

УДК: 669.231

DOI 10.33514/1694-7851-2024-4/2-575-581

**Насирдинова Г.К.**

химия илимдеринин кандидаты, доцент

И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университети

Бишкек ш.

[gulzat.ngk@mail.ru](mailto:gulzat.ngk@mail.ru)

**Сатывалдиев А.**

химия илимдеринин доктору, профессор, КР УИАнын корр.-мүчөсү

И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университети

Бишкек ш.

[satyvaldiev1948@mail.ru](mailto:satyvaldiev1948@mail.ru)

**Кулумбаев Т.К.**

окугуучу

И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университети

Бишкек ш.

[kulumbaev2019@mail.ru](mailto:kulumbaev2019@mail.ru)

**Бактыяр кызы Н.**

магистрант

И. Арабаев атындагы Кыргыз мамлекеттик университети

Бишкек ш.

[baktyiarkyzynn@gmail.com](mailto:baktyiarkyzynn@gmail.com)

### ЭЛЕКТР УЧКУНДУК ДИСПЕРСТӨӨ МЕТОДУ МЕНЕН Au-Cu СИСТЕМАСЫНЫН НАНОБӨЛҮКЧӨЛӨРҮНҮН КОЛЛОИДДИК ЭРИТМЕСИН АЛУУ

**Аннотация.** Массасынын 50% алтыдан жана массасынын 50% жезден турган Au(Cu) куймасын беттик активдүү заттардын эритмелеринде электр учкундук дисперстөөдө алтындын негизиндеги катуу эритменин нанобөлүкчөлөрүнүн коллоиддик эритмелери пайда болоору спектрофотометрия методунун жардамы менен аныкталды. Ошондуктан, коллоиддик эритмелер 520-525 нм толкун узундугундагы электромагниттик нурланууну сиңирүү максимумдары менен алтын нанобөлүкчөлөрүнө мүнөздүү беттик плазмондук резонанстык тилке менен мүнөздөлөт. Au-Cu системасынын куймасынын нанобөлүкчөлөрүнүн коллоиддик эритмелеринин туруктуулугу нанобөлүкчөлөрдүн стабилизатору катары колдонулган беттик активдүү заттын жаратылышынан көз каранды. Au-Cu системасынын нанобөлүкчөлөрүнүн коллоиддик эритмелеринин беттик плазмонун резонанстык тилкелеринин интенсивдүүлүгү убакыттын өтүшү менен төмөндөйт. Гексадецилтриметиламмонийдин бромидинин эритмесинде алынган Au(Cu) куймасынын нанобөлүкчөлөрүнүн коллоиддик эритмесинин оптикалык тыгыздыгынын төмөндөшү, аммоний додецилсульфатынын эритмесинде алынган Au(Cu) куймасынын нанобөлүкчөлөрүнүн коллоиддик эритмесинин оптикалык тыгыздыгынын төмөндөшүнө салыштырмалуу 0,25 жана 0,38 эсе аз.

**Негизги сөздөр:** коллоиддик эритме, нанобөлүкчөлөр, алтын, жез, беттик плазмондук резонанс, оптикалык спектр, оптикалык тыгыздык, куйма, жутуунун максимуму, стабилизатор.

**Насирдинова Г.К.**

кандидат химических наук, доцент  
Кыргызский государственный университет имени И. Арабаева  
г. Бишкек  
[gulzat.ngk@mail.ru](mailto:gulzat.ngk@mail.ru)

**Сатывалдиев А.**

доктор химических наук, профессор, член-корр. НАН КР  
Кыргызский государственный университет имени И. Арабаева  
г. Бишкек  
[satyvaldiev1948@mail.ru](mailto:satyvaldiev1948@mail.ru)

**Кулумбаев Т.К.**

преподаватель  
Кыргызский государственный университет имени И. Арабаева  
г. Бишкек,  
[kulumbaev2019@mail.ru](mailto:kulumbaev2019@mail.ru)

**Бактыяр кызы Н.**

магистрант  
Кыргызский государственный университет имени И. Арабаева  
г. Бишкек,  
[baktyiarkyzynn@gmail.com](mailto:baktyiarkyzynn@gmail.com)

## ПОЛУЧЕНИЕ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА НАНОЧАСТИЦ СИСТЕМЫ Au-Cu МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ДИСПЕРГИРОВАНИЯ

