

Жыйынтыгында деңгээлдер боюнча берилген тексттерден маалыматты чечмелеп, илимий жана илимий эмес суроолорун негиздеп жыйынтык чыгарып, көйгөйлөрдү таап, аныктап алардын жообун негиздейт. PISA нын тесттик тапшырмасын аткарууда окуучулар ээ болуучу компетенттүүлүктөрү боюнча бааланат.

**Колдонулган адабияттар:**

1. Тагаева Г.С., Мамбетакунов У.Э.. PISA эл аралык изилдөөсүнө даярданабыз: КРнын мугалимдери үчүн методикалык колдонмо/Кырг.Респ.Билим берүү жана илим министрлиги. Кыргыз.Билим берүү академиясы. Б.:2019.-48 б.
2. Е.Син. д.п.н. проф., У.Мамбетакунов, вице-президент КАО, д.п.н. проф. Парадокс ницше (или готовы ли учителя к PISA). “Кут билим” 2021-жыл, 2-апрель, 8-9 бет, №13(10902).
3. Маалыматтык булактар Сайт - <https://www.oecd.org/pisa/>; <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
4. Мамбетакунов Э.М., Рязанцева В.А. Табият таануу: Орто мектептин 5-кл.үчүн окуу китеби. – Б.: “Инсанат”, 2017, – 160 б.

**References:**

1. Tagaeva G.S., Mambetkunov U.E.. We will prepare our own international study: a methodological guide for teachers of the Kyrgyz Republic / Kyrgyz Republic.Representative.Ministry of Education and Science. Kyrgyz Academy of Education. B.:2019.-48 p.
2. E.Grekh. Ph.D. prof., U.Mambetkunov, Vice-President of KAO, Ph.D. prof. Nietzsche's paradox (or are teachers ready for KDD). “Kut Bilim ” 2021 April 2, pp. 8-9, e 13(10902).
3. Website of information sources - <https://www.oecd.org/pisa/>; <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
4. Mambetkunov E.M. Ryazantseva V.A. Natural science: 5th grade of secondary school.textbook for. - B."Insanat", 2017, - 160 pages.

УДК 536.46:541.182

DOI 10.33514/ВК-1694-7711-2022-1 (1)-214-219

**Темирбаев К. Т., Бакенов Ж. Б., Акатова М. Б.**

И. Арабаев атындагы КМУ, биология жана химия факультети, химия жана аны окутуунун технологиясы кафедрасынын аспиранты

И. Арабаев атындагы КМУ, биология жана химия факультети, химия жана аны окутуунун технологиясы кафедрасынын доценттин м.а., х.и.к.,

И. Арабаев атындагы КМУ, биология жана химия факультети, химия жана аны окутуунун технологиясы кафедрасынын магистранты

**Темирбаев К. Т., Бакенов Ж. Б., Акатова М. Б.**

аспирант кафедрасы химии и технологии ее обучение, факультет биологии и химии, КГУ им.

И. Арабаева,

к.х.н., и.о. доцента кафедрасы химии и технологии ее обучение, факультет биологии и химии,

КГУ им. И. Арабаева,

магистрант кафедрасы химии и технологии ее обучение, факультет биологии и химии, КГУ

им. И. Арабаева

**Temirbaev K. T., Bakenov Zh. B., Akatova M. B.**

postgraduate student of the Department of Chemistry and Technology of its Training, Faculty of  
Biology and Chemistry, KSU I. Arabaev,

Candidate of Chemical Sciences, Acting Associate

Professor of the Department of Chemistry and Technology of its Training, Faculty of Biology and  
Chemistry, KSU I. Arabaev,

Master of the Department of Chemistry and  
Technology of its Training, Faculty of Biology and Chemistry, KSU I. Arabaev

