

УДК 543.51:546.3-19

Жаснакунов Жанарбек Кубаналиевич

Химия илимдеринин кандидаты, И. Арабаев атындагы КМУ нун химия жана аны окутуунун технологиясы кафедрасынын доценти

Жаснакунов Жанарбек Кубаналиевич

Кандидат химических наук, доцент кафедры химии и технологии её обучения КГУ им. И. Арабаева

Zhasnakunov Zhanarbek Kubanalievich

Candidate of Chemical Sciences, Docent of the Department of Chemistry and Chemistry Teaching Methods, I. Arabaev Kyrgyz State University

Омекеева Наргиза Турсунбековна

И. Арабаев атындагы КМУнун магистранты

Омекеева Наргиза Турсунбековна

Магистрант КГУ им. И. Арабаева

Omekeeva Nargiza Tursunbekovna

Master's Student, I. Arabaev Kyrgyz State University

Фен Яли

И. Арабаев атындагы КМУнун PhD докторанты

Фен Яли

PhD докторант КГУ им. И. Арабаева

Feng Ya-Li

PhD Doctoral Student, I. Arabaev Kyrgyz State University

Ag- Sn СИСТЕМАСЫНЫН НАНОКОМПОЗИТТЕРИНИН БИОАКТИВДҮҮЛҮГҮ
БИОАКТИВНОСТЬ НАНОКОМПОЗИТОВ СИСТЕМЫ Ag-Sn
BIOACTIVITY OF Ag-Sn SYSTEM NANOCOMPOSITES

Аннотация. Күмүш менен калайды сууда электр учкундук дисперстөөдөн Ag_3Sn катуу эритмесинин, металлдык β -Sn калайды жана калайдын оксиддеринин нанобөлүкчөлөрү калыптанат. Алынган наноккомпозит өсүмдүктүн өнүмүнө жана өсүүсүнө тийгизген таасирин изилдөө үчүн буудайдын «Жигер» сортунун уруктары тандалып алынды. Суу чөйрөсүндө алынган күмүш менен калайдын наноккомпозити буудайдын өнүшүн жана өсүүсүн жогорулатты. жетиштүү активдүүлүктөгү таасир көрсөттү. Буудайдын сабагынын, тамырынын узундуктары жана жоондугу, контролдук варианттагы буудайга салыштырганда жогору болду. Суу чөйрөсүндө алынган күмүш менен калайдын наноккомпозитинин эритмесине чыланган уруктардын тамырынын өсүш узундугу, контролдук үлгүнүкүнө салыштырганда жогору болуп, эки жумада 11-13 см болгондугун жүргүзүлгөн тажырыйбалар көрсөттү. Суу чөйрөсүндө алынган Ag-Sn системасынын наноккомпозити, жогорку биологиялык активдүүлүккө ээ болоорун алынган натыйжалар көрсөттү.

Негизги сөздөр: Электр учкундук дисперстөө, күмүш, калай, фазалык курам, наноккомпозит, буудай, бинардык металл системалары, биологиялык активдүүлүк, дифрактограмма, нанобөлүкчөлөр, электроддор.

Аннотация. При совместном электроискровом диспергировании серебра и олова в воде формируются наночастицы твёрдого раствора Ag_3Sn , металлического β -Sn, а также оксиды олова. Полученные наноккомпозиты исследованы на биологическую активность с использованием семян пшеницы сорта «Жигер». Установлено, что наноккомпозиты Ag-Sn, синтезированные в водной среде, существенно повышают всхожесть семян и стимулируют

рост растений. По сравнению с контролем значительно увеличиваются длина и толщина корней побегов. Через две недели длина корней обработанных семян достигала 11–13 см, тогда как в контрольном варианте формировались более короткие и слабые корни. Полученные результаты свидетельствуют о высокой биологической активности нанокompозитов системы Ag–Sn.

Ключевые слова: электроискровое диспергирование, серебро, олово, фазовый состав, нанокompозит, пшеница, бинарные металлические системы, биологическая активность, дифрактограмма, наночастицы, электроды.

Abstract. During the simultaneous electro-spark dispersion of silver and tin in water, nanoparticles of the solid solution Ag_3Sn , metallic $\beta\text{-Sn}$, as well as tin oxides are formed. The obtained nanocomposites were studied for biological activity using wheat seeds of the “Zhiger” variety. It was found that Ag–Sn nanocomposites synthesized in an aqueous medium significantly increase seed germination and stimulate plant growth. Compared to the control, the length and thickness of seedling roots increased markedly. After two weeks, the root length of treated seeds reached 11–13 cm, whereas in the control variant shorter and weaker roots were formed. The obtained results indicate high biological activity of the Ag–Sn nanocomposite system.