**Аннотация.** Методом спектрофотометрии установлено, что при электроискровом диспергировании сплава Au(Cu), состоящего из 50% (масс.) золота и 50% (масс.) меди, в растворах поверхностно-активных веществ происходит образование коллоидных растворов наночастиц твердого раствора на основе золота. Поэтому коллоидные растворы характеризуются полосой поверхностного плазмонного резонанса, характерной для наночастиц золота с максимумами поглощения электромагнитного излучения при длинах волн 520-525 нм. Устойчивость коллоидных растворов наночастиц сплава системы Au-Cu зависит от природы поверхностно-активного вещества, используемого в качестве стабилизатора наночастиц. Интенсивности полос поверхностного плазмонного резонанса коллоидных растворов наночастиц системы Au-Cu уменьшается с течением времени. Уменьшение оптической плотности коллоидного раствора наночастиц сплава Au(Cu), полученного в растворе бромидгексадецилтриметиламмония на 0,25 и 0,38 раза меньше по сравнению с уменьшением оптической плотности коллоидного раствора наночастиц сплава Au(Cu), полученного в растворе додецилсульфата аммония.

**Ключевые слова:** коллоидный раствор, наночастицы, золото, медь, поверхностно-плазмонный резонанс, оптический спектр, оптическая плотность, сплав, максимум поглощения, стабилизатор.

**Nasirdinova G.K.**

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor  
Kyrgyz State University named after I. Arbaev  
Bishkek c.  
[gulzat.ngk@mail.ru](mailto:gulzat.ngk@mail.ru)

**Satyvaldiev A.**

Doctor of Chemical Science, Professor, member-correspondent. of NAS KR  
Kyrgyz State University named after I. Arbaev  
Bishkek c.  
[satyvaldiev1948@mail.ru](mailto:satyvaldiev1948@mail.ru)

**Kulumbaev T.K.**

Teacher  
Kyrgyz State University named after I. Arbaev  
Bishkek c.  
[kulumbaev2019@mail.ru](mailto:kulumbaev2019@mail.ru)

**Baktyyar kyzy N.**

Master's student  
Kyrgyz State University named after I. Arbaev  
Bishkek c.  
[baktyiarkyzynn@gmail.com](mailto:baktyiarkyzynn@gmail.com)

## OBTAINING A COLLOIDAL SOLUTION OF NANOPARTICLES OF THE Au-Cu SYSTEM BY THE METHOD OF ELECTROSPARK DISPERSION

**Annotation.** Using spectrophotometry, it was established that during electric spark dispersion of the Au(Cu) alloy, consisting of 50% (mass) gold and 50% (mass) copper, in solutions of surfactants, colloidal solutions of nanoparticles of a solid solution based on gold are formed. Therefore, colloidal solutions are characterized by a surface plasmon resonance band, typical for gold nanoparticles with maxima of absorption of electromagnetic radiation at wavelengths of 520-525 nm. The stability of colloidal solutions of Au-Cu alloy nanoparticles depends on the nature of the surfactant used as a nanoparticle stabilizer. The intensities of the surface plasmon resonance bands of colloidal solutions of Au-Cu nanoparticles decrease over time. The decrease in the optical density of the colloidal solution of Au(Cu) alloy nanoparticles obtained in the hexadecyltrimethylammonium bromide solution is 0.25 and 0.38 times less compared to the decrease in the optical density of the colloidal solution of Au(Cu) alloy nanoparticles obtained in the ammonium dodecyl sulfate solution.

**Key words:** colloidal solution, nanoparticles, gold, copper, surface plasmon resonance, optical spectrum, optical density, alloy, absorption maximum, stabilizer.

Методы синтеза наночастиц биметаллов можно разделить на две группы [1]:

1) физические, которые включают механическое измельчение, обработку плазмой, электрической дугой, взрывом, лазерную абляцию и другие методы теплового или силового воздействия на металл;

2) химические, заключающиеся в получении наночастиц методами восстановления, разложения или синтеза из солей металлов.

Для получения наночастиц биметаллов определенный интерес представляет метод электроискрового диспергирования, Этот метод отличается с использованием очень простых оборудований и позволяет диспергировать любой токопроводящий материал до наноразмерных порошков. Диспергирование проводится в жидкой среде, состав которой зависит от целей получаемого продукта.

Целью данной работы является изучение возможности синтеза коллоидного раствора биметаллических наночастиц системы Au-Cu методом электроискрового диспергирования.