**Al-Me СИСТЕМАЛАРЫН ЭЛЕКТР УЧКУНДУК ДИСПЕРСТӨӨДӨ БИМЕТАЛЛДЫК  
КОМПОЗИТТЕРДИ АЛУУ МҮМКҮНЧҮЛҮГҮ ЖӨНҮНДӨ  
О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ ПРИ  
ЭЛЕКТРОИСКРОВОМ ДИСПЕРГИРОВАНИИ СИСТЕМ Al-Me  
ON THE POSSIBILITY OF OBTAINING BIMETALLIC COMPOSITES BY ELECTRIC  
SPARK DISPERSION OF Al-Me SYSTEMS**

**Аннотация:** Al-Me системаларынын спиртте электр учкундук дисперстөө продуктуларынын фазалык курамы экинчи металлдын жаратылышынан көз карандылыгы рентген фазалык анализдин негизинде аныкталган. Алюминийди жез менен бирге спиртте электр учкундук дисперстөө продуктысы үч фазадан турат: алюминийдин жездеги катуу эритмесинен, металлдык алюминийден жана интерметаллдык кошулма  $Cu_9Al_4$  интерметаллдык кошулмасынан. Al-Fe системасынын продуктысы FeO оксидинен жана темирдин алюминийдеги катуу эритмесинен, ал эми Al-Ni системасынын продуктысы NiO оксидинен жана  $AlNi_3$  интерметаллдык кошулмасынан.

**Аннотация:** Методом рентгенофазового анализа установлено, что фазовый состав продуктов электроискрового диспергирования систем Al-Me в спирте зависит от природы второго металла. Продукт совместного электроискрового диспергирования алюминия и меди в спирте состоит из трех фаз: твердого раствора алюминия в меди, металлического алюминия и интерметаллическое соединение  $Cu_9Al_4$ . Продукт системы Al-Fe состоит из оксида и FeO и твердого раствора железа в алюминии, а продукт системы Al-Ni из оксида NiO и интерметаллического соединения  $AlNi_3$ .

**Annotation.** It has been established by X-ray phase analysis that the phase composition of the products of electrospark dispersion of Al-Me systems in alcohol depends on the nature of the second metal. The product of joint electrospark dispersion of aluminum with copper in alcohol consists of three phases: a solid solution of aluminum in copper, metallic aluminum, and an intermetallic compound  $Cu_9Al_4$ . The product of the Al-Fe system consists of oxide and FeO and a solid solution of iron in aluminum, and the product of the Al-Ni system consists of oxide NiO and the intermetallic compound  $AlNi_3$ .

**Негизги сөздөр:** электр учкундук дисперстөө, алюминий, жез, темир, никель, биметаллдык композиттер.

**Ключевые слова:** электроискровое диспергирование, алюминий, медь, железо, никель, биметаллические композиты.

**Key words:** electrospark dispersion, aluminum, copper, iron, nickel, bimetallic composites.

Диаграммы состояния бинарных систем Al-Cu, Al-Fe и Al-Ni достаточно сложные. Согласно диаграмме состояния в системе Al-Cu существуют пятнадцать фаз [1]. Две фазы являются твердыми растворами на основе меди и алюминия. Твердый раствор на основе Cu охватывает широкую область составов и с понижением температуры растворимость Al в Cu повышается. Максимальная растворимость алюминия при эвтектической температуре 565°C составляет 19,7% (ат.). Растворимость Cu в Al при эвтектической температуре 548°C составляет 2,48% (ат.) и уменьшается с понижением температуры.

В диаграмме состояния системы Al-Fe имеются несколько интерметаллические соединения ( $Fe_3Al$ ,  $FeAl_2$ ,  $Fe_2Al_5$ ,  $FeAl_3$ ) и твердые растворы на основе алюминия и железа [2]. В этой системе образуются твердые растворы алюминия в  $\alpha$ -Fe и  $\gamma$ -Fe. Твердый раствор Al в  $\alpha$ -Fe имеет объемноцентрированную кубическую решетку и максимальная растворимость Al в  $\alpha$ -Fe может составить 25% (ат.) при 520°C. Максимальная растворимость Al в  $\gamma$ -Fe составляет 1,28% (ат.) при 1150°C. Растворимость Fe в Al очень незначительная. Максимальная растворимость Fe в Al составляет 0,03% (ат.) при 625°C.

