

УДК 541.49:546.562:546.742

**ГОМО- И ГЕТЕРОЛИГАНДНЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ  
СОЕДИНЕНИЯ МЕДИ(II), НИКЕЛЯ(II), ОКСОВАНАДИЯ(IV)  
С ГИДРАЗИДАМИ И ДИГИДРАЗИДАМИ КИСЛОТ  
В ВОДНОЙ СРЕДЕ**

*Т.И. Бычкова, Г.В. Афанасьева, Э.В. Ижболдина*

Методами спектрофотометрии, рН-метрического титрования и математического моделирования изучено комплексообразование меди(II), никеля(II) и оксованадия(IV) с моногидразидами (бензойной, *para*-метоксибензойной, изоникотиновой) и дигидразидами (малоновой, адипиновой) кислот в водной среде. Определены составы и константы образования гомо- и гетеролигандных комплексных соединений. Показано, что устойчивость комплексных соединений оксованадия(IV) с гидразидом *para*-метоксибензойной кислоты выше, чем с гидразидом бензойной кислоты, что согласуется с электронными свойствами метокси-группы в *para*-положении. Устойчивость комплексов с депротонированной формой дигидразида малоновой кислоты заметно выше, чем с протонированной, что объясняется тридентатной координацией лиганда в молекулярной форме. В биядерных комплексных соединениях дигидразид малоновой кислоты проявляет максимальную тетрадентатную координацию.

**Ключевые слова:** спектрофотометрия, рН-метрия, математическое моделирование, гидразиды, дигидразиды, гомо- и гетеролигандные комплексные соединения меди(II), никеля(II), оксованадия(IV), состав и устойчивость комплексов.

---

**Введение**

Исследования комплексных соединений ионов металлов с гидразидами кислот представляют интерес с практической и теоретической точек зрения. Эти вещества проявляют биологическую активность, используются в аналитической практике, некоторые из них нашли применение в фармакологии. Эти лиганды отличаются многообразием способов координации. Дигидразиды кислот содержат в своем составе две гидразидные группы, которые позволяют проявлять им различную дентатность в зависимости от кислотности среды и концентрационных условий изучения процесса комплексообразования.

Накопленный к настоящему времени материал по комплексным соединениям переходных металлов с гидразидами касается в основном препаративно выделенных соединений. Несмотря на большое количество комплексных соединений, полученных в твердом виде, в литературе практически отсутствуют данные о комплексообразовании ионов металлов с дигидразидами кислот, а также сведения о разнолигандных комплексных соединениях в водной среде, что связано в большинстве случаев с низкой растворимостью гидразидов и малой устойчивостью комплексных соединений. Выбор объектов исследования представляется актуальным для координационной и бионеорганической химии.

Цель настоящего исследования – определение состава и устойчивости го-молигандных комплексных соединений оксованадия(IV) с моногидразидами (бензойной, *para*-метоксибензойной, изоникотиновой) и дигидразидом мало-новой кислот и гетеролигандных комплексов меди(II), никеля(II) с гидразидом изоникотиновой кислоты и дигидразидами (адипиновой и малоновой) кислот.

### Результаты

Комплексообразование оксованадия(IV) с гидразидами бензойной, *para*-метоксибензойной, изоникотиновой и дигидразидом малоновой кислот изучали методами спектрофотометрии и рН-метрического титрования. На рис. 1, 2 при-ведены электронные спектры поглощения растворов оксованадия(IV) с гидра-зидами бензойной (ГБК) и *para*-метоксибензойной (ГБК) кислот при различ-ных концентрациях гидразидов и значениях рН ~ 2.4–3.9, которые создавались за счет компонентов.