Для получения коллоидных растворов наночастиц системы Au-Cu электроискровому диспергированию подвергались два электрода, изготовленные из сплава Au(Cu). Сплав состоял из 50% (масс.) золота и из 50% (масс.) меди. В качестве жидкой среды использованы 0,2% растворы додецилсульфата аммония (ДДСА) и бромидгексадецилтриметиламмония (БГДТМА), которые являются стабилизаторами наночастиц. Энергия единичного искрового разряда составляла 0,05 Дж. Для получения коллоидных растворов наночастиц системы Au-Cu каждая пара электродов в определенном растворе стабилизатора подвергалась диспергированию в течении 2 минут.

Предварительными экспериментами установлено, что в присутствии стабилизаторов происходит образование устойчивого раствора наночастиц металлов. Устойчивость наночастиц в присутствии стабилизаторов можно объяснить образованием на поверхности наночастиц металлов защитного слоя в результате адсорбции молекул стабилизаторов [2, 12-16 с.].

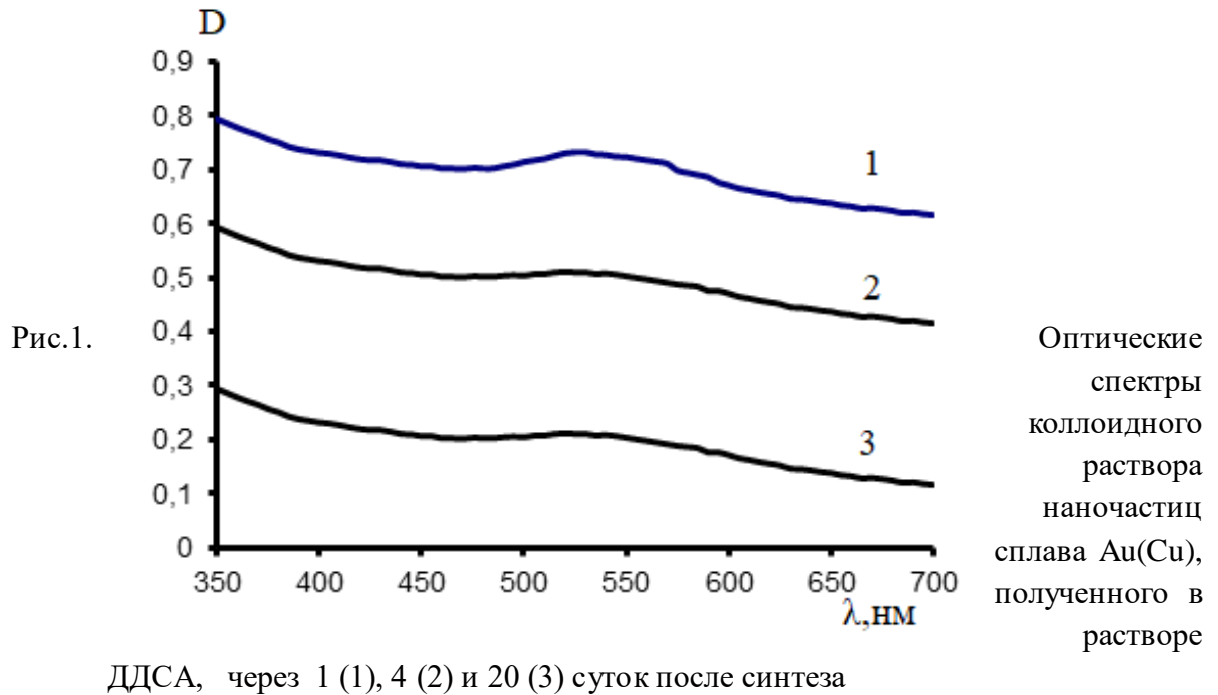
Коллоидные растворы наночастиц системы Au-Cu изучены методом спектрофотометрии. Оптические спектры коллоидных растворов сняты на спектрофотометре ПЭ-5400УФ в области электромагнитного излучения 350-700 нм на кварцевых кюветах шириной 10 мм относительно растворов соответствующего стабилизатора.

В металлах валентные электроны способны двигаться по всему объему вещества и поэтому металлы имеют высокую электрическую проводимость. Переменное электрическое поле света смещает электроны проводимости и электрический диполь формируется на поверхности наночастицы, который колеблется с частотой равной частоте поля падающего луча. Этот диполь, который колеблется на поверхности наночастицы называется поверхностным плазмоном. Поверхностный плазмон появляется если размер наночастицы много меньше длины падающего луча [3, 6-12 с.].