Keywords: electrospark dispersion, silver, tin, phase composition, nanocomposite, wheat, binary metal systems, biological activity, diffraction pattern, nanoparticles, electrodes.

Одним из важных направлений современной химии является разработка новых многофункциональных материалов, отличающихся электропроводностью, устойчивостью к воздействию агрессивных сред и высокой каталитической активностью. К таким материалам относятся нанокompозиты на основе бинарных металлических систем Ag–Sn [1].

Одним из доступных и экономичных методов получения нанокompозитов бинарных металлов является электроискровое диспергирование. Этот способ позволяет сочетать интенсивное температурно-деформационное воздействие при формировании наноструктур с высокой технологичностью процесса. Известно, что при электроискровой обработке продукты эрозии формируются в условиях высоких температур, давлений и значительных скоростей охлаждения. Такие параметры создают благоприятные условия для образования энергонасыщенных, высокодисперсных наночастиц, характеризующихся широким набором структурных состояний и свойств [2].

В связи с этим целью данной работы является получение нанокompозитов бинарной системы Ag–Sn методом электроискрового

диспергирования и исследование их свойств.

Для получения нанокompозитов бинарной металлической системы Ag–Sn методом совместного электроискрового диспергирования была использована лабораторная установка, в которой искровой разряд формировался с помощью RC-генератора. Разряд возникнет при подключении конденсатора ёмкостью 2 мкФ. В качестве электродов служили стержни: один из серебра, другой — из олова [3].

Образующиеся в процессе диспергирования продукты находятся преимущественно в твёрдой фазе, поэтому твёрдую фазу отделяли от жидкой путём декантации. Полученный осадок промывали спиртом и высушивали в сушильном шкафу при температуре 70–80°C.

Фазовый состав синтезированного материала исследовали методом рентгенофазового анализа. Съёмка дифрактограмм проводилась на дифрактометре RINT-2500 HV с использованием медного отфильтрованного излучения.

Дифрактограмма образца, полученного при совместном электроискровом диспергировании серебра и олова в водной среде, представлена на рисунке, а результаты вычислений — в таблице 1.

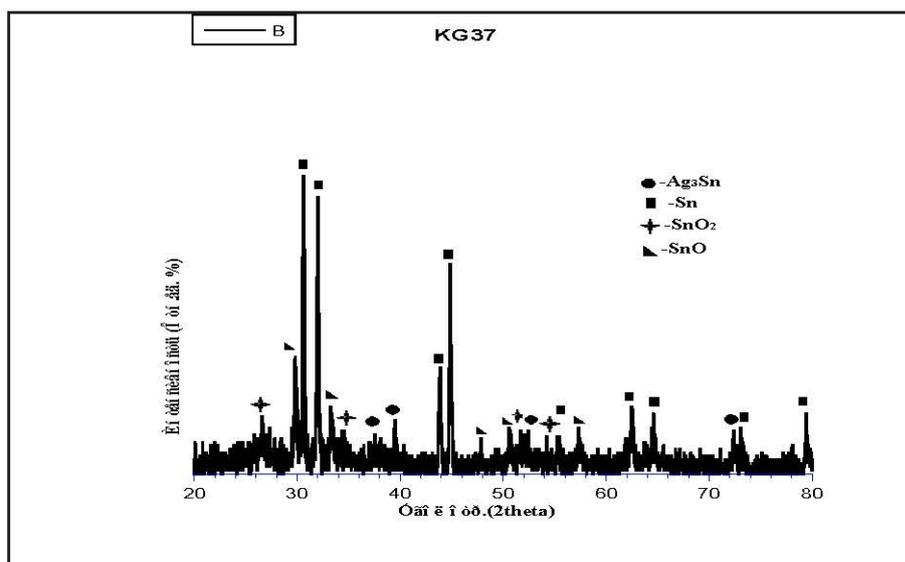


Рис.1. Диффрактограмма продукта совместного электроискрового диспергирования серебра и олова в воде

Результаты расчётов диффрактограмм продуктов совместного электроискрового диспергирования серебра и олова в водной среде показывают, что полученный материал представлен наночастицами β -Sn и интерметаллидной фазой Ag_3Sn . Кроме того, в образце выявлены небольшие количества оксидов олова — двухвалентного SnO и четырёхвалентного SnO_2 (табл. 1).