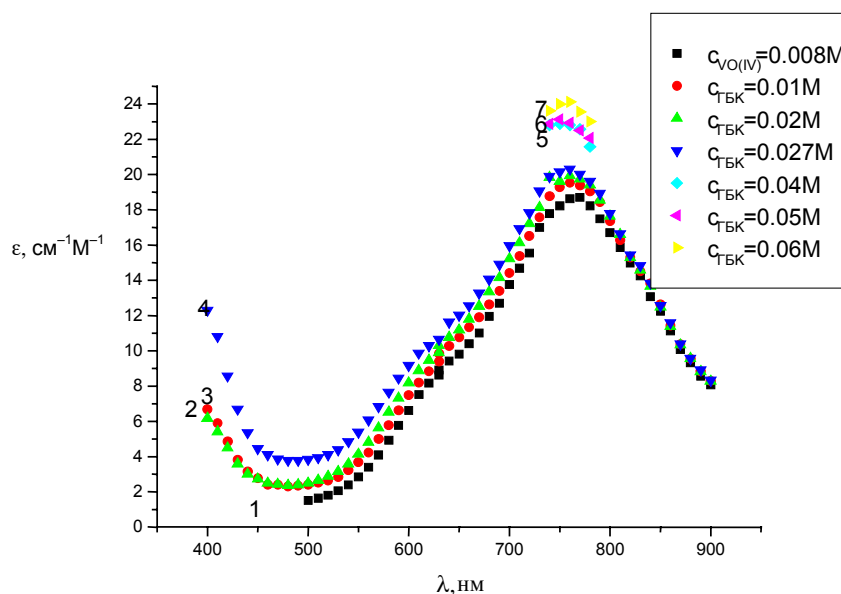


Рис. 1. Электронные спектры поглощения водных растворов оксованадия(IV) с гидра-зидом бензойной кислоты при различных соотношениях компонентов: 1 –  $C_{VO(IV)} = 8 \cdot 10^{-3}$  М; 2 –  $C_{ГБК} = 0.01$  М, рН = 2.42; 3 –  $C_{ГБК} = 0.02$  М, рН = 2.87; 4 –  $C_{ГБК} = 0.027$  М, рН = 3.12; 5 –  $C_{ГБК} = 0.04$  М, рН = 3.37; 6 –  $C_{ГБК} = 0.05$  М, рН = 3.48; 7 –  $C_{ГБК} = 0.06$  М, рН = 3.58

Как видно из рис. 1, изменения молярного коэффициента экстинкции отно-сительно поглощения оксованадия(IV) небольшие (не превышают 4.5) при из-менении рН от 2.4 до 3.6. Поэтому для изучения комплексообразования в этой системе использовали метод сдвига равновесия.

Из анализа спектров поглощения растворов, содержащих оксованадий(IV) с гидразидами, выбраны длины волн  $\lambda = 750, 760$  нм, при которых были изме-рены оптические плотности растворов в зависимости от концентрации гидра-зидов бензойной и *para*-метоксибензойной кислот (рис. 3).

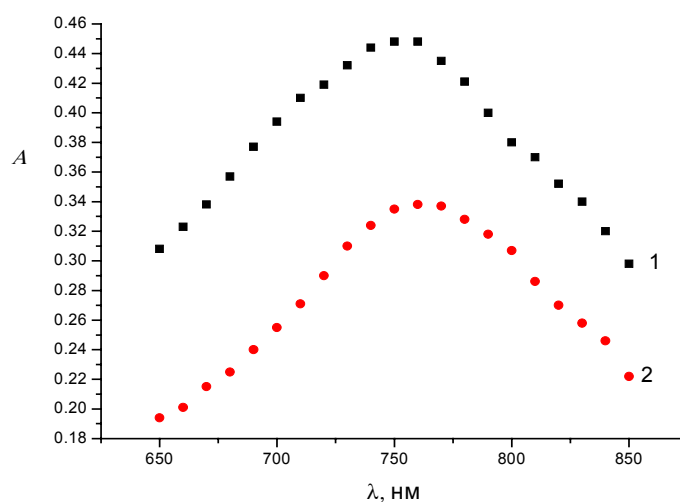


Рис. 2. Электронные спектры поглощения водных растворов оксованадия(IV) с гидразидом *para*-метоксибензойной кислоты: 1 –  $C_{VO(IV)} = 8.06 \cdot 10^{-3}$  М,  $C_{ГЛК} = 8.6 \cdot 10^{-2}$  М; 2 –  $8.06 \cdot 10^{-3}$  М,  $C_{ГЛК} = 0.01$  М ( $A$  – оптическая плотность)

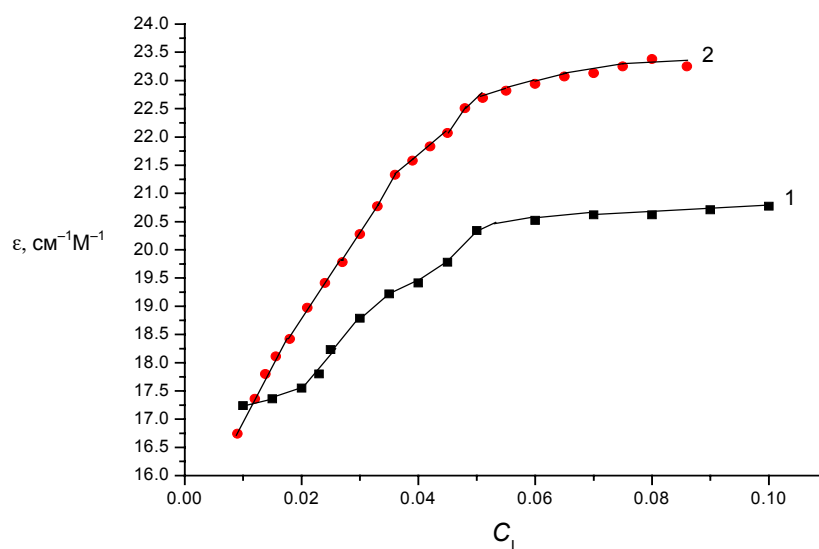


Рис. 3. Зависимость молярного коэффициента экстинкции ( $\epsilon$ ) от концентрации гидразидов ( $C_L$ ) бензойной (1) и *para*-метоксибензойной (2) кислот в водных растворах оксованадия(IV): 1 –  $C_{VO(IV)} = 8.06 \cdot 10^{-3}$  М,  $\lambda = 760$  нм; 2 –  $C_{VO(IV)} = 8.06 \cdot 10^{-3}$  М,  $\lambda = 750$  нм; рН = 2.3–3.9

На рис. 4 в качестве примера приведено доленое распределение комплексных форм в системе оксованадий(IV) – гидразид бензойной кислоты. Доли накопления комплексных форм с молекулярной формой гидразида состава 1 : 1 и 1 : 2 составляют порядка 0.7 и 0.8 соответственно. В таких же количествах накапливаются и комплексы аналогичного состава с гидразидом *para*-метоксибензойной кислоты. Из полученных данных были рассчитаны составы и константы образования комплексов по программе CPESSP [1] (табл. 1).

