

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

*Адамбаева Ж.И., Сатывалдиев А.С., Жаснакунов Ж.К., Бакенов Ж.Б.*

**АЛТЫНДЫ ЭЛЕКТР УЧКУНДУК ДИСПЕРСТӨӨ  
ПРОДУКТЫСЫ ЖӨНҮНДӨ**

*Адамбаева Ж.И., Сатывалдиев А.С., Жаснакунов Ж.К., Бакенов Ж.Б.*

**О ПРОДУКТЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО  
ДИСПЕРГИРОВАНИЯ ЗОЛОТА**

*Zh.I. Adambaeva, A.S. Satyvaldiev, Z.K. Zhasnakunov, Zh.B. Bakenov*

**ABOUT THE PRODUCT OF ELECTROSPARK  
GOLD DISPERSION**

УДК: 621.762:546.59

Алтынды электр учкундук дисперстөө продуктуларынын фазалык курамы рентген фазалык анализ методу менен аныкталды. Продуктулар, суюк чөйрөнүн жаратылышына карабастан, NaCl тибиндеги грандык борборлошкон кубдук торчого ээ металлдык алтын болгон бир фазадан турат. Спирте, сууда жана желатиндин эримесинде алынган алтындын күкүмдөрү торчонун параметринин мааниси боюнча айырмаланышат. Синтезделген күкүмдөрдүн торчосунун параметринин мааниси массивдүү алтындын торчосунун параметринин маанисине салыштырмалуу бир топ төмөн. Спиртте алынган алтындын күкүмүнүн торчосунун параметри эң төмөнкү мааниге ( $a=0,4055$  нм), ал эми сууда алынган алтындын күкүмүнүн торчосунун параметри салыштырмалуу жогору мааниге ( $a=0,4065$  нм) ээ болот. Ар түрдүү суюк чөйрөдө синтезделген алтындын кристаллиттеринин когеренттик чагылуу областарынын өлчөмдөрү практика жүзүндө бирдей мааниге (21-23 нм) ээ, мындайча айтканда алтындын синтезделген күкүмдөрү нанодисперстүү системага кирет.

**Негизги сөздөр:** электр учкундук дисперстөө, продуктулар, фазалык курам, алтын, күкүм, нанодисперстүүлүк.

Методом рентгенофазового анализа установлен фазовый состав продуктов электроискрового диспергирования золота. Продукты, не зависимо от природы жидкой среды, состоят из одной фазы, которая представляет собой металлическое золото с гранецентрированной кубической решеткой типа NaCl. Порошки золота, полученные в спирте, воде и растворе желатина отличаются по значению параметра решетки. Значение параметра решетки синтезированных порошков значительно меньше значения параметра решетки для массивного золота. Наименьшее значение параметра решетки имеет порошок золота, полученный в спирте

( $a=0,4055$  нм). Относительно более высокое значение параметра решетки ( $a=0,4065$  нм) имеет порошок золота, полученный в воде. Размеры областей когерентного рассеяния синтезированных в различных жидких средах кристаллитов золота имеют практически одинаковые значения (21-23 нм), т.е. синтезированные порошки золота относятся к нанодисперсным системам.

**Ключевые слова:** электроискровое диспергирование, продукты, фазовый состав, золото, порошок, нанодисперсность.

The phase composition of the electrospark gold dispersion products has been established by the method of X-ray phase analysis. Products, regardless of the nature of the liquid medium, consist of a single phase, which is metallic gold with a face-centered cubic lattice of the NaCl type. Gold powders obtained in alcohol, water and gelatin solution differ in the value of the lattice parameter. The lattice parameter value of the synthesized powders is significantly less than the lattice parameter value for solid gold. The smallest value of the lattice parameter has gold powder obtained in alcohol ( $a = 0.4055$  nm). A relatively higher lattice parameter value ( $a = 0.4065$  nm) has gold powder obtained in water. The sizes of coherent scattering regions of gold crystallites synthesized in various liquid media have almost the same values (21-23 nm), i.e. synthesized gold powders are nanodispersed systems.

