

**ХИМИЯ ИЛИМДЕРИ**  
**ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ**  
**CHEMICAL SCIENCES**

*Сатывалдиев А.С., Муратов Э., Бакенов Ж.Б.*

**КҮМҮШ, ЖЕЗ ЖАНА НИКЕЛЬ ИОНДОРУН  
БИРГЕ КАЛЫБЫНА КЕЛТИРҮҮ ПРОДУКТЫЛАРЫНЫН  
ФАЗАЛАРЫНЫН ЖАРАТЫЛЫШЫ ЖӨНҮНДӨ**

*Сатывалдиев А.С., Муратов Э., Бакенов Ж.Б.*

**О ПРИРОДЕ ФАЗ ПРОДУКТОВ СОВМЕСТНОГО  
ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИОНОВ СЕРЕБРА, МЕДИ И НИКЕЛЯ**

*A.S. Satyvaldiev, E. Muratov, J.B. Bakenov*

**ON THE NATURE OF THE PHASES OF THE PRODUCTS OF JOINT  
REDUCTION OF SILVER, COPPER AND NICKEL IONS**

УДК: 546.57: 546.56: 546.74

Күмүш, жез жана никель иондорун бирге гидразин менен химиялык калыбына келтирүү продуктыларынын фазалык курамы баштапкы эртмедеги металлдардын санынан көз карандылыгы рентген фазалык анализ методу менен аныкталган. Металлдардын катышы  $Ag:Cu:Ni=1:1:1$ ,  $1:2:1$ ,  $1:1:2$  болгон эритмелерден эки фазадан турган, ал эми металлдардын саны  $Ag:Cu:Ni=2:1:1$  болгон эритмеден бир фазалуу продукт синтезделет. Синтезделген фазалар торчосунун параметринин мааниси күмүштүн, жездин жана никелдин торчолорунун параметринин маанилеринен бир топ айырмаланган грандык борборлошкон  $NaCl$  тибиндеги кубдук торчого ээ болот. Мындан синтезделген фазалар күмүштүн  $Ag(Cu,Ni)$  жана жездин  $Cu(Ag,Ni)$  негизиндеги металлдардын катуу эритмелери болот деп божомолдоого болот. Жездин жана никелдин санына караганда күмүштүн саны эки эсе көп болгон эритмеден күмүштүн негизиндеги катуу эритмеден гана турган продукт пайда болот.

**Негизги сөздөр:** калыбына келтирүү, күмүш, жез, никель, торчонун параметри, катуу эритмелер.

Методом рентгенофазового анализа установлено, что фазовый состав продуктов совместного химического восстановления ионов серебра, меди и никеля гидразином зависит от содержания металлов в исходном растворе. Из растворов с соотношением металлов  $Ag:Cu:Ni=1:1:1$ ,  $1:2:1$ ,  $1:1:2$  образуются продукты, состоящие из двух фаз, а из раствора с содержанием металлов  $Ag:Cu:Ni=2:1:1$  синтезируется однофазный про-

дукт. Синтезированные фазы имеют гранецентрированную кубическую решетку типа  $NaCl$  со значениями параметра решетки сильно отличающимися от значения параметра решетки серебра, меди и никеля. Отсюда сделано предположение о том, что синтезированные фазы являются твердыми растворами металлов на основе серебра  $Ag(Cu, Ni)$  и на основе меди  $Cu(Ag, Ni)$ . Из раствора, где содержание серебра два раза больше чем меди и никеля, образуется продукт, состоящий только из твердого раствора на основе серебра.

**Ключевые слова:** восстановление, серебро, медь, никель, параметр решетки, твердые растворы.

By the method of X-ray phase analysis, it was found that the phase composition of the products of the joint chemical reduction of silver, copper and nickel ions with hydrazine depends on the metal content in the initial solution. Products consisting of two phases are formed from solutions with the ratio of  $Ag:Cu:Ni = 1:1:1$ ,  $1:2:1$ ,  $1:1:2$  metals, and from the solution with the content of  $Ag: Cu:Ni$  metals:  $2:1:1$  synthesized single-phase product. The synthesized phases have a face-centered cubic lattice of the  $NaCl$  type with lattice parameter values significantly different from those of silver, copper, and nickel. From here it is assumed that the synthesized phases are solid solutions of metals based on silver  $Ag(Cu, Ni)$  and on the basis of copper  $Cu(Ag, Ni)$ . From the solution, where the silver content is two times higher than copper and nickel, a product is formed consisting only of a silver-based solid solution.