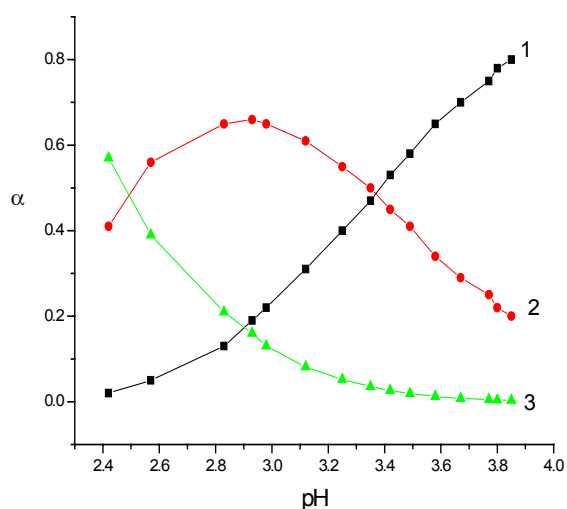


Рис. 4. Долевое распределение комплексных форм в водном растворе оксованадия(IV) с гидразидом бензойной кислоты: 1 –  $\text{VO}(\text{ГБК})_2^{2+}$ , 2 –  $\text{VO}(\text{ГБК})^{2+}$ , 3 –  $\text{VO}^{2+}$

Табл. 1

Константы образования комплексов оксованадия(IV) с гидразидами бензойной (ГБК), *para*-метоксибензойной (ГАК) и дигидразидом малоновой(L') кислот в водной среде

Комплекс	$\lg \beta \pm 0.09$	
	VO(IV)	Cu(II) [3, 4]
$\text{M}(\text{ГБК})^{2+}$	2.91 (2.97*)	3.67
$\text{M}(\text{ГБК})_2^{2+}$	4.87 (4.74*)	6.10
$\text{M}(\text{ГАК})^{2+}$	3.26	3.95
$\text{M}(\text{ГАК})_2^{2+}$	5.13	6.56
$\text{M}(\text{HL}')^{3+}$	1.87	2.98
$\text{M}(\text{L}')^{2+}$	$2.89 \pm 0.25$	4.25
$\text{M}_2(\text{L}')^{4+}$	4.74	6.38
$\text{M}_2(\text{L}')_2^{4+}$	6.93	11.16

\* Константы устойчивости комплексов, полученные спектрофотометрическим методом.

Комплексообразование оксованадия(IV) с гидразидом бензойной кислоты изучали также методом pH-метрического титрования. Соотношение между компонентами  $\text{VO}^{+2} : \text{ГБК}$  составляло 1 : 1 ( $8.064 \cdot 10^{-3} \text{ M} : 2 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ ) и 1 : 2 ( $8.064 \cdot 10^{-3} \text{ M} : 2 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ ). В качестве титранта использовали раствор хлороводородной кислоты с концентрациями 0.0397 и 0.0505 M. Во время титрования через раствор продували аргон для предотвращения окислительно-восстановительной деструкции. Значения констант образования комплексов, полученные pH-метрическим методом, также приведены в табл. 1. Протекание окислительно-восстановительного взаимодействия оксованадия(IV) с гидразидом изоникотиновой кислоты (L) не позволило изучить процессы комплексообразования в данной системе.

Комплексообразование оксованадия(IV) с дигидразидом малоновой кислоты (L') изучали методом pH-метрического титрования. Соотношение между комплексообразователем и дигидразидом составляло 1 : 1 (0.03 M : 0.03 M). Спектрофотометрическое исследование данной системы не представляется возможным,

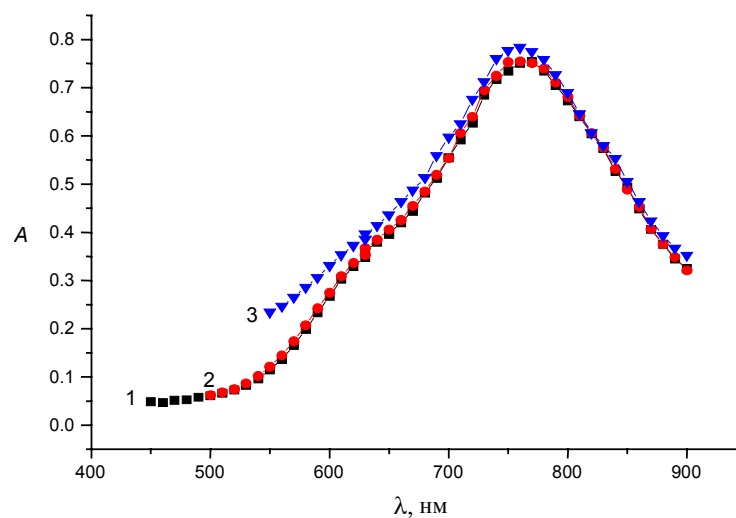


Рис. 5. Электронные спектры поглощения растворов в системе оксованадия(IV) – дигидразид малоновой кислоты ( $L'$ ) – вода: 1 –  $C_{VO(IV)} = 7.95 \cdot 10^{-3}$  M; 2 –  $C_{VO(IV)} = 7.95 \cdot 10^{-3}$  M,  $C_{L'} = 0.01$  M, pH = 3.5; 3 –  $C_{VO(IV)} = 7.95 \cdot 10^{-3}$  M,  $C_{L'} = 0.02$  M, pH = 3.84 (A – оптическая плотность)