**Key words:** electrospark dispersion, products, phase composition, gold, powder, nanodispersity.

В обзоре [1] подробно приведена история изучения наночастиц золота, методы их синтеза, функционализация наночастиц золота, применение наночастиц золота в твердофазных методах анализа, для количественного определения белков в биохимии и в качестве носителей антигенов при иммунизации.

Наночастицы золота находят широкое применение в качестве материалов для создания оптических, электронных, сенсорных устройств, катализаторов, медицинских препаратов [2].

В настоящее время активные исследования проводятся по применению наночастиц золота в медицине. В работе [3] отмечается, что наночастицы золота являются перспективными при терапии опухолей и ревматоидного артрита, для доставки лекарственных веществ, генетических материалов и антигенов. При диагностике рака наночастицы золота легко связываются с больными клетками и связанные наночастицы хорошо рассеивают и поглощают свет, а это позволяет место локализации опухолевых клеток увидеть с помощью микроскопа.

Изучение физических и химических свойств, а также разработка методов получения наночастиц золота являются активно развивающимися направлениями науки и техники, так как не все возможности наночастиц золота выяснены до конца. Актуальным является разработка метода получения наночастиц золота с целенаправленно формируемыми свойствами.

Для синтеза наночастиц золота широко применяется метод химического восстановления в различных жидких средах с использованием различных восстановителей, но недостатком данного метода является присутствие на поверхности наночастиц остатков химических реагентов [1].

Одной из эффективных технологий получения наночастиц металлов является метод электроискрового диспергирования, который обеспечивает получения достаточных стабильных частиц в наноразмерном диапазоне [4, 5]. Процесс электроискрового диспергирования осуществляется в локальной области между электродами под действием кратковременного искрового разряда [6]. В зоне разряда под действием

высоких температур происходит расплавление и частичное испарение материала электродов. Жидкий и парообразный материал электродов выбрасывается в рабочую жидкость, что позволяет сохранить нанодисперсных частиц. В работе [6] установлено, что на фазовый состав продуктов электроискрового диспергирования меди влияет природа жидкой среды и однофазный продукт, состоящий только из порошка меди образуется в гексане.

Целью настоящей работы является изучение фазового состава продуктов электроискрового диспергирования золота в различных жидких средах.

Для получения порошков золота методом электроискрового диспергирования использована лабораторная установка с двумя электродами. Электроды были изготовлены из золота чистотой 99,99% в виде стержней с размерами 25x4x1.5 мм. Для выяснения влияния химического состава жидкой среды на состав продуктов электроискрового диспергирования золота проводилось в среде этилового спирта (96%), воды и 0,2% раствора желатина. Синтезированный порошок золота отделялся от жидкой среды на центрифуге, высушивался в сушильном шкафу при 70-80<sup>0</sup>С, а порошки золота, полученные в воде и 0,2% растворе желатина, промывались спиртом и затем были высушены.

Для установления фазового состава синтезированных порошков золота использован метод рентгенофазового анализа, а их рентгенограммы сняты на дифрактометре ДРОН-3 с  $\text{CuK}_\alpha$ -излучением.

Дифрактограммы порошков золота, синтезированных при электроискровом диспергировании в спирте, воде и 0,2% растворе желатина, представлены на рисунке, а результаты расчета дифрактограмм приведены в таблице 1.

