP (5) and VOIP (6) between chloroform and the aqueous phase depending on the pH of acetate buffer solution ( $V_o : V_w = 10:10$  ml)

В щелочных средах реагенты полностью переходят в водную фазу. В кислых растворах, вплоть до 1 моль/л по HCl, соединения практически полностью находятся в органической фазе. Кривые имеют аналогичный вид и, в случае ФОИП и ГОИП, проходят достаточно близко друг от друга. Максимальные значения коэффициента распределения наблюдаются для реагентов с максимальной длиной алифатического радикала. В случае фенильных производных наблюдается более резкое падение значений коэффициентов распределения с увеличением значений рН. Таким образом, в этом плане следует отдать предпочтение реагентам с алифатическими радикалами.

На примере экстракции ионов никеля и меди(II) изучено влияние длины алифатического радикала в первом положении пиразолинового кольца на экстракционные свойства 4-оксииминопиразолонов. Кривые распределения никеля и меди представлены на рис. 2а и 2б соответственно.

Методом сдвига равновесия определено соотношение M:HL. Длина радикала не влияет на состав извлекаемых комплексов никеля и меди(II), во всех случаях соотношение близко 1:2. Найденный состав извлекаемых внутримолекулярных соединений и

снижение значения равновесного рН по сравнению с исходным позволяют утверждать, что экстракция протекает по катионообменному механизму:



Введение в экстракционную систему i-AmOH (30% раствор в хлороформе) на процесс извлечения меди(II) практически не влияет. Замена хлороформа дихлорэтаном привела к незначительному сдвигу значений рН<sub>50</sub> до 2,8.

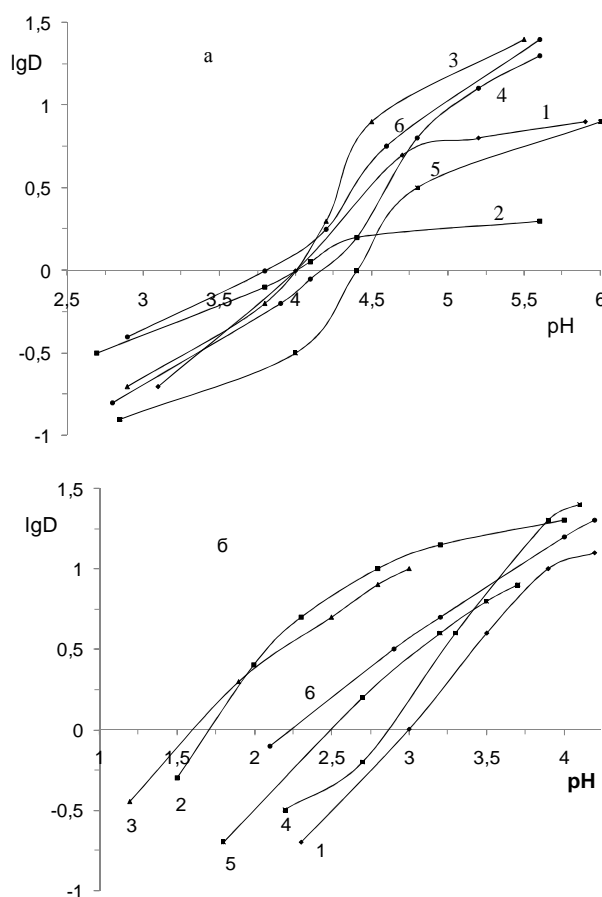


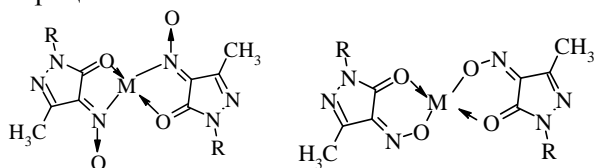
Рис. 2. Экстракция  $1 \cdot 10^{-4}$  моль никеля (а) и меди(II) (б) 0,1 моль/л растворами ФОИП (1), БОИП (2), ПОИП (3), ГОИП (4), ГеОИП (5) и ООИП (6) в хлороформе ( $V_o = V_w = 10$  мл)

Fig. 2. Extraction of  $1 \cdot 10^{-4}$  mol of nickel (a) and copper (II) (б) of 0.1 mol/l with solutions of PhOIP (1), VOIP (2), POIP (3), HOIP (4), HeOIP (5) and OOIP (6) in chloroform ( $V_o = V_w = 10$  ml)

Проведен химический анализ на медь выпавшего осадка комплекса с ФОИП, а также препаративно полученного выпариванием насыщенного медью(II) экстракта комплекса с ГОИП. В обоих случаях соотношение Cu(II):L = 1:2.