поскольку полоса поглощения при  $\lambda = 750$  нм не чувствительна к изменению концентрации лиганда (рис. 5), что, вероятнее всего, связано с близостью значений молярных коэффициентов поглощения комплексных форм, образующихся в системе.

Дигидразид малоновой кислоты в отличие от моногидразидов образует комплексные соединения с протонированной формой дигидразида и биядерные – состава 2 : 1 и 2 : 2. Необходимые для расчета констант устойчивости комплексов константы диссоциации протонированных форм моно- и дигидразидов заимствованы из литературы [2].

Как следует из табл. 1, константы устойчивости комплексов оксованадила(IV) с ГБК состава 1 : 1 и 1 : 2, полученные методами спектрометрическим и pH-метрическим титрования, совпадают. Устойчивость комплексных соединений оксованадила(IV) с гидразидом *para*-метоксибензойной кислоты выше, чем с гидразидом бензойной кислоты, что согласуется с электронными свойствами метокси-группы в *para*-положении. Устойчивость комплексов с протонированной формой дигидразида малоновой кислоты  $[VO(HL')]^{3+}$  заметно ниже, чем с депротонированной  $[VO(L')]^{3+}$ . Это можно объяснить не только меньшей основностью первого гидразидного фрагмента ( $pK_{a1} = 2.12$ ,  $pK_{a2} = 3.12$  [5]), но и возможной координацией к оксованадию(IV) концевому атому азота второго гидразидного фрагмента. Используя структурно-термодинамический подход, в работе [5] было показано, что в биядерных комплексных соединениях меди(II) и никеля(II) дигидразиды малоновой и адипиновой кислот ( $L''$ ) проявляют максимальную тетрадентатную координацию.

В табл. 1 приведены также литературные данные по константам устойчивости комплексов меди(II) с указанными лигандами. Можно отметить, что устойчивость последних выше, чем комплексов оксованадила(IV).

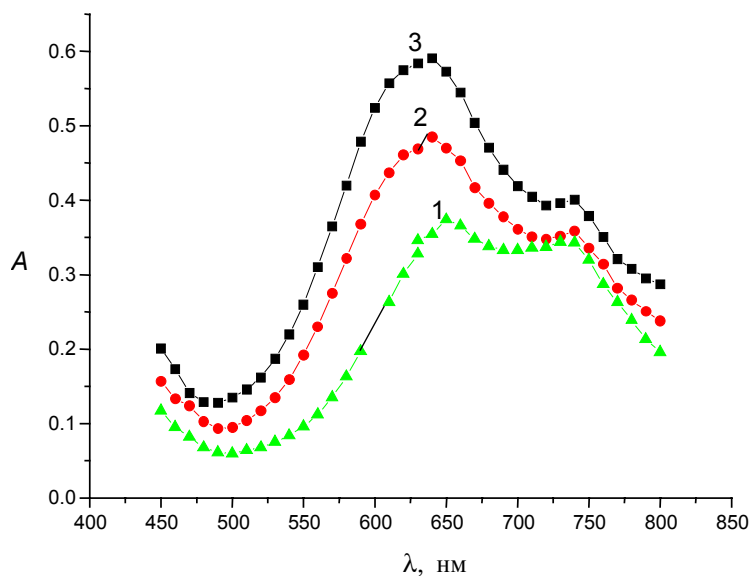


Рис. 6. Электронные спектры поглощения растворов никеля(II) с гидразидом изоникотиновой(L) и дигидразидом малоновой кислот (L') в водном растворе:  $C_{Ni^{2+}} = 2.288 \cdot 10^{-2}$  М,  $C_L = 1.2 \cdot 10^{-2}$  М (1);  $C_{Ni^{2+}} = 2.288 \cdot 10^{-2}$  М,  $C_L = 1.2 \cdot 10^{-2}$  М (2);  $C_{Ni^{2+}} = 2.288 \cdot 10^{-2}$  М,  $C_L = 1.2 \cdot 10^{-2}$  М,  $C_{L'} = 1.2 \cdot 10^{-2}$  М (3)