В системе Al-Ni алюминий и никель образуют между собой два твердых раствора и пять интерметаллидов:  $Al_3Ni$  ( $\beta$ -фаза),  $Al_3Ni_2$  ( $\gamma$ -фаза),  $AlNi$  ( $\delta$ -фаза) и  $AlNi_3$  ( $\epsilon$ -фаза) и  $Al_3Ni_5$  [3]. В системе Al-Ni имеется два типа твердых растворов: никеля в алюминии и алюминия в никеле. Растворимость никеля в алюминии невелика и составляет всего 0,05 вес. % при эвтектической температуре - 640°C, а растворимость алюминия в никеле составляет не более 3,85 вес. % при 500°C. Максимальная растворимость алюминия в никеле имеет место при температуре 1385°C и составляет, согласно диаграмме состояния, около 11 вес. %.

Поэтому определенный интерес представляет изучение фазового состава продуктов электроискрового диспергирования систем Al-Cu, Al-Fe и Al-Ni в этиловом спирте. В условиях электроискрового диспергирования в микрообъеме контактирующих электродов, под действием концентрированной энергии искрового разряда, происходит расплавление металлов. Под действием ударной волны искрового разряда расплавы металлов выбрасываются в объем реактора. При этом создается условие для образования твердых растворов, интерметаллидов и других соединений диспергируемых металлов [4].

Для получения продуктов электроискрового диспергирования систем Al-Cu, Al-Fe и Al-Ni использована лабораторная электроискровая установка с двумя электродами. Один электрод был изготовлен из алюминиевой пластинки, а второй электрод изготавливался из медных, или никелевых, или железных стержней. В качестве диэлектрической среды использован этиловый спирт (96%). Полученные продукты находятся в составе твердой фазы, которая отделяется от жидкой фазы центрифугированием и высушивается в сушильном шкафу при 70-80°C.

Фазовый состав полученных продуктов изучен методом рентгенофазового анализа, а их дифрактограммы сняты на дифрактометре ДРОН-3 с отфильтрованным медным излучением.

На рисунке представлены дифрактограммы продуктов электроискрового диспергирования систем Al-Cu, Al-Fe и Al-Ni в спирте, а результаты расчета дифрактограмм представлены в таблицах 1-3.

