

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОНДЕНСАТОВ Ag–NaCl И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОЛЛОИДНОЙ СИСТЕМЫ НА ИХ ОСНОВЕ

Г. Г. Дидикин¹, И. Н. Андрусишина², С. Е. Литвин¹, Л. А. Крушинская¹, В. В. Грабин¹

¹Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины.

03680, г. Киев-150, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

²ГУ «Институт медицины труда НАМН Украины».

01033, г. Киев, ул. Сакаганского, 75, Украина. E-mail: yik@nanu.kiev.ua

На основе пористых конденсатов композиции NaCl–Ag, синтезированных электронно-лучевым испарением и конденсацией в вакууме, получены стабильные водные коллоидные системы с наночастицами серебра. Стабилизация наночастиц в водных коллоидах производилась с помощью сывроточного альбумина человека. При внесении серебра в виде измельченного конденсата NaCl–Ag в количестве 100 мг/л в водный (0,1...1,0 %) раствор альбумина, в полученной гетерогенной системе доля наночастиц серебра, переходящих в коллоид, определяется концентрацией альбумина в растворе и кислотностью раствора (рН). Стабильное значение среднего размера частиц (6...10 нм) во времени и максимальная их доля достигаются в водном коллоидном растворе, содержащем 110 мг/л альбумина при его кислотности в диапазоне значений рН = 7,1...7,7. При повышении рН среды доля наночастиц серебра в коллоиде понижалась до 2 мг/л и оставалась неизменной вплоть до рН = 10. Библиогр. 23, ил. 7.

Ключевые слова: EB PVD; конденсаты; наночастицы; серебро; альбумин; коллоид; кислотность

Введение. Интерес к изучению наноразмерных частиц (НЧ) связан с тем, что у них обнаружены особые механические, оптические, электрические и магнитные свойства, отличные от свойств обычных макрочастиц [1–8]. Исследования, проводимые в течение последних десяти лет, показали высокую эффективность применения наноразмерных частиц биологически активных металлов в медицине, биологии, ветеринарии и сельском хозяйстве [2–4, 6–10].

В числе наноматериалов, которые производятся отечественной промышленностью, особое внимание привлекают препараты наночастиц биоцидных металлов как альтернатива традиционным антимикробным, противогрибковым и дезинфицирующим средствам. Наночастицы металлов уже используются как маркеры в диагностике и лечении различных (в том числе онкологических) заболеваний, в иммунохимических методах, при создании искусственных костных имплантов, для повышения эффективности и уменьшения побочных эффектов в радиотерапии опухолей, в генной инженерии, в качестве сорбентов, стимуляторов роста растений, входят в состав минеральных удобрений [2, 6, 9, 11].

При этом актуален поиск органических коллоидных дисперсий, стабилизированных поверхностно-активными веществами, пригодных для

применения в медицине, и обеспечение их химической и агрегативной стабильности в процессе синтеза и последующем использовании, а также стандартизация методик экспериментов *in vitro* и *in vivo*, разработка критериев безопасности и допустимых порогов токсичности наночастиц металлов.

В настоящее время разработан ряд методов получения наночастиц. С точки зрения возможностей промышленного производства наноматериалов в Украине сегодня наиболее развиты нанотехнологии, базирующиеся на физических методах их получения. Одним из перспективных направлений в технологии получения металлических порошков, наночастиц металлов, их оксидов являются процессы электронно-лучевого испарения металлов в вакууме и конденсации их паров на подложке (EB PVD) с образованием частиц требуемой дисперсности в материале носителя (нанокомпозита) [12].

Целью настоящего исследования является получение и исследование физико-химических свойств коллоидной системы H₂O–альбумин–Ag–NaCl с использованием наночастиц серебра, синтезируемых методом EB PVD.

Экспериментальная часть. Конденсаты с наночастицами серебра получали осаждением смешанных молекулярных потоков Ag и соли NaCl в вакуумной электронно-лучевой установке ИЭС

им. Е. О. Патона НАН Украины [13] на охлаждаемую медную подложку. Температура конденсации составляла 25...45 °С [10].

Интегральный состав полученных конденсатов определяли с помощью рентгеновского флуоресцентного спектрометра X'Unique II фирмы Филипс (Голландия). Структуру полученного конденсата и порошка, полученного измельчением конденсата в агатовой ступке, исследовали с помощью растровой электронной микроскопии (РЭМ) на CamScan 4D (Великобритания) в режиме вторичной эмиссии упруго-отраженных электронов, а тонкую структуру – с помощью трансмиссионной электронной микроскопии (ТЭМ) на приборе Н-800 фирмы Hitachi (Япония) при ускоряющем напряжении 100 кВ.