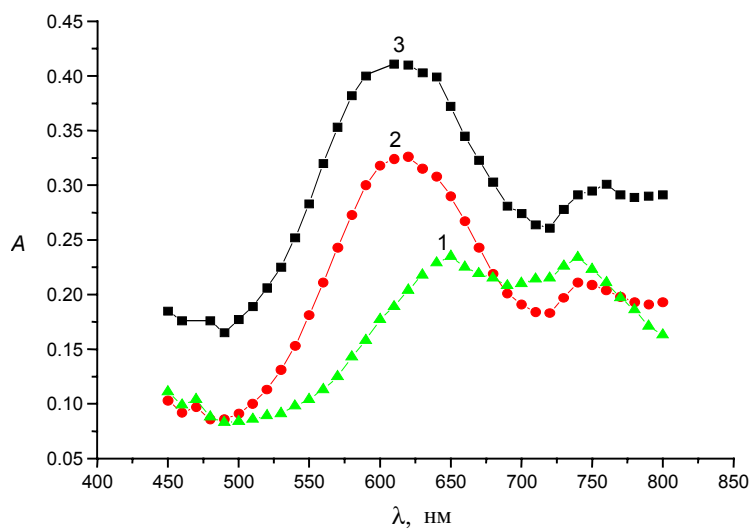


Рис. 7. Электронные спектры поглощения растворов никеля(II) с гидразидом изоникотиновой(L) и дигидразидом адипиновой кислот(L'') в водном растворе:  $C_{Ni^{2+}} = 9.152 \cdot 10^{-3}$  М,  $C_L = 10^{-2}$  М (1);  $C_{Ni^{2+}} = 9.152 \cdot 10^{-3}$  М,  $C_{L''} = 10^{-2}$  М (2);  $C_{Ni^{2+}} = 9.152 \cdot 10^{-3}$  М,  $C_L = 10^{-2}$  М,  $C_{L''} = 10^{-2}$  М (3)

Гетеролигандные комплексные соединения никеля (II) с гидразидами изоникотиновой и дигидразидами (адипиновой, малоновой) кислот спектрофотометрическим методом. Для всех изученных систем были зарегистрированы спектры поглощения растворов, содержащих постоянные концентрации ионов никеля и гидразида изоникотиновой кислоты в водном растворе. Введение дигидразидов

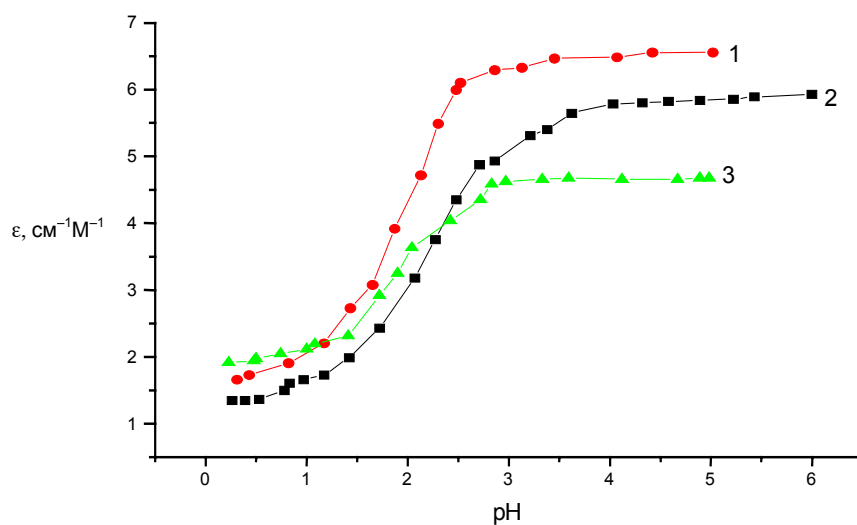


Рис. 8. Зависимость коэффициента экстинкции от pH для водной системы никель(II) – гидразид изоникотиновой(L) и дигидразид малоновой(L') кислоты: 1 –  $C_L = 0.024$  M,  $C_{L'} = 0.024$  M,  $C_{Ni^{2+}} = 1.144 \cdot 10^{-2}$  M; 2 –  $C_L = 0.012$  M,  $C_{L'} = 0.012$  M,  $C_{Ni^{2+}} = 1.144 \cdot 10^{-2}$  M; 3 –  $C_L = 0.012$  M,  $C_{L'} = 0.012$  M,  $C_{Ni^{2+}} = 2.288 \cdot 10^{-2}$  M