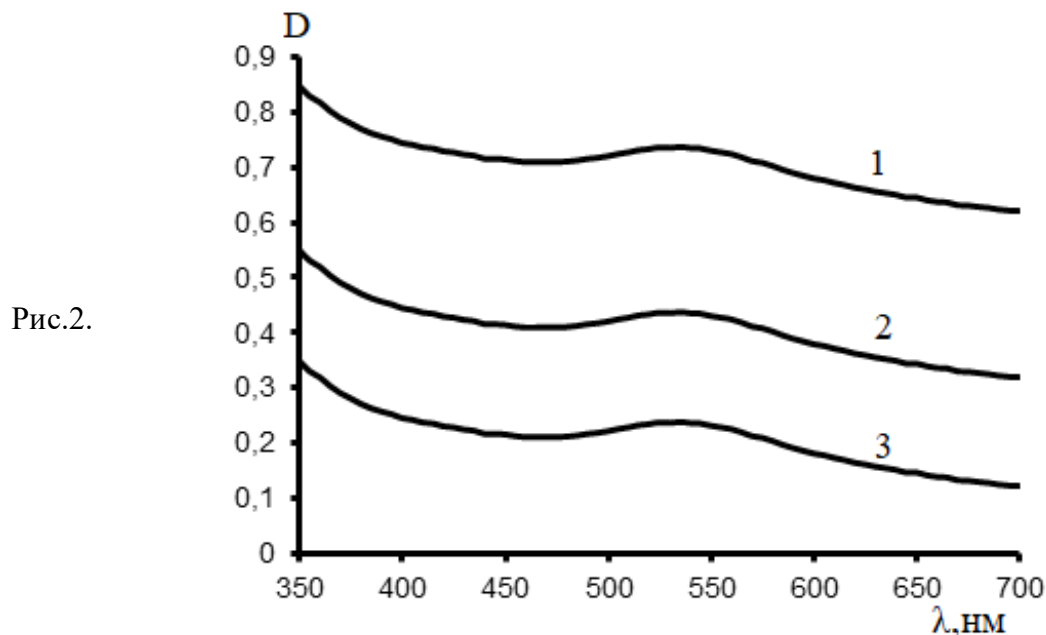
Совпадение частоты колебания поверхностного плазмона с частотой колебания падающего луча является причиной абсорбционного резонанса и рассеяния света, который называется поверхностно-плазмонным резонансом (ППР).

Поэтому характерной чертой наночастиц металлов является сильное и специфическое взаимодействие с электромагнитным излучением с образованием на спектрах поглощения наночастиц широкой полосы поверхностно-плазменного резонанса в видимой области или прилегающей к ней ближней УФ-области.

Оптические спектры коллоидных растворов наночастиц сплава Au(Cu), полученных в растворах ДДСА и БГДТМА приведены на рис.1 и 2.



Из рисунков видно, что при электроискровом диспергировании сплава Au(Cu), состоящего из 50% (масс.) золота и 50% (масс.) меди образуются наночастицы сплава на основе золота, поэтому на оптическом спектре коллоидных растворов этих наночастиц имеются максимумы поглощения электромагнитного излучения при длинах волн от 520 нм до 525 нм, что соответствует полосе ППР наночастиц золота.



Оптические спектры коллоидного раствора наночастиц сплава Au(Cu), полученного в растворе БГДТМА, через 1 (1), 4 (2) и 20 (3) суток после синтеза.

Ранее ранее показано, что при совместном электроискровом диспергировании Au и Cu происходит образование твердого раствора на основе золота Au(Cu). Известно, что согласно диаграмме состояния в системе Au-Cu существует практически непрерывный ряд твердого раствора между металлами, так как они имеют одинаковую гранецентрированную кубическую (ГЦК) решетку с близкими параметрами решетки [4, 18-21 с.]; [5, 992 с.]. Поэтому в оптических спектрах коллоидных растворов наночастиц системы Au-Cu, полученных методом электроискрового диспергирования, появляется полоса поглощения характерная для наночастиц золота.

Интенсивности полос ППР коллоидных растворов наночастиц системы Au-Cu уменьшается с течением времени (рис.1, 2; табл.).

Согласно закону Бугера-Беера [6, 288 с.] оптическая плотность раствора (D) зависит от концентрации оптически активного вещества:

$$D = k \cdot C \cdot l,$$

где  $k$  – молярный коэффициент поглощения оптически активного вещества,  $C$  – концентрация оптически активного вещества,  $l$  – толщина слоя раствора.