В системе Ag–Sn формируются твёрдые растворы на основе серебра и олова, соответствующие фазам ζ -(Ag_5Sn) и ε -(Ag_3Sn). Фаза ε - Ag_3Sn образуется в результате перитектического превращения $\text{Ж} + \zeta \rightarrow \varepsilon$ при 480 °C и содержании около 25 ат.% Sn; область её гомогенности составляет 23,7–25 ат.% Sn. Эвтектическая смесь ε - $\text{Ag}_3\text{Sn} + \text{Sn}$ формируется при 221 °C и включает 96,2 ат.% Sn [4].

Таблица 1. Результаты расчета диффрактограммы продукта совместного электроискрового диспергирования серебра и олова в воде.

№	Экспериментальные данные			Фазовый состав			
				β -Sn	γ - Ag_3Sn	SnO	SnO_2
	2 θ	d, Å	I	hkl	hkl	hkl	hkl
1	26,58	3,3534	19				202
2	29,78	3	38			202	
3	30,64	2,9177	100	200			
4	32,02	2,7951	93	101			
5	33,26	2,6936	23			004	
6	34,3	2,6143	13				004
7	37,56	2,3945	13		002		
8	39,52	2,2802	18		111		
9	43,88	2,0632	36	220			
10	44,86	2,0204	70	211			
11	47,9	1,899	12			122	
12	50,58	1,8045	15			220	
13	51,74	1,76676	14		112		
14	52,42	1,7454	14				122
15	54,22	1,69166	13				220
16	55,3	1,66115	17	301			
17	57,3	1,6078	15			222	

По данным работы [5], во всех сплавах системы Ag–Sn присутствуют диоксид олова и металлическое серебро. Поскольку серебро обладает способностью активно поглощать кислород, в расплаве Ag–Sn формируется выраженная пористость. В связи с этим увеличение содержания серебра приводит к росту количества поглощаемого кислорода. При достижении определённой концентрации серебра приток кислорода становится настолько большим, что вызывает интенсивное и практически

неконтролируемое окисление сплава. Такое явление наблюдается тогда, когда материал превращается в пористый слой и теряет свои защитные характеристики.

В таблице 2 представлено содержание металлов в продуктах совместного электроискрового диспергирования серебра и олова. Данные значения рассчитаны на основе изменения массы электродов в ходе диспергирования, определяемого взвешиванием электродов до и после проведения процесса.

Таблица 2. Содержание металлов в составе продуктов совместного электроискрового диспергирования серебра и олова в воде

Металлы	Содержание металлов	
	в г	в атом. %
Серебро	0,52	21
Олово	2,15	79

Из данных Таблицы 2 видно, что в продуктах диспергирования содержание серебра составляет 0,52 г, а олова — 2,15 г. Это свидетельствует о том, что при совместном электроискровом диспергировании диспергируемость олова значительно выше, чем у серебра. В результате в составе продукта, кроме соединения Ag_3Sn , формируется также β -Sn.

Согласно работе [6], ликвидус кристаллизации соединения Ag_3Sn соответствует концентрации серебра менее 50,4 ат.%, тогда как для Ag_5Sn он находится в диапазоне 50,4–80,5 ат.% серебра, то есть в области, где система проявляет склонность к окислению.

При совместном диспергировании серебра и олова в воде атомное соотношение Ag:Sn составляет 21:79 (Табл. 2), то есть атомов олова значительно больше, чем атомов серебра. Поэтому на дифрактограмме образца отсутствуют линии, характерные для монометаллического серебра.

Известно, что при формировании наночастиц бинарных металлических систем основным механизмом структурной перестройки является образование биметаллических наночастиц, в центрах которых преимущественно располагаются атомы

Ag. Такой процесс происходит за счёт распределения атомов разных сортов при обязательном наличии атома меньшего размера в центре [8].

Таким образом, установлено, что при совместном электроискровом диспергировании серебра и олова в воде формируются наночастицы твердого раствора Ag_3Sn , металлического олова β -Sn, а также оксиды двухвалентного и трёхвалентного олова.

Для оценки фиторегуляторной активности и фитотоксичности нанокompозитов серебра и олова были подготовлены их суспензии в концентрациях 1 мг, 2,5 мг и 5 мг на 1 мл дистиллированной воды. Растворы нанокompозитов системы Ag–Sn готовили из порошка, полученного методом электроискрового диспергирования в водной среде.