Исследуемые коллоидные растворы с наночастицами серебра готовили на основе сывороточного альбумина человека (далее альбумин) с молекулярной массой 66000 Да, дистиллированной воды и порошковой субстанции NaCl–Ag. Размер наночастиц Ag в коллоидных системах H₂O–альбумин–Ag–NaCl определяли методом фотонной корреляционной спектроскопии на лазерном корреляционном спектрометре Zeta Sizer-3 фирмы Malvern (Великобритания) [14, 15]. Концентрацию серебра в исследуемых коллоидах определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (АЭС-ИСП) на приборе Optima 2100 DV фирмы Perkin Elmer (США) в соответствии с методами [16, 17].

Результаты и обсуждение. После отделения от медной водоохлаждаемой подложки конденсаты NaCl–Ag имели вид пластин размером 1...2 мм, толщиной 80...120 мкм (рис. 1, а) и поперечный излом, характерный для 1-ой структурной зоны [18] (рис. 1, б). Гранулометрический состав полученного порошка приведен на рис. 2. Усредненный состав исследуемого конденсата NaCl–Ag следующий, мас. %, ат. %: Ag — 22 ± 3, 6,5 ± 0,5; О — 3,0 ± 0,5, 5 ± 1; NaCl — 75 ± 4, 88,5 ± 4 соответственно.

С помощью ТЭМ изучена тонкая структура (рис. 1, в) субстанции NaCl–Ag, которая подтвердила наличие в ней частиц серебра наноразмерной величины. Для лучшего растворения в системе альбумин–H₂O конденсат измельчали в агатовой ступке до порошкообразного состояния (рис. 2).

Важным моментом в процессе исследований был выбор дисперсной системы. Требовалось получить коллоидные системы, которые имели бы стабильные характеристики размеров и концентрации во времени, что является определяющим

для использования наночастиц металлов в биологии и медицине. В качестве модельной дисперсионной среды использовали растворы альбумина, используемые в медицине как гемодинамические и детоксикационные средства [19–23].

В ходе предварительной разработки коллоидной системы (использовали ПВП, глицерин и др.)

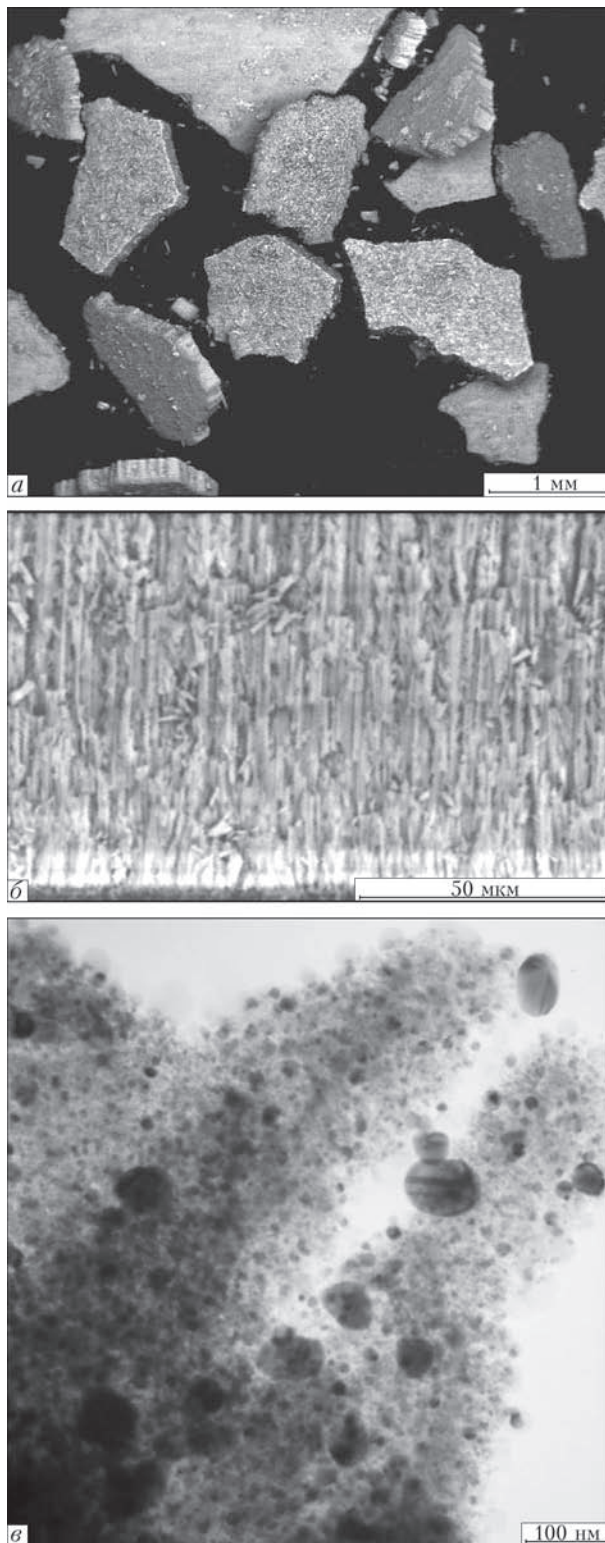
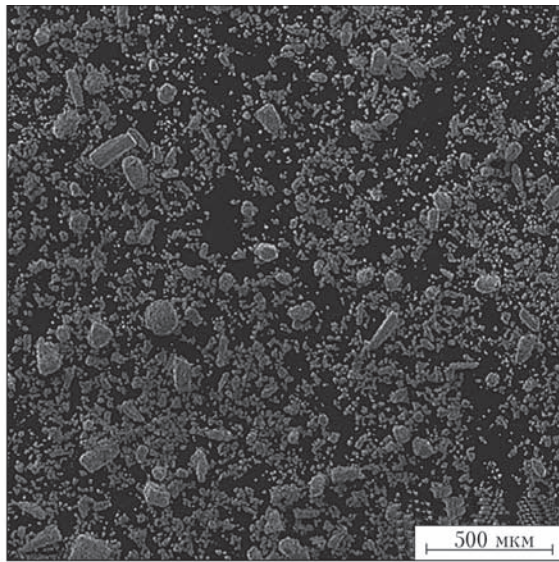