Сняты дериватограммы полученных комплексов. Содержание золы, предположительно CuO, оказалось в хорошем соответствии с расчетом. Для комплекса Cu(ГОИП)<sub>2</sub> вычислено CuO – 16,4%, найдено по дериватограмме 16,5%. Для Cu(ФОИП)<sub>2</sub> вычислено CuO – 16,9%, найдено – 16,8%.

Координация катионов металлов может происходить по двум атомам: либо по кислородам оксимной и карбонильной групп, либо по азоту оксимной группы и кислороду карбонильной группы гетероцикла:



Нами были проведены квантово-химические расчеты методом AM1 комплексов ГОИП с цинком. Лиганды имеют плоское строение и в комплексе располагаются взаимно перпендикулярно друг другу. Теплоты образования комплексов достаточно близки – 457,8 и 466,5 кДж/моль соответственно для комплекса со связью N-Zn-O и O-Zn-O.

Данные ИК-спектроскопии также не позволяют однозначно остановиться на одной из двух выше представленных структур. На спектрах комплексов отсутствуют полосы поглощения *син*- и *анти*-оксимных ОН-групп в интервале 3100-3500 см<sup>-1</sup>, хорошо видимых на спектрах чистых реагентов. Появляются два новых пика при 470 и 550 см<sup>-1</sup>. Отнести их к связям N-Cu-O или O-Cu-O не представляется возможным.

Обращает на себя внимание трудно объяснимый факт влияния длины алкильного радикала на экстракцию никеля. Как видно из рис. 2, наибольшей эффективностью обладает реагент с радикалом C<sub>5</sub>H<sub>11</sub>- в первом положении пиразолинового кольца. Гексильное и фенильное производное обладают близкими экстракционными свой-

ствами. ГОИП обеспечивает большую полноту извлечения при высоких значениях pH, что связано, по-видимому, с большими значениями коэффициента распределения реагента и лучшей растворимостью комплексов в хлороформе. Дальнейшее увеличение длины алифатического радикала привело к ухудшению экстракции ионов никеля.

Замена фенильного радикала в первом положении пиразолинового кольца алифатическим в 4-оксииминопиразолонах привела к ряду положительных изменений свойств. Максимальное значение констант распределения реагентов между хлороформом и водными растворами имеют реагенты с гептильным заместителем. Для реагентов с алкильными заместителями характерно более плавное падение значений констант распределения с ростом величины pH. Расширилась область значений pH максимального извлечения элементов. При этом значения pH<sub>50</sub> практически не изменились. Это можно объяснить, по-видимому, тем, что более электроотрицательный фенильный радикал приводит к увеличению кислотных свойств молекулы (положительный фактор для экстракции внутрикомплексных соединений), но с другой стороны большая гидрофобность гексильного радикала приводит к улучшению растворимости образующихся комплексов в малополярных органических растворителях, что не менее существенно для улучшения экстракционной способности. В случае алкилоксииминопиразолонов выше, по сравнению с фенильным производным, емкость экстрагента по металлам. В случае ФОИП, при насыщении ионом металла 0,05 моль/л раствора реагента в хлороформе, наблюдалось выпадение экстрагируемого комплекса в осадок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пешкова В.М., Савостина В.М., Иванова Е.К. Оксимы. М.: Наука. 1977. 238 с.
2. Arora H.G., Talra R.K. Solvent Extraction of Cu(II) Using 4-isonitroso-3-methyl-1-phenyl-5-pyrazolone. *Indian J. Chem. A.* 1978. V. 16. N 11. P. 994.
3. Методика получения химических реактивов и препаратов. М.: ИРЕА. 1967. № 17. С. 155.
4. Леснов А.Е., Павлов П.Т., Галкина О.Ю., Пустовик Л.В. Экстракция ионов металлов производными 1-гексил-3-метилпиразолин-5-она, образующими внутрикомплексные соединения. *Изв. вузов. Химия и хим. технология.* 1992. Т. 35. Вып. 4. С. 44-47.
5. Леснов А.Е., Павлов П.Т., Посягин Г.С., Пименова Е.В., Пустовик Л.В. Структура и полярографическое поведение 1-гексил- и 1-фенил-3-метил-4-оксиимино-2-пиразолин-5-онов. *Журн. общей химии.* 1999. Т. 69. № 6. С. 1017-1021.
6. Леснов А.Е., Пустовик Л.В., Павлов П.Т., Карманов В.И., Тиунова Т.Г. Экстракция ионов металлов 1-гексил- и 1-фенил-3-метил-4-оксиимино-2-пиразолин-5-

