

*Жаснакунов Ж.К., Сапанова Ш.И., Сатывалдиев А.С.*

**КУМУШ ЖАНА НИКЕЛЬ ИОНДОРУН БИРГЕ НАТРИЙДИН  
ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТЫНЫН КАТЫШУУСУНДА КАЛЫБЫНА КЕЛТИРҮҮ**

*Жаснакунов Ж.К., Сапанова Ш.И., Сатывалдиев А.С.*

**СОВМЕСТНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИОНОВ СЕРЕБРА И НИКЕЛЯ  
В ПРИСУТСТВИИ ДОДЕЦИЛСУЛЬФАТА НАТРИЯ**

*Z.K. Zhasnakunov, Sh.I. Sapanova, A.S. Satyvaldiev*

**SIMULTANEOUS RECOVERY OF SILVER AND NICKEL IONS IN THE  
PRESENCE OF POLYVINYLPIRROLIDONE**

УДК: 546.56+546.57

*Күмүш жана никель иондорун бирге натрийдин додецилсульфатынын катышуусунда химиялык калыбына келтирүүдө күмүш менен никелдин туруктуу нанобөлүкчөлөрү алынаары рентгенофазалык анализ методу менен көрсөтүлдү. Аммиакты колдонуу никелдин нанобөлүкчөлөрүнүн кычкылдануусун азайта тургандыгы аныкталды. Дифракциялык сызыктардын кеңейүүсү боюнча үлгүнүн өлчөмү 7-26 нм болгон нанобөлүкчөлөрдөн тургандыгы көрсөтүлдү.*

**Негизги сөздөр:** натрийдин додецилсульфаты, күмүш, никель, фазалык курам.

*Методом рентгенофазового анализа показано, что при совместном химическом восстановлении ионов серебра и никеля в присутствии додецилсульфата натрия происходит образование стабильных наночастиц серебра и никеля. Установлено, что введение аммиака в значительной степени предотвращает окисление наночастиц никеля. По уширению дифракционных линий показано, что образец состоит из наночастиц с размерами 7-26 нм.*

**Ключевые слова:** додецилсульфат натрия, серебро, никель, фазовый состав.

*X-ray diffraction analysis, showed that the simultaneous chemical reduction of silver and nickel ions in the presence of sodiumdodecylsulfate resulted in the formation of stable silver and nickel nanoparticles. It was found that the introduction of ammonia largely prevents the oxidation of nickel nanoparticles. By broadening the diffraction lines it is shown that the sample consists of nanoparticles with dimensions of 7-26 nm.*

**Key words:** sodium dodecylsulfate, silver, nickel, phase composition.

Наноконпозиты на основе серебра и никеля имеют широкий спектр практического применения в электронике и катализе [1]. Наноконпозиты такого типа способны интенсифицировать широкий ряд химических процессов благодаря высокой реакционной способности наночастиц.

Поэтому представляется важным изучение возможности получения таких систем из водорастворимых солей серебра и никеля в присутствии додецилсульфата натрия.

Для получения наноконпозита серебра и никеля в присутствии стабилизатора более перспективным является метод химического восстановления, что не требует сложного оборудования [2].

Растворы, содержащие ионы серебра и никеля, были приготовлены из соответствующих солей  $\text{AgNO}_3$  и  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ . Соотношение ионов  $\text{Ag}^+$  и  $\text{Ni}^{2+}$  в растворе в г-эквивалентах составляло 1:1. В качестве восстановителя использовали раствор гидразина гидрата. Для стабилизации частиц металлов в растворе использовали додецилсульфат натрия. Содержание стабилизатора в растворе составляло 0,2%.

Восстановление ионов серебра и никеля проводился в двух различных средах - в присутствии гидроксида натрия и в присутствии аммиака при  $\text{pH}=11$ , т.к. восстановительная способность гидразина повышается с увеличением  $\text{pH}$ .

Продукты восстановления отделяется от жидкой фазы декантацией. Выделенные продукты промываются водой до нейтральной реакции, затем этиловым спиртом и высушиваются в сушильном шкафу при температуре 50-60°C.

Определение фазового состава полученных продуктов проводили методом рентгенофазового анализа [3]. Дифрактограммы снимались на дифрактометре RINT-2500 HV на медном отфильтрованном излучении. Размеры областей когерентного рассеяния (ОКР) частиц рассчитывали по уширению рефлексов на дифрактограммах по формуле Шеррера-Селякова [4].

Дифрактограммы продуктов совместного восстановления ионов серебра и никеля в присутствии стабилизатора приведены на рисунке, а результаты их расчета в таблице.