Рис. 1. Структура конденсатов NaCl–22 мас. % Ag: а — после отделения от подложки; б — в изломе; в — на просвет (видны двойники кристаллической структуры серебра)

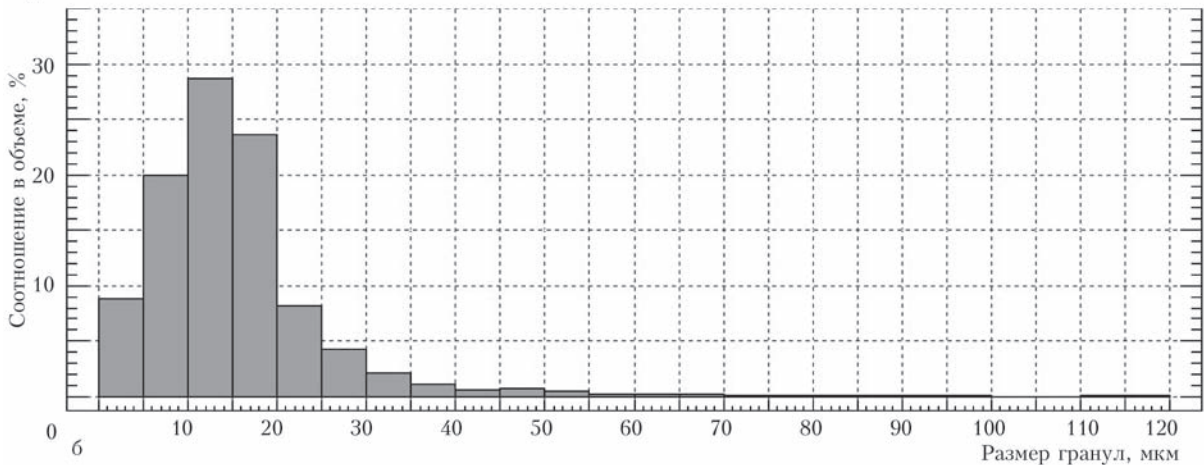


Число гранул*	5 428 шт.
Средний размер**	15,4 мкм
Стандартное отклонение	10,8 мкм
Вариация (разброс)	70,4 %
Минимум	2,8 мкм
Максимум	116,7 мкм
Разброс	113,9 мкм
Асимметрия	95,5922
Ширина	258,213

* Площадь измерения 4 мм²

** 95%-ный доверительный интервал для среднего значения гранул 15,41 ± 0,29 мкм

a



б

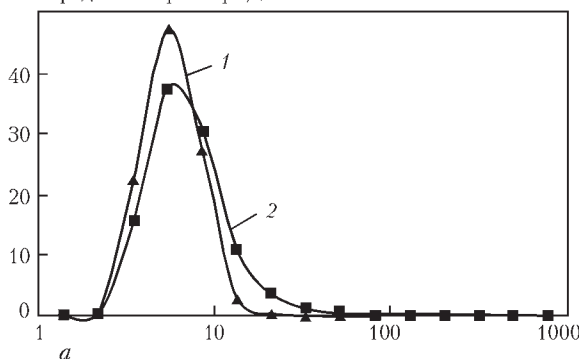
Рис. 2. Гранулометрический состав порошка конденсата NaCl–22 мас. % Ag: *a* — структура после измельчения; *б* — гистограмма распределения частиц

с наночастицами серебра наиболее стабильные характеристики размеров и концентрации во времени получены в системе H₂O–альбумин–Ag–NaCl. Как известно, раствор альбумина представляет комфортную модель для изучения молекулярных взаимодействий наночастиц [19–23].