#### REFERENCES

1. Peshkova V.M., Savostina V.M., Ivanova E.K. Oximes. M.: Nauka. 1977. 238 p. (in Russian).
2. Arora H.G., Talra R.K. Solvent Extraction of Cu(II) Using 4-isonitroso-3-methyl-1-phenyl-5-pyrazolone. *Indian J. Chem. A.* 1978. V. 16. N 11. P. 994.
3. Procedure for the preparation of chemical reagents and preparations. M.: IREA. 1967. N 17. P. 155 (in Russian).
4. Lesnov A.E., Pavlov P.T., O. Galkina O.Yu., Pustovik L.V. The extraction of metal ions by 1-hexyl-3-methylpyrazolin-5-one derivatives, forming a chelate compound. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 1992. V. 35. N 4. P. 44-47 (in Russian).
5. Lesnov A.E., Pavlov P.T., Posyagin G.S., Pimenova E.V., Pustovik L.V. Structure and polarographic behavior of 1-hexyl, 1-phenyl-3-methyl-4-hydroxyimino-2-pyrazoline-5-ones. *Zhurn. Obshch. Khim.* 1999. V. 69. N 6. P. 1017-1021 (in Russian).
6. Lesnov A.E., Pustovik L.V., Pavlov P.T., Karmanov V.I., Tiunova T.G. The extraction of metal ions by 1-hexyl-, 1-phenyl-3-methyl-4-hydroxyimino-2-pyrazoline-5-

- онами. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология.* 2006. Т. 49. Вып. 2. С. 97-101.
7. **Леснов А.Е., Сазонова Е.А., Павлов П.Т.** Структура и экстракционная способность 1-алкил- и 1-фенил-3-метил-2-пиразолин-5-онов. *Журн. общей химии.* 2005. Т. 75. № 2. С. 326-330.
  8. **Леснов А.Е., Москвитнинова Т.Б., Сазонова Е.А.** Экстракция таллия(III) 1-алкил- и 1-фенил-3-метилпиразол-5-онами из хлоридных и бромидных растворов. *Иzv. вузов. Химия и хим. технология.* 2007. Т. 50. Вып. 2. С. 96-100.
  9. **Мамаев В.П.** Об 1-алкил-3-метил-5-пиразолонах. *Журн. общей химии.* 1959. Т. 35 № 8. С. 2747-2750.
- Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2006. V. 49. N 2. P. 97-101 (in Russian).
7. **Lesnov A.E., Sazonova E.A., Pavlov P.T.** Structure and extraction ability of 1-alkyl- and 1-phenyl-3-methyl-2-pyrazoline-5-ones. *Zhurn. Obshch. Khim.* 2005. V. 75. N 2. P. 326-330 (in Russian).
  8. **Lesnov A.E. Moskvitinova T.B., Sazonova E.A.** Extraction of thallium (III) by 1-alkyl- and 1-phenyl-3-methylpyrazole-5-ones from chloride and bromide solutions. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2007. V. 50. N 2. P. 96-100 (in Russian).
  9. **Мамаев В.П.** On the 1-alkyl-3-methyl-5-pyrazolone. *Zhurn. Obshch. Khim.* 1959. V. 35. N 8. P. 2747-2750 (in Russian).

*Поступила в редакцию 12.12.2016  
Принята к опубликованию 06.04.2017*

*Received 12.12.2016  
Accepted 06.04.2017*