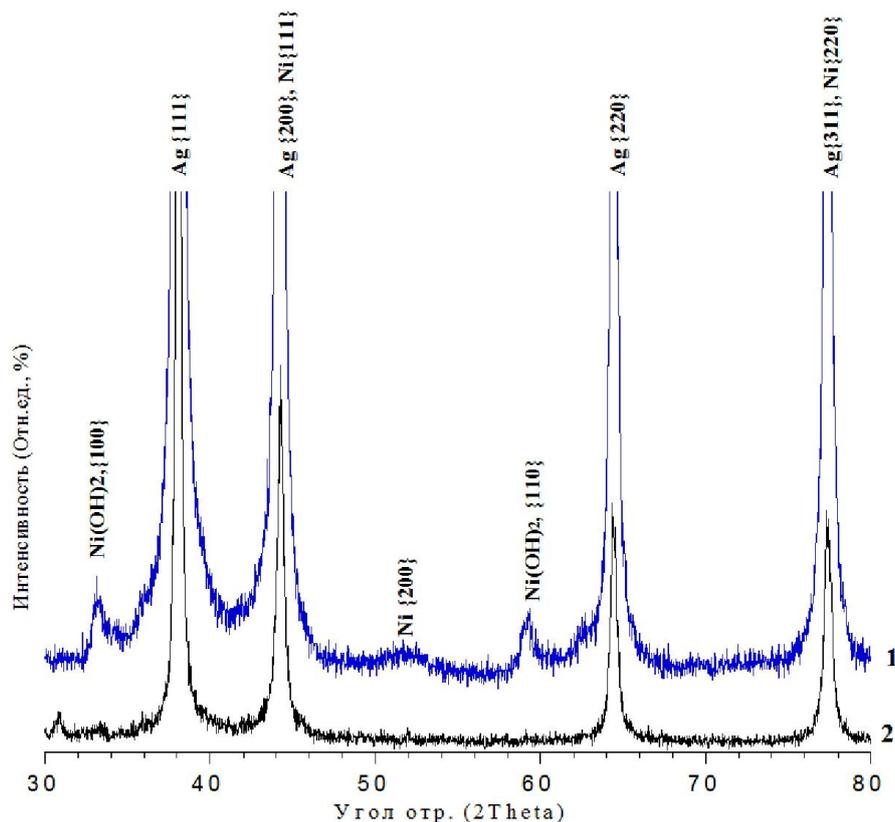


Рис. 1. Дифрактограммы продуктов совместного восстановления ионов серебра и никеля в щелочной (1) и аммиачной (2) среде в присутствии додецилсульфата натрия.

Таблица 1

Результаты расчета дифрактограмм продуктов совместного восстановления ионов серебра и никеля в щелочной (1) и аммиачной (2) средах

№	Экспериментальные данные			Фазовый состав						ОКР
				Ag		Ni		Ni(OH) <sub>2</sub>		
	2θ	d, Å	I	hkl	a, нм	hkl	a, нм	hkl	d, Å [5]	нм
<b>1</b>										
1	33,14	2,697	4					100	2,70	
2	38,06	2,364	100	111	0,409					22
3	44,22	2,048	34	200	0,409	111	0,355			16
4	51,70	1,768	2			200	0,354			20
5	59,22	1,560	3					110	1,56	
6	64,42	1,446	20	220	0,409					7
7	77,36	1,233	21	311	0,409	220	0,349			7
<b>2</b>										
1	38,06	2,364	100	111	0,409					26
2	44,26	2,046	35	200	0,409	111	0,354			20
3	51,92	1,761	2			200	0,352			19
4	64,36	1,447	23	220	0,409					21
5	77,34	1,234	22	311	0,409	220	0,349			9

Анализ дифрактограммы (рис.1) показывает, что продукт совместного восстановления ионов серебра и никеля в щелочной среде в присутствии додецилсульфата натрия состоит из металлических наночастиц серебра и никеля с гранцентрированной кубической (ГЦК) решеткой с параметрами a=0,409 нм и a=0,352 нм соответственно. Кроме того в образце содержится гидроксид никеля. Наличие гидроксидных фаз указывает на неполное восстановление исходных ионов никеля.

Известно, что в водных растворах солей никеля в сильнощелочной среде формирование гидроксидов происходит практически всегда [6]. Образования гидроксидов обратима и они становятся источником катионов в растворе, которые затем присоединяются к растущему металлическому кластеру, которые в свою очередь получают электроны от восстановителя, в результате чего нейтрализуется положительный заряд, принесенный катионами. На поверхности частиц гидроксида никеля образуются первичные металлические кластеры [7].