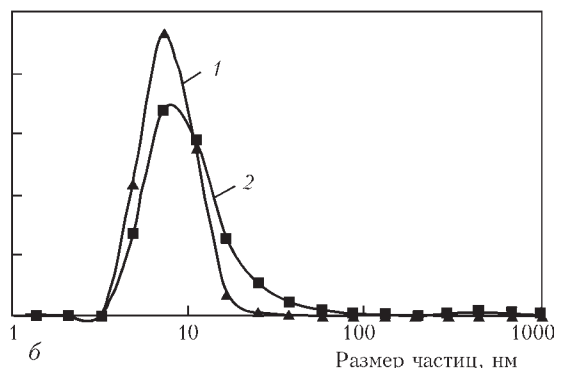
Контроль кислотности (pH) растворов является одним из самых важных рабочих показателей,

который в значительной мере определяет характер химических и биологических процессов. В зависимости от величины pH может меняться скорость протекания химических реакций и токсичность растворов [6]. Кислотность является определяющим показателем комплексобразования, солюбилизации или мицеллообразования коллоидов на основе Ag.

Распределение размера, %



a



б

Рис. 3. Распределение размера частиц по количеству (1) и объему (2) в 0,1%-ном (*a*) и 1,0%-ном (*б*) водных коллоидах альбумина при внесенном количестве Ag 100 мг/л

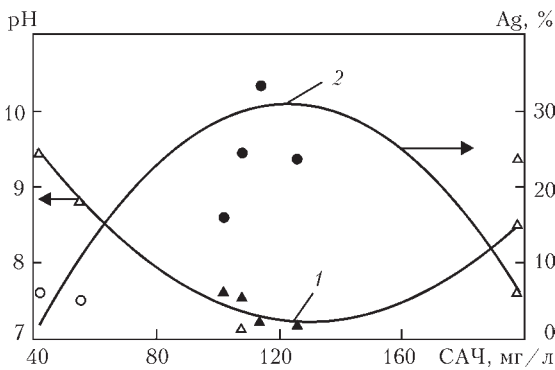


Рис. 4. Зависимость кислотности раствора (1) и относительной доли серебра (2), перешедшего в водный раствор альбумина от содержания альбумина в растворе: ●, ▲ — приготовленные 1,0%-ные; Δ — 0,1%-ные растворы альбумина соответственно

На рис. 3 приведены результаты распределения размера частиц по объему и количеству в коллоидных композитах с наночастицами Ag в количестве 100 мг/л, приготовленных на основе водных растворов с 0,1 и 1,0 % альбумина. Важно отметить внешнее сходство кривых распределения (рис. 3, а, б), близкие значения pH (7,6 и 7,2) и содержания альбумина (198 и 108 мг/л). Однако интенсивность рассеяния лазерного луча в 1%-ном коллоидном растворе альбумина более чем в 5 раз выше (87 и 450 КСps) при превышающей в 12 раз концентрации Ag в коллоиде (3,8 и 46,1 мг/л).

Таким образом, увеличение концентрации альбумина в растворе сопровождается ростом содержания в нем наночастиц серебра. При этом их размер в коллоидном растворе составил 5 и 7 нм.

Кислотность растворов зависит от содержания в них альбумина. На рис. 4 (кривая 1) приведена зависимость pH от содержания альбумина в коллоидном растворе с наночастицами Ag. При содержании альбумина 140 мг/л зависимость pH имеет минимум, равный 7,1, что соответствует нейтральной кислотности раствора. На графике зависимости количества серебра, перешедшего в коллоидный раствор, от измеренного содержания альбумина имеем выраженный максимум при pH равной 7,1 (рис. 4, кривая 2). Следовательно, в коллоидных растворах с pH от 7,1 до 7,7 наблюдается оптимальная стабилизация НЧ серебра.

На рис. 5 приведена зависимость доли серебра, перешедшего в коллоидный раствор альбумина из порошка NaCl–22 мас. % Ag, от pH раствора. Как видно, с увеличением pH раствора наблюдается тенденция к понижению количества серебра в системе, т. е. снижается ее стабилизирующая способность (по отношению к наночастицам серебра) и часть серебра выпадает в осадок. Растворы, содержащие 0,1 % альбумина, обладают понижен-

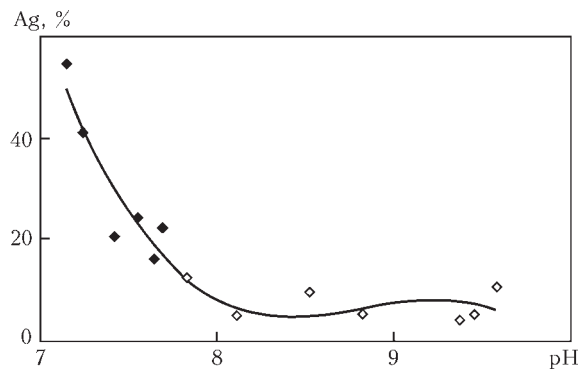


Рис. 5. Относительная доля серебра, перешедшая в водный раствор альбумина при растворении измельченного композита NaCl–22 мас. % Ag, в зависимости от pH раствора: ◆ — 1,0%-ный; ◇ — 0,1%-ный раствор альбумина