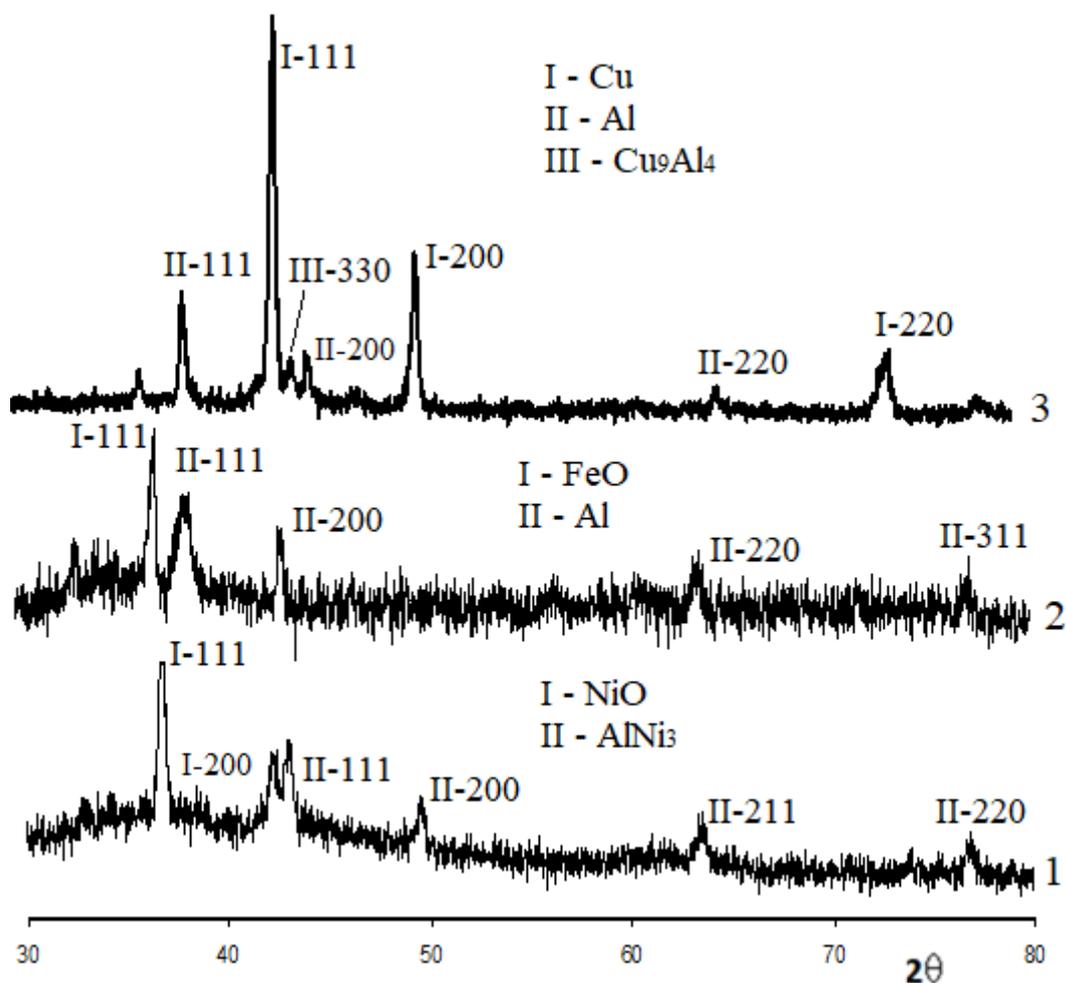


Рис. Дифрактограммы продуктов электроискрового диспергирования систем Al-Cu (1), Al-Fe (2) и Al-Ni (3) в спирте

Таблица 1

Результаты расчета дифрактограммы продукта электроискрового диспергирования системы Al-Cu в спирте

№	Экспериментальные данные		Фазовый состав					
			Cu(Al)		Al		Cu <sub>9</sub> Al <sub>4</sub>	
	I	d, A°	hkl	a, A°	hkl	a, A°	hkl	a, A°
1	29	2,3371			111	4,048		
2	100	2,0997	111	3,637				
3	10	2,0525					330	8,708
4	12	2,0212			200	4,042		
5	39	1,8186	200	3,637				
6	27	1,4269			220	4,036		
7	14	1,2830	220	3,629				
8	4	1,2158			311	4,032		

2-таблица

Результаты расчета дифрактограммы продукта электроискрового диспергирования системы Al-Fe в спирте

№	Эксперименталдык маалыматтар		Фазалык курамы			
	I	d, A°	Al		FeO	
			hkl	a, A°	hkl	a, A°
1	100	2,4422			111	4,230
2	72	2,3441	111	4,060		
3	55	2,1015			200	4,203
4	36	1,4621	210	4,135		
6	27	1,2408	311	4,115		

Главной фазой является металлическая медь, второй фазой – металлический алюминий. Эти фазы имеют гранцентрированную кубическую (ГЦК) решетку. Значение параметра решетки главной фазы  $a=3.634 \text{ \AA}$  значительно больше чем значение параметра решетки меди  $a=3.615 \text{ \AA}$  и меньше чем значение параметра решетки алюминия ( $a=4,041 \text{ \AA}$ ). Отсюда можно предположить о том, что данная фаза представляет собой твердый раствор алюминия в меди Cu(Al).