**Key words:** reduction, silver, copper, nickel, lattice parameter, solid solutions.

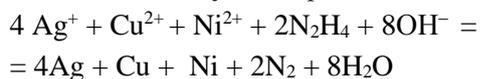
Основным методом синтеза наночастиц металлов и металлическим систем является метод химического восстановления с использованием в качестве восстановителя неорганических и органических соединений, т.к. этот метод отличается с использованием достаточно простого оборудования [1].

В работах [2, 3] авторами изучена природа фаз, образовавшихся при совместном восстановлении металлов системы Cu-Ni. Методом рентгенофазового анализа установлено, что состав образующихся фаз не зависит от количественного содержания металлов в растворе и в основном происходит образование металлической меди и в небольшом количестве образуется твердый раствор меди в никеле.

В научной литературе [4] мало изученным является совместное восстановление металлов системы Ag-Cu-Ni, а металлы данной системы значительно отличаются по значению электродных потенциалов. Поэтому целью настоящей работы является изучение природы фаз, образующихся при совместном химическом восстановлении металлов системы Ag-Cu-Ni.

Совместное химическое восстановление металлов системы Ag-Cu-Ni проведено из растворов, содержащих ионы серебра, меди и никеля в различных количествах.

Восстановления ионов металлов системы Ag-Cu-Ni гидразином в щелочной среде можно показать в виде следующей реакции:



Совместное восстановление металлов системы Ag-Cu-Ni проводился по следующей методике. С начала были приготовлены растворы каж-

дого металла с концентрацией 0,05 Н из следующих солей  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  марки «хч». Из этих растворов готовились смеси ионов металлов системы Ag-Cu-Ni в следующих мольных соотношениях металлов 1:1:1, 2:1:1, 1:2:1 и 1:1:2. Для получения смесей с определенным мольным соотношением металлов были взяты растворы солей соответствующих металлов с определенным соотношением объемов, т.к. растворы солей металлов имеют одинаковую концентрацию.

Учитывая, что никель имеет отрицательный потенциал (-0,25 В), а восстановительная способность гидразина достаточно сильно повышается в щелочной среде, поэтому совместное восстановление ионов  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Ni}^{2+}$  проводился при  $\text{pH}=11$  и что создавался с помощью концентрированного раствора щелочи (NaOH) [5]. В нагретый до  $90^\circ\text{C}$  раствор добавляется гидразин в количестве 10 раз превышающий количество металлов. Реакция протекает в течении 30-40 минут. Полученный продукт, представляющий собой твердую фазу в виде порошка, отделяется от реакционной смеси, для удаления примесей промывается водой и для удаления влаги промывается этиловым спиртом на центрифуге, а затем высушивается в сушильном шкафу при  $80^\circ\text{C}$ .

Образовавшиеся при совместном химическом восстановлении металлов системы Ag-Cu-Ni фазы изучены методом рентгенографии. Для получения рентгенограммы-дифрактограммы синтезированных продуктов использован дифрактометр ДРОН-3 с  $\text{CuK}\alpha$ -излучением.

Дифрактограммы синтезированных продуктов системы Ag-Cu-Ni представлены на рисунке, а установленные из расшифровки дифрактограмм фазы приведены в таблицах 1-4.