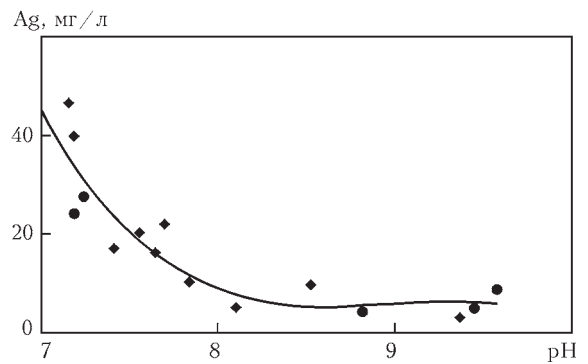


Рис. 6. Количество серебра, перешедшего в водный раствор альбумина при растворении измельченного конденсата NaCl–22 мас. % Ag, в зависимости от pH раствора: ◆ — через 6 суток; ● — через 21 сутки после приготовления

ными (по сравнению с 1%-ным раствором) характеристиками стабильности в отношении НЧ Ag.

На рис. 6 показана зависимость измеренного количества серебра, перешедшего в водный раствор альбумина при растворении измельченного конденсата, от pH раствора для 0,1%-ного и 1,0%-ного раствора альбумина (количество вводимого серебра 100 мг/л). При этом следует отметить стабильность коллоидной системы во времени: через 6 и 21 сутки концентрация Ag и pH оставались практически неизменными.

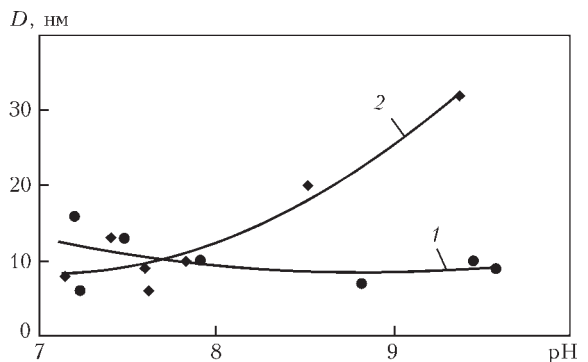


Рис. 7. Средний размер D частиц серебра в водном растворе альбумина композита NaCl–22 мас. % Ag в зависимости от pH раствора: 1 — 1,0 %-ный; 2 — 0,1%-ный раствор альбумина

Установлено, что средний измеренный размер наночастиц серебра зависит от величины рН. В частности, приведенная на рис. 7 зависимость свидетельствует об увеличении среднего размера частиц с увеличением рН для 0,1%-ного раствора альбумина.

Таким образом, подбором коллоидной системы и растворением композита системы NaCl–Ag с НЧ серебра в жидкой среде, содержащей высокомолекулярные вещества, модифицирующие поверхность НЧ, можно изменять гидродинамический размер наночастиц и повышать их концентрацию до уровня, обеспечивающего биологическую активность.

Выводы

1. С помощью технологии электронно-лучевого испарения и конденсации в вакууме получены композиты системы NaCl–Ag, содержащие наночастицы серебра.

2. При их растворении в водных коллоидных растворах альбумина концентрация серебра в полученной гетерогенной системе определяется двумя факторами: концентрацией альбумина в растворе и рН раствора.

3. Стабильные значения во времени среднего измеренного размера наночастиц серебра, равные 6...10 нм, и максимальная их доля, перешедшая в раствор, достигаются в водном коллоидном растворе, содержащем 100...120 мг/л альбумина при его кислотности в диапазоне значений 7,1...7,7. С повышением рН среды до значений $\text{pH} \leq 10$ доля наночастиц серебра, перешедших в коллоидный раствор, резко понижается и остается неизменной.

4. Стабильной во времени является гетерогенная система, полученная растворением измельченного конденсата композиции NaCl–Ag в 1%-ном водном растворе альбумина.

5. Подбором состава коллоидной системы и растворением в ней конденсатов, содержащих НЧ серебра, можно управлять гидродинамическим размером НЧ серебра и повышать их концентрацию до уровня, обеспечивающего биологическую активность системы.

Список литературы

1. Сергеев Г. Б. Нанохимия металлов // Успехи химии. — 2001. — Т. 70, № 10. — С. 915–933.
2. Ульберг З., Грузина Т., Карпов О. Нанотехнології в медицині: роль колоїдно-хімічних процесів // Вісник НАН України. — 2008. — № 8. — С. 28–41.
3. Губин С. П., Юрков Г. Ю., Катаева Н. А. Наночастицы благородных металлов и материалы на их основе. — Москва: ИОНХ РАН, 2006. — 155 с.