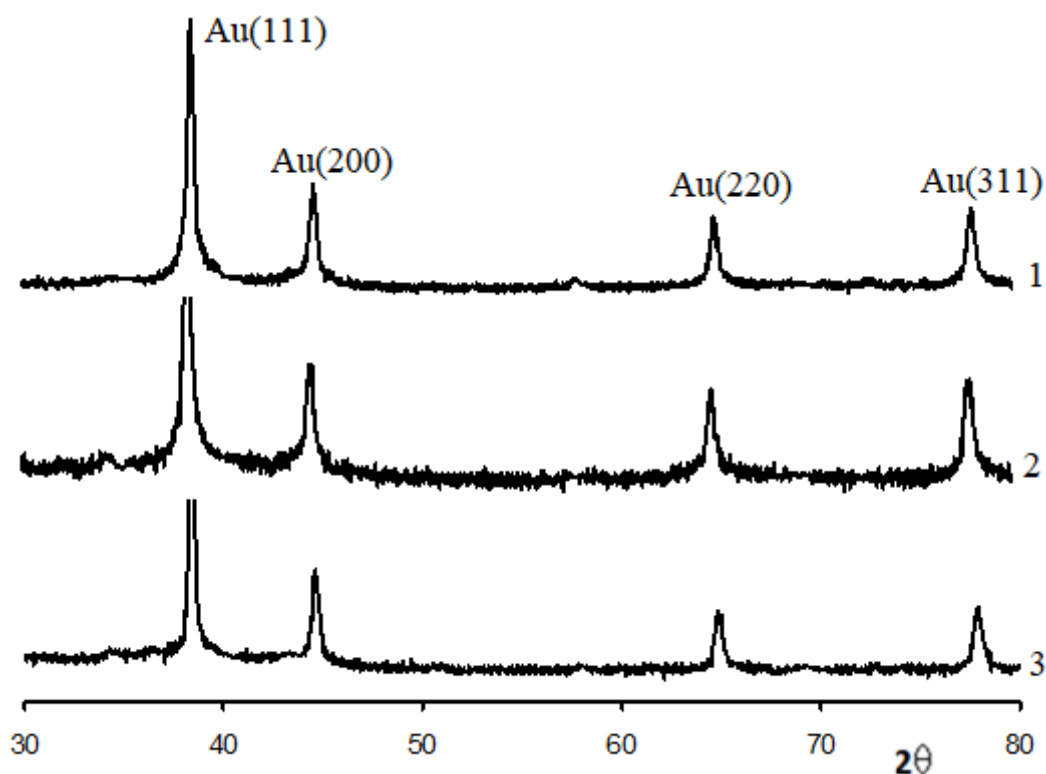


Рис. 1. Дифрактограммы порошков золота, синтезированных в спирте (1), воде (2) и 0,2% - растворе желатина (3), методом электроискрового диспергирования.

Таблица 1

Результаты расчета дифрактограмм порошков золота, синтезированных в спирте (1), воде (2) и 0,2%-растворе желатина (3) методом электроискрового диспергирования

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав	
	I	d, нм	Au	
			hkl	a, нм
<b>Спирт</b>				
1	100	0,23347	111	0,4044
2	34	0,20247	200	0,4049
3	24	0,14363	220	0,4062
4	27	0,12252	311	0,4064
<b>Среднее</b>				0,4055
<b>Вода</b>				
1	100	0,23441	111	0,4060
2	44	0,20298	200	0,4060
3	31	0,14387	220	0,4069
4	33	0,12273	311	0,4070
<b>Среднее</b>				0,4065
<b>0,2% раствор желатина</b>				
1	100	0,23417	111	0,4056
2	39	0,20307	200	0,4061
3	20	0,14379	220	0,4067
<b>Среднее</b>				0,4063

Методом рентгенофазового анализа установлено, что продукты электроискрового диспергирования золота, независимо от природы жидкой среды, состоят из одной фазы, которая представляет собой металлическое золото с гранцентрированной кубической решеткой типа NaCl. Порошки золота отличаются по значению параметра решетки (рис. 1, табл. 1). Согласно литературным данным [8] параметр решетки массивного золота имеет следующее значение  $a=0,4079$  нм.

Результаты расчета параметра решетки синтезированных высокодисперсных порошков золота показывают, что значение параметра решетки полученных порошков значительно меньше значения параметра решетки для массивного золота. Наименьшее значение параметра решетки имеет порошок золота, полученный в спирте ( $a=0,4055$  нм). Относительно более высокое значение параметра решетки ( $a=0,4065$  нм) имеет порошок золота, полученный в воде.