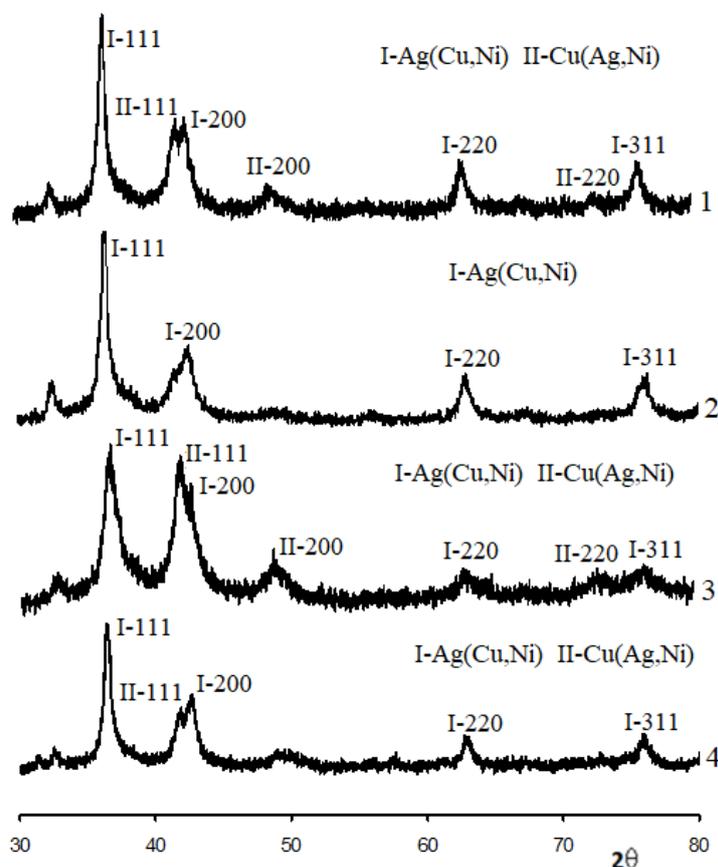


Рисунок. Дифрактограммы продуктов системы Ag-Cu-Ni, синтезированных при следующих соотношениях металлов: 1:1:1 (1), 2:1:1 (2), 1:2:1 (3) и 1:1:2 (4).

На основе расчета дифрактограмм установлено, что фазовый состав продуктов системы Ag-Cu-Ni зависит от мольного соотношения металлов в растворе (рис., табл. 1, 2, 3, 4). Из растворов, где соотношение металлов составляет

Ag:Cu:Ni=1:1:1, 1:2:1, 1:1:2, образуются продукты состоящие из двух фаз, а из раствора с содержанием металлов Ag:Cu:Ni=2:1:1 синтезируется однофазный продукт.

Таблица 1

Фазовый состав продукта химического восстановления системы Ag-Cu-Ni при соотношении металлов 1:1:1

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав			
	I	d, нм	Ag(Cu,Ni)		Cu(Ag,Ni)	
			hkl	a, нм	hkl	a, нм
1.	100	0,2460	111	0,4261		
2.	46	0,2160			111	0,3741
3.	50	0,2119	200	0,4239		
4.	14	0,1867			200	0,3734
5.	26	0,1474	220	0,4168		
6.	8	0,1297			220	0,3670
7.	27	0,1250	311	0,4146		
Среднее				0,4203		0,3715

При восстановлении металлов системы Ag-Cu-Ni из раствора, содержащего одинаковое количество металлов, образуется двух фазный продукт, где фазы имеют с гранцентрированную кубическую решетку типа NaCl, но разным значением параметра решетки (табл. 1). Значение параметра решетки главной фазы составляет 0,4203 нм, а значение параметра решетки второй фазы равно 0,3715 нм. Эти данные значительно выше значения параметра решетки серебра ( $a_{Ag} = 0,4067$  нм), меди ( $a_{Cu} = 0,3615$  нм) и никеля ( $a_{Ni} = 0,3524$  нм). Отсюда можно предположить, что синтезированные фазы, возможно, являются

твердыми растворами металлов. Фаза с параметром решетки 0,4203 нм можно отнести к твердому раствору на основе серебра и ее обозначаем как Ag (Cu, Ni), а вторая фаза с параметром 0,3715 нм является твердым раствором на основе меди Cu (Ag, Ni). Необходимо отметить, что эти твердые растворы не являются твердыми растворами замещения.

Продукт системы Ag-Cu-Ni, где содержание серебра 2 раза больше, чем меди и никеля (2:1:1), состоит из одной фазы с параметром решетки 0,4209 нм, поэтому данную фазу можно отнести к твердому раствору на основе серебра Ag (Cu, Ni) (табл. 2).