4. *Наносеребро*: технологии получения, фармакологические свойства, показания к применению / И. С. Чекман и др. // Препарати і технології. — 2008. — № 3. — С. 32–34.
5. Еришов Б. Г. Наночастицы металлов в водных растворах: электронные, оптические и каталитические свойства // Российский химический журнал. — 2001. — Т. 14, № 3. — С. 20–30.
6. *Nanoparticles*: structure, properties, preparation and behavior in environmental media / P. Christian et al. // *Ecotoxicology*. — 2008. — V. 17. — P. 326–343.
7. *Nanoparticles* and characterization methodologies in environmental risk assessment of engineering nanoparticles / M. Haselov et al. // *Ibid.* — 2008. — № 14. — P. 344–361.
8. Chen J. Ch., Wiley B. J., Xia Yu. One-dimensional nanostructures of metals: large-scale synthesis and some potential applications // *Langmir*. — 2007. — № 23. — P. 4120–4129.
9. *Получение и применение наночастиц, содержащих медь и серебро* / К. Г. Лопатько и др. // Тр. Института проблем материаловедения. — 2010. — № 1. — С. 232–243.
10. *An investigation of the interaction between polyvinylpyrrolidone and metal cations* / L. Manhong et al. // *React. Funct. Polym.* — 2000. — V. 44, № 1. — P. 55–64.
11. *Negligible particle-specific antibacterial activity of silver* / Zong-ming Xiu et al. // *Nano Lett.* — 2012. — V. 40, № 30. — P. 301–305.
12. Пат. 75670 Україна, МПК В82В 3/00, С23С 14/24, В01J 13/00. Спосіб одержання колоїдного розчину срібла / Б. О. Мовчан та ін. — Опубл. 10.12.12. Бюл. № 23.
13. Спосіб одержання наночастинок системи метал–кисень із заданим складом електронно-променевим випаровуванням і конденсацією у вакуумі // Патент України на винахід № 92556, бюлетень № 21 від 10.11.2010.
14. *Лазерная корреляционная спектроскопия в биологии* / А. Д. Лебедев и др. — Киев: Наукова думка, 1987. — 256 с.
15. *Henk G. Merkus. Particle Size Measurements. Fundamentals, Practice, Quality.* — Springer, 2009. — 533 p.
16. *Методические указания 4.1.1482–03 «Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой и массспектрометрии с индуктивно-связанной плазмой».* — Москва: Минздрав России, 2003. — 16 с.
17. *Томсон М., Уолли Д. Н. Руководство по спектрометрическому анализу с индуктивно-связанной плазмой.* — Москва: Недра, 1988. — 287 с.
18. *Мовчан Б. А. Электронно-лучевая гибридная нанотехнология осаждения неорганических материалов в вакууме* // Актуальные проблемы современного материаловедения. — Київ: Видавничий Дім «Академперіодика», 2008. — С. 227–247.
19. *Стабилизация частично-окисленных наночастиц серебра сывороточным альбумином человека* / А. И. Степура и др. // Матер. межд. конф. «Лекарственные средства и биологически активные соединения», Гродно, 2007. — С. 159–161.
20. *The formation and properties of dextran-albumine nanostructure on the glass surface* / Y. Stetychyn et al. // *Ukrainian-German Symposium on physics and chemistry of nanostructures and on nanobiotechnology: Book abstract.* — Crimea, 2010. — P. 31.
21. *Silver nanoparticles: synthesis, dissolution and toxicity* / J. Diendorf et al. // *Ibid.* — P. 20.
22. *An investigation of the interaction between polyvinylpyrrolidone and metal cations* / L. Manhong et al. // *Reactive and functional polymers.* — 2000. — V. 44 (1). — P. 55–56.

23. *Minchenko D., Bozhko I., Zinchenko T.* Expression of SNF1/AMPactivated protein kinase in the brain, liver, lungs, kidney and heart is a sensitive marker of silver nanoparticles action / Materials of Ukrainian-German Symposium on Physics and Chemistry of nanostructures and on nanobiotechnology (Bergove, 6–10 sept, 2010). — Crimea, Ukraine, 2010. — P. 204.