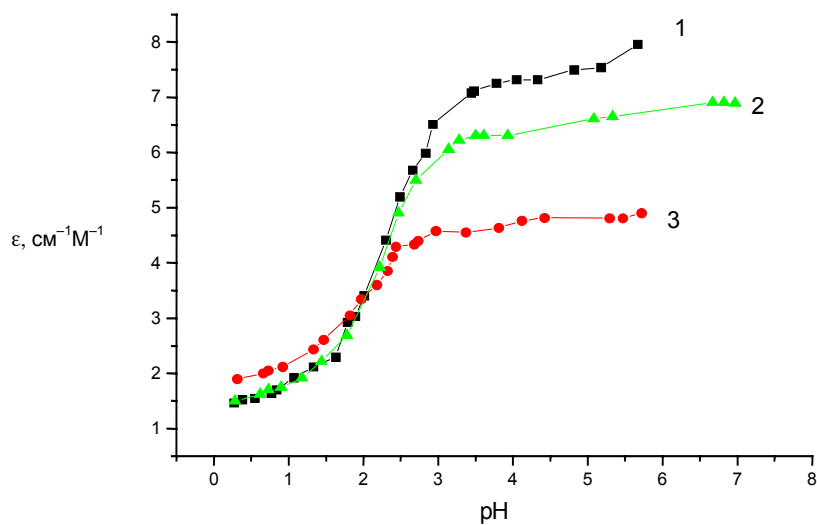


Рис. 9. Зависимость коэффициента экстинкции от pH для водных растворов никель(II) с гидразидом изоникотиновой (L) и дигидразидом адипиновой (L'') кислот: 1 –  $C_L = 0.01$  M,  $C_{L''} = 0.01$  M,  $C_{Ni^{2+}} = 9.00 \cdot 10^{-3}$  M,  $\lambda = 600$ ; 2 –  $C_L = 0.01$  M,  $C_{L''} = 0.01$  M,  $C_{Ni^{2+}} = 4.69 \cdot 10^{-3}$  M,  $\lambda = 600$ ; 3 –  $C_L = 0.01$  M,  $C_{L''} = 0.01$  M,  $C_{Ni^{2+}} = 1.80 \cdot 10^{-2}$  M,  $\lambda = 630$

в растворы комплексных соединений никеля(II) с L приводит к повышению оптической плотности и смещению максимума полосы поглощения в коротковолновую область, что указывает на образование разнолигандных комплексных соединений (рис. 6, 7).

Табл. 2

Константы образования гетеролигандных комплексов никеля(II), меди(II) с гидразидом изоникотиновой (L) и дигидразидами малоновой (L') и адипиновой (L'') кислот в водной среде (298 K)

Равновесия	$\lg \beta$	$\Delta \lg K$	$\lg K_d$
$\text{Ni}^{2+} + \text{L} + \text{L}' \leftrightarrow [\text{Ni}(\text{L})(\text{L}')]^{2+}$	$6.97 \pm 0.07$		1.16
$\text{Ni}^{2+} + \text{L} + \text{L}'' \leftrightarrow [\text{Ni}(\text{L})(\text{L}'')]^{2+}$	$8.18 \pm 0.10$		2.03
$2\text{Ni}^{2+} + \text{L} + \text{L}' \leftrightarrow [\text{Ni}_2(\text{L})(\text{L}')]^{4+}$	$9.13 \pm 0.08$		
$2\text{Ni}^{2+} + \text{L} + \text{L}'' \leftrightarrow [\text{Ni}_2(\text{L})(\text{L}'')]^{4+}$	$10.66 \pm 0.07$		
$\text{Ni}^{2+} + \text{L} + 2\text{L}'' \leftrightarrow [\text{Ni}(\text{L})(\text{L}'')_2]^{2+}$	$11.05 \pm 0.24$		
$\text{Ni}^{2+} + \text{L} + 2\text{L}' \leftrightarrow [\text{Ni}(\text{L})(\text{L}')_2]^{2+}$	$9.45 \pm 0.35$		
$\text{Ni}^{2+} + 2\text{L} + \text{L}' \leftrightarrow [\text{Ni}(\text{L})_2(\text{L}')]^{2+}$	$10.85 \pm 0.21$		
$\text{Cu}^{2+} + \text{L} + \text{L}' \leftrightarrow [\text{Cu}(\text{L})(\text{L}')]^{2+}$	$11.61 \pm 0.25$	3.73	5.25

Для серийных исследований соотношения между концентрациями комплексообразователя и лигандов в водном растворе были заданы равными: 1 : 1 : 1, 1 : 2 : 2, 2 : 1 : 1.

На рис. 8, 9 приведены зависимости коэффициента экстинкции растворов от pH для систем никель(II) – гидразид изоникотиновой кислоты – дигидразид малоновой кислоты и никель(II) – гидразид изоникотиновой кислоты – дигидразид адипиновой кислоты. Из подобных зависимостей путем компьютерного моделирования по программе CPESP рассчитаны константы равновесий комплексообразования.

Из примера диаграмм распределения комплексных форм на рис. 10, 11 при заданных соотношениях компонентов в системах никель(II) – гидразид изоникотиновой кислоты – дигидразиды (малоновой и адипиновой) кислот очевидно, что разнолигандные комплексные соединения накапливаются в достаточной степени:  $[\text{NiL}(\text{L}')^{2+} - 0.8$ ,  $[\text{NiL}_2(\text{L}')^{2+} - 0.83$ ,  $[\text{Ni}_2\text{L}(\text{L}')^{4+} - 0.3$ ,  $[\text{NiL}(\text{L}')_2]^{2+} - 0.13$  долей. Близкие значения долей накопления отмечены и для гетеролигандных комплексных соединений никеля(II) с L и L'' аналогичного состава. Константы образования гетеролигандных комплексных соединений никеля(II) представлены в табл. 2. В таблице также приведена константа устойчивости гетеролигандного комплекса меди(II) с гидразидом изоникотиновой и дигидразидом малоновой кислот состава 1 : 1 : 1.

Изучение комплексообразования в этой системе проводилось по методу сдвига равновесия ( $\lambda = 650$  нм). Концентрации меди(II) и гидразида изоникотиновой кислоты составляли  $5.8 \cdot 10^{-3}$  и  $1.2 \cdot 10^{-3}$  М соответственно, что обеспечивало образование гомолигандного комплекса состава 1 : 2 с L. Концентрация дигидразида малоновой кислоты изменялась от  $1.2 \cdot 10^{-3}$  до  $2.1 \cdot 10^{-2}$  М. При выбранных концентрационных условиях в системе накапливается гетеролигандный комплекс состава 1 : 1 : 1.