Таблица 2

**Фазовый состав продукта химического восстановления системы Ag-Cu-Ni при соотношении металлов 2:1:1**

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав	
	I	d, нм	Ag(Cu,Ni)	
			hkl	a, нм
1.	100	0,2469	111	0,4277
2.	36	0,2121	200	0,4242
3.	14	0,1474	220	0,4171
4.	21	0,1251	311	0,4148
Среднее				0,4209

Таблица 3

**Фазовый состав продукта химического восстановления системы Ag-Cu-Ni при соотношении металлов 1:2:1.**

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав			
	I	d, нм	Ag(Cu,Ni)		Cu(Ag,Ni)	
			hkl	a, нм	hkl	a, нм
1.	100	0,2459	111	0,4259		
2.	91	0,2160			111	0,3741
3.	69	0,2124	200	0,4248		
4.	24	0,1862			200	0,3725
5.	15	0,1471	220	0,4160		
6.	11	0,1293			220	0,3658
7.	18	0,1246	311	0,4133		
Среднее				0,4200		0,3708

Продукты восстановления системы Ag-Cu-Ni, где содержание меди или никеля 2 раза больше чем другие металлы (1:2:1 и 1:1:2), состоят из двух фаз, которые представляют собой твердые растворы на основе серебра Ag(Cu, Ni) и на основе меди Cu (Ag, Ni). На что указывают значения параметра решетки этих фаз (табл. 3, 4).

Таблица 4

Фазовый состав продукта химического восстановления системы Ag-Cu-Ni при соотношении металлов 1:1:2

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав			
	I	d, нм	Ag(Cu,Ni)		Cu(Ag,Ni)	
			hkl	a, нм	hkl	a, нм
1.	100	0,2468	111	0,4275		
2.	37	0,2153			111	0,3729
3.	48	0,2165	200	0,4233		
4.	20	0,1475	220	0,4175		
5.	19	0,1250	311	0,4145		
Среднее				0,4206		0,3729

Таблица 5

Зависимость параметра решетки фаз, синтезированных при совместном химическом восстановлении ионов серебра, меди и никеля, от мольного соотношения металлов

№	Соотношение Ag:Cu:Ni	Параметр решетки фаз, нм	
		Ag(Cu,Ni)	Cu(Ag,Ni)
1.	1:1:1	0,4203	0,3715
2.	2:1:1	0,4209	-
3.	1:2:1	0,4200	0,3708
4.	1:1:2	0,4206	0,3729

Из таблицы 5 видно, что параметр решетки твердых растворов зависит от количественного соотношения металлов в растворе. Наименьшее значение параметра решетки имеют твердые растворы, полученные из раствора, где содержание меди два раза больше, чем серебра и никеля.

Из раствора, где содержание серебра 2 раза больше, чем меди и никеля, образуется один твердый раствор на основе серебра и самым высоким значением параметра решетки.

Таким образом, на основе изучения фазового состава продуктов восстановления системы Ag-Cu-Ni можно заключить о том, что в условиях совместного восстановления эти металлы образуют между собой твердые растворы.

#### Литература:

1. Солдатенко Е.М., Доронин С.Ю., Чернова Р.К. Химические способы получения наночастиц меди. / Бултевские сообщения. - 2014. - Т.37. - №2. - С. 103-113.
2. Явуз Жошкун, Сатывалдиев А.С. Жез менен никелди бирге химиялык калыбына келтирүү продукттарынын фазалык курамынын металлдардын эритмедеги санынан көз карандылыгы. / Республиканский научно-теоретический журнал «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана», №5. - Б., 2018. - С. 79-82.
3. Явуз Жошкун, Сатывалдиев А.С. Фазовый состав продуктов совместного восстановления меди и никеля // Республиканский научно-теоретический журнал «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана», №9. - Б., 2016. - С.75-78.
4. Salem M. Bawaked, Islam Hamdy Abd El Maksod, Abdulmohsen Alshehri A Simulation Study for Trimetallic Nanosized Alloy (Ni, Cu, and Ag) in Hydrogenation of Organic Compounds: A Case Study of (Nitrophenols) / Journal of Nanomaterials, 2017. / <https://doi.org/10.1155/2017/9464209>.
5. Химическое осаждение металлов из водных растворов / Под ред. В.В. Свиридова. - Минск: Издание Университетское, 1987. - 270 с.

Рецензент: к.хим.н., доцент Жаснакунов Ж.К.