References

1. *Sergeyev G. B.* Nanokhimiya metallov // Uspekhi khimii. — 2001. — T. 70, № 10. — S. 915–933.
2. *Ulberh Z., Hruzina T., Karpov O.* Nanotekhnologii v medytsyni: rol koloidno-khimichnykh protsesiv // Visnyk NAN Ukrainy. — 2008. — № 8. — S. 28–41.
3. *Gubin S. P., Yurkov G. Yu., Katayeva N. A.* Nanochastitsy blagorodnykh metallov i materialy na ikh osnove. — Moskva: IONKh RAN, 2006. — 155 s.
4. *Nanoserebro: tekhnologii polucheniya, farmakologicheskoye svoystva, pokazaniya k primeneniyu / I. S. Chekman i dr. // Preparaty i tekhnologii. — 2008. — № 3. — S. 32–34.*
5. *Yershov B. G.* Nanochastitsy metallov v vodnykh rastvorakh: elektronnye, opticheskiye i kataliticheskiye svoystva // Rossysky khimicheskyy zhurnal. — 2001. — T. 14, № 3. — S. 20–30.
6. *Nanoparticles: structure, properties, preparation and behavior in environmental media / P. Christian et al. // Ecotoxicology. — 2008. — V. 17. — P. 326–343.*
7. *Nanoparticles and characterization methodologies in environmental risk assessment of engineering nanoparticles / M. Haselov et al. // Ibid. — 2008. — № 14. — P. 344–361.*
8. *Chen J. Ch., Wiley B. J., Xia Yu.* One-dimensional nanostructures of metals: large-scale synthesis and some potential applications // Langmir. — 2007. — № 23. — P. 4120–4129.
9. *Polucheniyе i primeneniye nanochastits, sodержashchikh med i serebro / K. G. Lopatko i dr. // Tr. Instituta problem materialovedeniya. — 2010. — № 1. — S. 232–243.*
10. *An investigation of the interaction between polyvinilpyrrolidone and metal cations / L. Manhong et al. // React. Funct. Polym. — 2000. — V. 44, № 1. — P. 55–64.*
11. *Negligible particle-specific antibacterial activity of silver / Zong-ming Xiu et al. // Nano Lett. — 2012. — V. 40, № 30. — P. 301–305.*
12. *Pat. 75670 Ukraina, MPK B82B 3/00, C23C 14/24, V01J 13/00. Sposib oderzhannia koloidnoho rozchynu sribla / B. O. Movchan ta in. — Opubl. 10.12.12. Biul. № 23.*

13. *Sposib oderzhannia nanochastynok systemy metal–kysen iz zadanyim skladom elektronno-promenevym vyparovuvaniam i kondensatsiieiu u vakuumi // Patent Ukrainy na vynakhid № 92556, biuletен № 21 vid 10.11.2010.*
14. *Lazernaya korrelyatsionnaya spektroskopiya v biologii / A. D. Lebedev i dr. — Kiev: Naukova dumka, 1987. — 256 s.*
15. *Henk G. Merkus.* Particle Size Measurements. Fundamentals, Practice, Quality. — Springer, 2009. — 533 p.
16. *Metodicheskiye ukazaniya 4.1.1482–03 «Opredeleniye khimicheskikh elementov v biologicheskikh sredakh i preparatakh metodami atomno-emissionnoy spektrometrii s induktivno-svyazannoy plazmoy i masspektrometrii s induktivno-svyazannoy plazmoy». — Moskva: Minzdrav Rossii, 2003. — 16 s.*
17. *Tomson M., Uolsh D. N.* Rukovodstvo po spektrometricheskomu analizu s induktivno-svyazannoy plazmoy. — Moskva: Nedra, 1988. — 287 s.
18. *Movchan B. A.* Elektronno-luchevaya gibridnaya nanotekhnologiya osazhdeniya neorganicheskikh materialov v vakuume // Aktualnye problemy sovremennogo materialovedeniya. — Kyiv: Vydavnychi Dim «Akadempriodyka», 2008. — S. 227–247.
19. *Stabilizatsiya chastichno-okislennykh nanochastits serebra syvorotochnym albuminom cheloveka / A. I. Stepuro i dr. // Mater. mezhd. konf. «Lekarstvennye sredstva i biologicheskii aktivnye soyedineniya», Grodno, 2007. — S. 159–161.*
20. *The formation and properties of dextran-albumine nanostructure on the glass surface / Y. Stetychyn et al. // Ukrainian-German Symposium on physics and chemistry of nanostructures and on nanobiotechnology: Book abstract. — Crimea, 2010. — P. 31.*
21. *Silver nanoparticles: synthesis, dissolution and toxicity / J. Diendorf et al. // Ibid. — P. 20.*
22. *An investigation of the interaction between polyvinilpyrrolidone and metal cations / L. Manhong et al. // Reactive and functional polymers. — 2000. — V. 44 (1). — P. 55–56.*
23. *Minchenko D., Bozhko I., Zinchenko T.* Expression of SNF1/AMPactivated protein kinase in the brain, liver, lungs, kidney and heart is a sensitive marker of silver nanoparticles action / Materials of Ukrainian-German Symposium on Physics and Chemistry of nanostructures and on nanobiotechnology (Bergove, 6–10 sept, 2010). — Crimea, Ukraine, 2010. — P. 204.

ЭЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВА ТЕХНОЛОГИЯ ОДЕРЖАННЯ КОНДЕНСАТІВ Ag–NaCl І ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КОЛЛОЇДНОЇ СИСТЕМИ НА ЇХ ОСНОВІ

Г. Г. Дідікін¹, І. М. Андрусичина², С. Є. Литвин¹, Л. А. Крушинська¹, В. В. Грабін¹

¹Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України.