Таким образом, природа жидкой среды не влияет на фазовый состав продуктов электроискрового диспергирования золота, но химический состав жидкой среды оказывает определенное влияние на значение параметра решетки

синтезированных частиц золота. В спирте формируются кристаллические частицы золота более плотным расположением атомов металла в кристаллической решетке.

Для установления дисперсности частиц порошков золота, синтезированных методом электроискрового диспергирования, использовано уравнение Шеррера-Селякова [9]. Данное уравнение позволяет рассчитать размер областей когерентного рассеяния (ОКР) частиц по уширению сигналов на дифрактограмме, т.к. ширина дифракционных линий зависит от среднего размера области когерентного рассеяния.

Результаты расчета размера ОКР частиц золота представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Значение параметра решетки (а) и размер ОКР (d<sub>ОКР</sub>) частиц золота, полученных методом электроискрового диспергирования**

№	Жидкая среда	а, нм	d <sub>ОКР</sub> , нм
1.	Спирт	0,4055	23,1
2.	Вода	0,4065	21,5
3.	0,2%-раствор желатина	0,4063	23,3

Размеры кристаллитов золота, синтезированных методом электроискрового диспергирования, не зависимо от природы жидкой среды, имеют практически одинаковые значения (21-23 нм), что позволяет отнести синтезированных нанопорошков золота к нанодисперсным системам. Принято считать [10], что значение d<sub>ОКР</sub> равно размеру нанокристаллита и нанокристаллит состоит из одной области когерентного рассеяния.

Таким образом, методом рентгенофазового анализа и расчета d<sub>ОКР</sub> установлено, что при электроискровом диспергировании золота в среде этилового спирта, воды и раствора желатина создается условие для образования его нанодисперсных порошков.

#### Литература:

1. Дыкман Л.А., Богатырев В.А. Наночастицы золота: получение, функционализация, использование в биохимии и иммунохимии // Успехи химии, 2007. - Т.76. - №2. - С. 199-213.
2. Татарчук В.В., Сергиевская А.П., Зайковский В.И. и др. Получение и свойства наночастиц золота, стабилизированных абиетиновой кислотой // Журнал Неорганической химии, 2015. - Т.60. - №2. - С. 286-293.
3. Дыкман Л.В., Богатырев В.А., Щеголев В.А., Хлебцов Н.Г. Золотые наночастицы: синтез, свойства, биомедицинское применение. - М.: Наука, 2008. - 320 с.
4. Лопатко К.Г., Афтандиянц Е.Г., Зауличный Я.В., Капец М.В. Структура и свойства наночастиц, полученных электроискровой обработкой меди и серебра // Металловедение и обработка металлов, 2009. - №3. - С. 57-62.
5. Мадиярова А.М., Сатывалдиев А.С. Зависимость фазового состава продуктов электроискрового диспергирования алюминия от природы жидкой среды / Республиканский научно-теоретический журнал «Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана, №4. - Бишкек, 2017. - С. 40-42.
6. Соловьев В.В., Коновалов С.В., Крюкова Е.Д. Исследование порошковых материалов цветных металлов, полученных электроэрозийным способом. // Ползуновский вестник, 2018, №2. - С. 146-149.
7. Бообекова А.А., Сатывалдиев А.С. Зависимость фазового состава продуктов электроискрового диспергирования меди от природы жидкой среды / Республиканский научно-теоретический журнал «Известия вузов Кыргызстана», №11. - Бишкек, 2017. - С.31-34.
8. Рабинович В.А., Хавин З.Я. Краткий химический справочник. - М.: Химия, 1977. - 376 с.
9. Авчинникова Е.А., Воробьева С.А. Синтез и свойства наночастиц меди, стабилизированных полиэтиленгликолем / Вестник БГУ, 2013, сер.7, №3. - С. 12-16.
10. Ягодкин Ю.Д., Добаткин С.В. Применение электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа для определения размеров структурных элементов в нанокристаллических материалах // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2007, т.73, №1. - С. 38-49.

Рецензент: к.хим.н., профессор Сагындыков Ж.С.