Удовлетворительное математическое описание в названной системе при других соотношениях компонентов  $\text{Cu}(\text{II}) : \text{L} : \text{L}' = 1 : 2 : 2$  и  $1 : 4 : 4$  достигается с учетом только этой комплексной формы в отличие от гетеролигандных комплексных соединений никеля(II) (табл. 2). Как известно, комплексы меди(II) характеризуются сильным искажением октаэдрической структуры, что связано с особенностями электронного строения комплексообразователя (система  $d^9$ ),



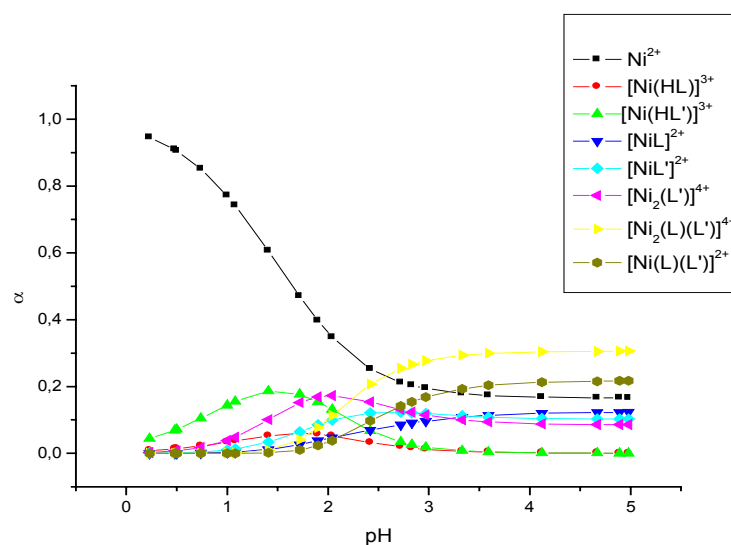


Рис. 10. Диаграмма распределения комплексных форм в системе никель(II) – гидразид изоникотиновой (L) кислоты – дигидразид малоновой (L') кислоты вода:  $C_{Ni^{2+}} = 2.29 \cdot 10^{-2}$  M,  $C_L = 0.012$  M,  $C_{L'} = 0.012$  M

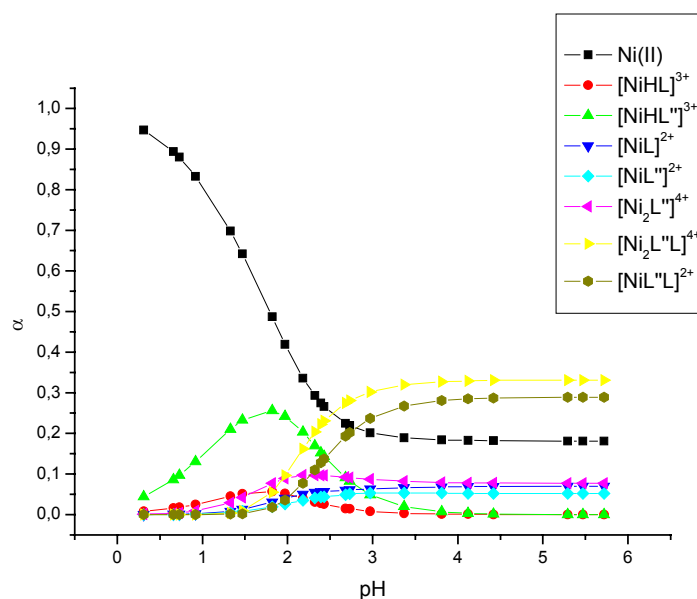


Рис. 11. Диаграмма распределения комплексных форм в системе никель(II) – гидразид изоникотиновой (L) кислоты – дигидразид адипиновой (L'') кислот вода:  $C_{Ni^{2+}} = 1.80 \cdot 10^{-3}$  M,  $C_L = 0.01$  M,  $C_{L''} = 0.01$  M

а также с проявлением эффекта Яна – Теллера. Образование комплекса состава 1 : 3, в котором на один атом металла приходится три гидразидных лиганда неблагоприятно, так как при этом три равноценных лиганда (координация лигандов осуществляется через донорные атомы гидразидного фрагмента) ставятся в неравноценные условия по месту координации (экваториальные и аксиальные

положения). Это, вероятно, является одной из причин образования комплексного соединения только такого состава.

Как следует из табл. 2, устойчивость гетеролигандных комплексных соединений одинакового состава увеличивается при переходе от дигидразида малоновой кислоты к дигидразидам адипиновой кислоты, как и в случае гомолигандных дигидразидных комплексов [5], что согласуется с электронными свойствами лигандов.

В случае гетеролигандного комплексного соединения меди(II) значение разности между константами устойчивости гетеро- и гомолигандных комплексов значительно превышает статистическую величину ( $\Delta \lg K = -0.9$  [6]), что может свидетельствовать о существовании специфических эффектов, характеризующих образование разнолигандных комплексов (смена способа координации, внешнесферное взаимодействие и т. д.). В табл. 2 приведены также константы сопропорционирования ( $K_d$ ), рассчитанные по уравнению (1).