В коллоидных растворах наночастиц металлов оптически активными веществами являются наночастицы металлов, а интенсивности полосы ППР характеризует оптическая плотность данного коллоидного раствора. Чем больше значение оптической плотности коллоидного раствора наночастиц, т.е. интенсивности полосы ППР, тем больше концентрация наночастиц в растворе. Это позволяет оценить устойчивости коллоидного раствора наночастиц металлов по изменению оптической плотности этого раствора от времени.

Таблица. Зависимость оптической плотности (D) и максимума поглощения ( $\lambda_{\max}$ ) коллоидных растворов биметаллических наночастиц системы Au-Cu, полученных в растворах ДДСА и БГДТМА, от времени после синтеза

№	$\tau$ , сут	ДДСА			БГДТМА		
		$\lambda_{\max}$ , нм	D	Изменение D	$\lambda_{\max}$ , нм	D	Изменение D
1	1	520	0,732	-	525	0,737	-
2	4	520	0,511	1,43	525	0,437	1,18
3	20	520	0,211	3,47	525	0,238	3,09

Более интенсивное уменьшение оптической плотности наблюдается у коллоидного раствора наночастиц системы Au-Cu, полученного в растворе ДДСА. Оптическая плотность этого раствора через 4 и 20 суток после синтеза уменьшается 1,43 и 3,47 раза по сравнению с оптической плотностью через сутки после синтеза. Такая же закономерность наблюдается по уменьшению оптической плотности коллоидного раствора наночастиц системы Au-Cu, полученного в растворе БГДТМА (табл.). Уменьшение оптической плотности коллоидного раствора наночастиц системы Au-Cu, полученного в растворе БГДТМА на 0,25 и 0,38 раза меньше по сравнению с уменьшением оптической плотности коллоидного раствора наночастиц системы Au-Cu, полученного в растворе ДДСА. Что позволяет предположить о том, что коллоидный раствор наночастиц сплава Au(Cu),

полученный в растворе БГДТМА более устойчив чем коллоидный раствор наночастиц сплава Au(Cu), полученный в растворе ДДСА.

Таким образом, методом спектрофотометрии установлено, что при электроискровом диспергировании сплава Au(Cu), состоящего из 50% (масс.) золота и 50% (масс.) меди, в растворах поверхностно-активных веществ происходит образование коллоидных растворов наночастиц твердого раствора на основе золота. Поэтому коллоидные растворы характеризуются полосой поверхностного плазмонного резонанса, характерной для наночастиц золота с максимумами поглощения электромагнитного излучения при длинах волн 520-525 нм. Устойчивость коллоидных растворов наночастиц сплава системы Au-Cu зависит от природы поверхностно-активного вещества, используемого в качестве стабилизатора наночастиц. Интенсивности полос поверхностного плазмонного резонанса коллоидных растворов наночастиц системы Au-Cu уменьшается с течением времени. Уменьшение оптической плотности коллоидного раствора наночастиц сплава Au(Cu), полученного в растворе БГДТМА на 0,25 и 0,38 раза меньше по сравнению с уменьшением оптической плотности коллоидного раствора наночастиц сплава Au-Cu, полученного в растворе ДДСА.

#### Список использованной литературы

1. Кудрявцева Е.В., Буринская А.А. Экологичные способы получения биметаллических наночастиц медь-серебро в растворах // The scientific heritage, 2021, № 58. – С. 39-45.
2. Авчинникова, Е.А., Воробьева С.А. Синтез и свойства наночастиц меди, стабилизированных полиэтиленгликолем // Вестн. БГУ, 2013, сер. 7, № 3. – С. 12-16.
3. Мелебаев Д., Аманмадов А.Г., Гылыджова А. Определение размеров золотых наночастиц в коллоидных растворах методом динамического рассеяния света // Национальная ассоциация ученых (НАУ), 2022, т.80. – С. 6-12.
4. Адамбаева Ж.И., Сатывалдиев А.С. О возможности получения твердого раствора системы Au-Cu при совместном электроискровом диспергировании золота и меди // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана 2020. №11. – С.18-21.
5. Лякишев Н.П. Диаграммы состояния двойных металлических систем. – М.: Машиностроение, т.1, 1996. – 992 с.
6. Шаталов А.Я., Маршаков И.К. Практикум по физической химии. – М.: Высш. школа, 1975. – С. 288.

**Рецензент: кандидат химических наук Байзакова Г.Л.**