Анализ дифрактограмм показывает, что фазовый состав продуктов электроискрового диспергирования систем Al-Cu, Al-Fe и Al-Ni зависит от природы второго металла. Продукт электроискрового диспергирования системы Al-Cu в спирте состоит из трех фаз.

Как указывалось ранее максимальная растворимость алюминия в меди может составить до 19% (ат). Значение параметра решетки ( $a=4,040 \text{ \AA}$ ) второй фазы совпадает со значением параметра решетки металлического алюминия ( $a=4,041 \text{ \AA}$ ), поэтому данная фаза представляет собой металлический алюминий. В составе продукта в небольшом количестве содержится интерметаллическое соединение  $\text{Cu}_9\text{Al}_4$  с кубической решеткой (рис., табл.1).

По результатам рентгенофазового анализа продукт электроискрового диспергирования системы Al-Fe состоит из двух фаз (рис., табл.2). Основной фазой является оксид двухвалентной железа FeO, который имеет ГЦК-решетку. Вторая фаза также имеет ГЦК-решетку, а значение параметра решетки этой фазы составляет  $a=4,103 \text{ \AA}$  и что значительно больше значения параметра решетки металлического алюминия ( $a=4,041 \text{ \AA}$ ). Что указывает на то, что данная фаза не является чисто металлическим алюминием и не может быть твердым раствором замещения. Согласно литературным данным [2] растворимость Fe в Al очень незначительная. Поэтому можно предположить образование твердого раствора внедрения. Из-за неопределенности состава данной фазы и мы ее обозначим условно знаком алюминия Al.

Al-Ni системасынын спирте электр учкундук дисперстөө продуктысы да эки фазадан турат. Негизги фаза грандык борборлошкон кубдук кристаллдык торчого ээ никелдин оксиди, ал эми экинчи фаза  $\text{AlNi}_3$  интерметаллидик кошулмасы болот. Бул интерметаллид да грандык борборлошкон кубдук торчого ээ (сүрөт, 3-табл.).

При электроискровом диспергировании металлов, всегда существует химическое взаимодействие между диспергируемым металлом и продуктами разложения жидкой среды. При этом природа образуемого соединения зависит как от природы металла, так и от

природы жидкой среды. Поэтому при электроискровом диспергировании систем Al-Fe и Al-Ni в спирте образуются оксиды железа и никеля.

3-таблица

Результаты расчета дифрактограммы продукта электроискрового диспергирования системы Al-Ni в спирте

№	Эксперименталдык маалыматтар		Фазалык курамы			
	I	d, A°	AlNi <sub>3</sub>		NiO	
			hkl	a, A°	hkl	a, A°
1	100	2,4512			111	4,246
2	35	2,1346			200	4,269
3	44	2,0767	111	3,597		
4	27	1,8365	200	3,673		
5	21	1,4637	211	3,585		
6	27	1,2400	220	3,507		

Таким образом, методом рентгенофазового анализа установлено, что фазовый состав биметаллических композитов, полученных при электроискровом диспергировании систем Al-Cu, Al-Fe и Al-Ni в спирте зависит от природы второго металла. Композит электроискрового диспергирования системы Al-Cu в основном состоит из твердого раствора алюминия в меди и металлического алюминия. В составе композитов систем Al-Fe и Al-Ni, кроме оксидов железа и никеля, содержатся также твердый раствор на основе алюминия и интерметаллическое соединение AlNi<sub>3</sub>.

#### Список использованной литературы:

1. Диаграмма состояния двойных металлических систем: Справочник: В 3т.: Т.1/Под общ. ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1997.- С.135-139.
2. Диаграмма состояния двойных металлических систем: Справочник: В 3т.: Т.1/Под общ. ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1997.- С.144-148.
3. Диаграмма состояния двойных металлических систем: Справочник: В 3т.: Т.1/Под общ. ред. Н.П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1997.- С.183-185.
4. Сатывалдиев А., Асанов У.А. Электроэрозионный синтез соединений переходных металлов. – Бишкек: КГНУ, 1995. – 187 с.