Константа равновесия, или константа сопропорционирования,  $K_d$  реакции  $i/m MA_m + j/m MB_m \leftrightarrow MA_iB_j$  ( $i + j = m$ ) может быть выражена [7] через константы устойчивости однородных ( $\beta_{m,0}$  и  $\beta_{0,m}$ ) и гетеролигандного ( $\beta_{ij}$ ) комплексов:

$$K_d = \beta_{i,j} \cdot \beta_{m,0}^{-i/m} \cdot \beta_{0,m}^{-j/m}. \quad (1)$$

Статистическую составляющую константы сопропорционирования  $K_{\text{стат}}$  рассчитывают по соотношению

$$K_{\text{стат}} = m!/(i!j!). \quad (2)$$

Константы сопропорционирования исследованных гетеролигандных комплексов превышают их статистическую составляющую ( $\lg K_{\text{стат}} = 0.30$ ), что указывает на заметную стабилизацию разнолигандных комплексов по сравнению с однородными [3, 4].

Полученные данные свидетельствуют о том, что моногидразид и дигидразиды кислот хорошо совмещаются в координационных сферах меди(II) и никеля(II), образуя гетеролигандные комплексные соединения, устойчивые в растворах.

### Summary

*T.I. Bychkova, G.V. Afanasieva, E.V. Izhboldina.* Homo- and Hetero-ligand Complexes of Copper(II), Nickel(II), Oxovanadium(IV) with Acid Hydrazides and Dihydrazides in Water.

Processes of copper(II), nickel(II) and oxovanadium(IV) complexing with acid monohydrazides (benzoic, para-methoxybenzoic, izonicotinic) and acid dihydrazides (malonic, adipic) in water were investigated with methods of pH-metric titration, spectrophotometry and mathematical simulation. Composition and formation constants of homo- and hetero-ligand complexes were revealed. It is demonstrated that the stability of oxovanadium(IV) complexes with para-methoxybenzoic acid hydrazide is more than that of complexes with benzoic acid hydrazide, which accords to electronic properties of methoxy-group in *para* position. Stability of complexes with deprotonated form of malonic acid hydrazide is higher than that of ones with protonated form, which is explained by tridentate coordination of ligand in molecular form. Malonic acid hydrazide demonstrate maximum tetradentate coordination in doubly-nuclear complexes.

**Key words:** spectrophotometry, pH-metric titrimetry, mathematical simulation, hydrazides, dihydrazides, homo- and hetero-ligand complexes of copper(II), nickel(II), oxovanadium(IV), composition and stability of complexes.

### Литература

1. Сальников Ю.И., Глебов А.Н., Девятков Ф.В. Полиядерные комплексы в растворах. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1989. – 288 с.
2. Попель А.А., Щукин В.А. Исследование комплексообразования ионов меди(II) и никеля(II) с гидразидами ряда ароматических кислот в водных растворах // Журн. неорганической химии. – 1975. – Т. 20, № 7. – С. 1917–1924.
3. Афанасьева Г.В., Бычкова Т.И., Штырлин В.Г., Шакирова А.Р., Гарипов Р.Р., Зявкина Ю.И., Захаров А.В. Комплексообразование и лигандный обмен в водных и водно-этанольных растворах меди(II) и никеля(II) с гидразидами некоторых ароматических кислот // Журн. общ. химии. – 2006. – Т. 76, № 3. – С. 365–374.
4. Афанасьева Г.В., Бычкова Т.И., Штырлин В.Г., Шакирова А.Р., Захарова А.В. Состав, устойчивость и строение комплексных соединений меди(II), никеля(II) и кобальта(II) с дигидразидом адипиновой кислоты в водной и водно-этанольных средах // Журн. орган. химии. – 2006. – Т. 76, № 5. – С. 794–802.
5. Афанасьева Г.В. Комплексообразование и химический обмен в водных и водно-органических растворах меди, никеля и кобальта с гидразидами некоторых кислот: Дис. ... канд. хим. наук. – Казань, 2008. – 240 с.
6. Бек М. Надьял И. Исследование комплексообразования новейшими методами. – М.: Мир, 1989. – 413 с.
7. Marcus Y., Eliezer I., Zangen M. The stabilization of mixed complexes. // Proc. Symp. Coord. Chem. (Tihany, Hungary, Sept. 1964). – Budapest: Publ. House of the Hungarian Academy of Sciences, 1965. – P. 409–418.

Поступила в редакцию  
25.06.09

---

**Бычкова Тамара Ильинична** – кандидат химических наук, доцент кафедры неорганической химии химического института им. А.М. Бутлерова Казанского государственного университета.

E-mail: [Tamara.Bychkova@ksu.ru](mailto:Tamara.Bychkova@ksu.ru)

**Афанасьева Гузель Витальевна** – кандидат химических наук, начальник отдела продаж завода ООО СафПласт, Республика Татарстан.

E-mail: [guzel@safplast.ru](mailto:guzel@safplast.ru)

**Ижболдина Элина Васильевна** – студент Химического института им. А.М. Бутлерова Казанского государственного университета.