Для изучения влияния нанокompозитов на всхожесть и рост растений использовали семена пшеницы сорта «Жигер». Семена выдерживали в 20 мл растворов, содержащих 1 мг, 2,5 мг или 5 мг наночастиц, в течение 1 часа. После этого их просушивали на фильтровальной бумаге и высаживали в подготовленную почву в теплице. После

появления ростков проводили фенологические наблюдения за их развитием на протяжении 2 недель. В качестве контроля

использовали семена, замоченные в чистой воде. На рис.3. приведены всхожесть и рост пшеницы сорта «Жигер».



Рис.3. Всхожесть и рост семян пшеницы, обработанных с наноккомпозитом серебра и олова, а также контрольным образцом.

Согласно рис. 3, исследуемый наноккомпозит оказывает выраженное стимулирующее влияние на всхожесть и рост семян пшеницы. Таким образом, наноккомпозиты серебра и олова, синтезированные в водной среде, демонстрируют значительное положи-

тельное воздействие на всхожесть и развитие пшеницы (рис. 4, табл. 3). В сравнении с контрольным образцом, обработанные раствором наноккомпозита растения имеют более длинные и толстые корни, тогда как у контрольных растений корни остаются короткими, тонкими и слабыми.



Рис.4. Всхожесть и рост семян пшеницы, обработанных раствором с наночастицами композитов системы Ag-Sn и чистой воды.

Таблица 3. Ростстимулирующий эффект нанокompозита системы Ag-Sn (1 мг/20 мл) на семена пшеницы

Название образцов	Длина корней (см)	Длина стеблей (см)	Всхожесть (см)
Контроль	12 см	2-3 см	10 см
Ag – Sn (вода)	22 см	13 см	12 см

Результаты нашего исследования показали, что предпосевная обработка семян пшеницы растворами нанокompозитов серебра и олова увеличивает всхожесть семян в 1,5–1,7 раза по сравнению с контролем (рис. 4, табл. 3). Эксперименты также показали, что длина корней проростков семян, обработанных раствором нанокompозита Ag-Sn в воде, превышала показатели контрольного образца, достигая через 2 недели 11–13 см.

Отметим, что приведенные данные получены при концентрации нанокompозитов 2,5 мг на 20 мл воды. При увеличении содержания металлов до 5 мг наблюдалось торможение роста растений и снижение всхожести.

Таким образом, нанокompозиты системы Ag-Sn, синтезированные методом электроискрового диспергирования в водной среде, проявляют высокую биологическую активность и существенно стимулируют всхожесть и рост пшеницы. По сравнению с контролем значительно увеличиваются длина и толщина корней проростков.

Литература

1. Мастеров В. А. Серебро, сплавы и биметаллы на его основе / В. А. Мастеров, Ю. В. Саксонов. – М.: Металлургия, 1979. – 296 с.
2. Сатывалдиев А. С., Асанов У. А. Электроэрозионный синтез соединений переходных металлов. – Бишкек: КГНУ, 1995. – 187 с.
3. Жаснакунов Ж.К., Таабалдиева Г.Т. Фазовый состав и дисперсность нанокompозита серебра и никеля, синтезированного методом химического восстановления // Вестник КГУ им. И. Арабаева, журнал, 2023, выпуск 1. – Бишкек, – С. 320 - 325.
4. Диаграммы состояния двойных металлических систем Справочник: в 3 т.: Т. 1 / Под. общ. ред. Н. П. Лякишева. – М.: Машиностроение, 1996. – 992 с.: ил.
5. Денисова Л. Т., Биронт В. С., Денисов В. М., Зеер Г. М., Осипович Т. В., Кирик С. Д. О катастрофическом окислении расплавов Ag-Sn // Journal of Siberian Federal University, Engineering & Technologies 2009, Vol. 3, №2. - P. 283–293.
6. Арсентьев П. П., Коледов Л. А. Металлические расплавы и их свойства. М.: Металлургия, 1976. 376 с.
7. Xia L., Hu X., Kang X., Zhao H., Sun M., Cihen X. A one-step facile synthesis of Ag-Ni core-shell nanoparticles in water-in-oil microemulsions. // J. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering aspects 2010. V. 367. - P. 96-101.
8. Peng Y.-H., Yang C.-H., Chen K.-T., Popuri S. R., Lee C.-H., and Tang B.-S. Study on synthesis of ultrafine Cu-Ag core-shell powders with high electrical Conductivity // Applied Surface Science 2012. vol. 263, №15. - P. 38–44.