Анализ дифрактограммы продукта совместного восстановления ионов серебра и никеля в аммиачной среде показывает, что продукт состоит из двух металлических фаз, которые представляют собой металлическое серебро с параметром решетки  $a=0,409$  и металлический никель с параметром решетки  $a = 0,352$  нм.

По литературным данным [8] диаграмма состояния Ag-Ni является простой монотектической системой и характеризуется обширной областью несмешиваемости компонентов. Максимальная растворимость Ni в Ag соответствует 0,102 % (ат.), а растворимость Ag в Ni составляет ~1 % (ат.) и уменьшается с понижением температуры. Поэтому никель и серебро не образуют интерметаллидов и практически не образуют растворов между собой.

По уширениям дифракционных линий с использованием уравнения Шеррера-Селякова [9] рассчитаны размеры нанокристаллитов: для образца полученной в среде гидроксида натрия (табл. 1) размер кристаллитов серебра составляет 7-22 нм, а кристаллиты никеля имеет размер 7-20 нм. Для образца синтезированной в среде аммиака размеры частиц серебра и никеля составляет 9-26 нм и 9-20 нм соответственно. Как видно из расчета средний размер кристаллитов серебра и никеля в щелочной и аммиачной средах имеет одинаковые размеры.

Сравнивая дифрактограммы образцов можно сделать вывод о том, что в щелочной среде содержание гидроксидных фаз никеля достаточно высокое, а в аммиачной среде отсутствуют.

Введение аммиака в значительной степени предотвращает окисление никеля. Это связано с тем, что аммиак образует с ионами никеля ряд комплексных ионов  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{+2}$ ,  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_5]^{+2}$ ,  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_4]^{+2}$ ,  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_3]^{+2}$ ,  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_2]^{+2}$  и  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)]^{+2}$  что приводит к сдвигу значения электродных потенциалов никеля в отрицательную область по сравнению с потенциалом

простых ионов  $\text{Ni}^{+2}$  (0,257 В) [10]. Поэтому ионы никеля активно восстанавливаются в присутствии аммиака.

Таким образом, методом рентгенофазового анализа установлено, что при совместном восстановлении ионов серебра и никеля в присутствии додецилсульфата натрия в среде аммиака формируется стабильные металлические наночастицы серебра и никеля. По уширению дифракционных линий показано, что образец состоит из наночастиц с размерами 7-26 нм.

#### Литература:

1. Жидик Ю.С., Ватюк А.А. Разработка технологий формирования низкоомных томоических контактов вертикального светодиода // XIX Международная научно-практическая конференция "Современные техника и технологии" Секция 2: Приборостроение 2014. - С.156-157.
2. Свиридов В.В., Воробьев Т.Н., Гаевская Т.А., Степанова Л.И. Химическое осаждение металлов в водных растворах. - Минск: Университетское, 1987. - 270 с.
3. Горелик С.С., Скаков Ю.А., Расторгуев Л.Н. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. - М., 1994. - 328 с.
4. Авчинникова Е.А., Воробьева С.А. Синтез и свойства наночастиц меди, стабилизированных полиэтиленгликолем // Вестник БГУ. Сер. 2. - Бишкек, 2013. №3. - С. 12-16.
5. Храмов А.С., Лукьянов И.В. Рентгеноструктурный анализ поликристаллов. Часть IV. Справочник. - Казань: К(П)ФУ, 2010. - 76 с.
6. Лапсина П.В., Кагакин Е.И., Додонов В.Г. Получение наноструктурированных порошков серебра, никеля и кобальта из их кристаллических солей // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2002. - Т. 14, №4 (5). - С. 1414-1417.
7. Пугачев В.М., Захаров Ю.А., Васильева О.В., Карпушкина Ю.В., Додонов В.Г. и Датий К.А. Фазовый состав наноструктурированной системы никель-медь, получаемой восстановлением из растворов солей // Вестник Кемеровского государственного университета, 2015. - Т.1. - №1 (61). - С. 39-44.
8. Диаграммы состояния двойных металлических систем. Справочник: в 3 т.: Т.1 / Под общей ред. Н.П. Лякишева. - М.: Машиностроение, 1996. - 992 с.
9. Авчинникова Е.А., Воробьева С.А. Синтез и свойства наночастиц меди, стабилизированных полиэтиленгликолем // Вестник БГУ. Сер. 2. - Бишкек, 2013. - №3. - С. 12-16.
10. Пешкова В. М., Савостина В. М. Аналитическая химия никеля. - М.: Изд. «Наука», 1966. - 199 с.

Рецензент: к.хим.н., профессор Молдошев А.М.