03680, м. Київ-150, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

²ДУ «Інститут медицини праці НАМН України».

01033, м. Київ, вул. Саксаганського, 75. E-mail: yik@nanu.kiev.ua

На основі пористих конденсатів композиції NaCl–Ag, синтезованих електронно-променевим випаровуванням і конденсацією у вакуумі, отримані стабільні водні колоїдні системи з наночастинками срібла. Стабілізація наночастинок у водних колоїдах проводилася за допомогою сироваткового альбуміну людини. При внесенні срібла у вигляді подрібненого конденсату NaCl–Ag в кількості 100 мг/л у водний (0,1...1,0 %) розчин альбуміну, в отриманій гетерогенній системі частка наночастинок срібла, які переходять в колоїд, визначається концентрацією альбуміну в розчині і кислотністю розчину (рН). Стабільне значення середнього розміру часток (6...10 нм) з часом і максимальна їх частка досягаються у водному колоїдному розчині, що містить 110 мг/л альбуміну при його кислотності в діапазоні значень рН = 7,1...7,7. При підвищенні рН середовища частка наночастинок срібла в колоїді знижувалася до 2 мг/л і залишалася незмінною аж до рН = 10. Бібліогр. 23, іл. 7.

Ключові слова: EB PVD; конденсати; наночастинки; срібло; альбумін; колоїд; кислотність

ELECTRON BEAM TECHNOLOGY OF PRODUCING CONDENSATES Ag–NaCl AND PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES OF COLLOID SYSTEM ON THEIR BASE

G.G. Didikin¹, I.N. Andrusishina², S.E. Litvin¹, L.A. Krushinskaya¹, V.V. Grabin¹

¹E.O. Paton Electric Welding Institute, NASU.

11 Kazimir Malevich Str., 03680, Kiev, Ukraine. E-mail: office@paton.kiev.ua

²State Institution of Medicine Labour of NAMS of Ukraine.

75 Saksagansky Str., 01033, Kiev, Ukraine. E-mail: yik@nanu.kiev.ua

On the base of porous condensates of NaCl–Ag composition, synthesized by the electron beam evaporation and condensation in vacuum, the stable water colloid systems with silver nanoparticles were produced. Stabilization of nanoparticles in water colloids was made by using the human serum albumine. With adding of silver in the form of refined condensate NaCl–Ag in the amount of 100 mg/l into water (0.1...1.0 %) solution of albumine the fraction of nanoparticles of silver, transferred into colloid in the obtained heterogeneous system is determined by the concentration of albumine in the solution and solution acidity (pH). Stable value of average size of particles (6...10 nm) in time and their maximum fraction are attained in water colloid solution, containing 110 mg/l of albumine at its acidity in the range of pH = 7.1...7.7. With increase in pH of medium the fraction of silver nanoparticles in colloid was decreased to 2 mg/l and remained unchanged up to pH = 10. Ref. 23, Figures 7.

Key words: EB PVD; condensates; nanoparticles; silver; albumine; colloid; acidity

Поступила 02.03.2017

ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВЫЕ ПУШКИ «ПАТОН-300»



Технические характеристики
электронно-лучевой пушки «Патон-300»

Номинальная мощность, кВт	300
Ускоряющее напряжение, кВ	30
Максимальный ток, А	10
Угол отклонения пучка от оси электронно-лучевой пушки, град.	0...35
Габаритные размеры, мм:	
высота	1217
диаметр	340
по фланцу вакуумной системы	410
Масса, кг	170

<http://stc-paton.com/rus/centers/spctitan>

В ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины разработаны аксиальные электронно-лучевые пушки «Патон-300» номинальной мощностью 300 кВт.

Электронно-лучевые пушки «Патон-300» представляют собой электронно-лучевые нагреватели аксиального типа с вольфрамовым катодом. Каждая пушка оснащена индивидуальной системой откачки, которая позволяет стабилизировать ее работу в условиях интенсивного выделения газов в процессе выплавки слитков из первичных шихтовых материалов. Используются в установках электронно-лучевой плавки.

ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ДОМ «ПАТОН»

<http://patonpublishinghouse.com/rus/proceedings/mmw>

Сборник трудов Восьмой международной конференции «Математическое моделирование и информационные технологии в сварке и родственных процессах». — Киев: Международная Ассоциация «Сварка», 2016. — 130 с. Мягкий переплет, 200x290 мм.

В сборнике представлены доклады Восьмой международной конференции «Математическое моделирование и информационные технологии в сварке и родственных процессах» (19–23 сентября 2016 г., Одесса, Украина), в которых отражены достижения за последние годы в области математического моделирования физических явлений, протекающих при сварке, наплавке и других родственных процессах. Авторами докладов являются известные ученые и специалисты из разных стран. Для научных и инженерно-технических работников, занятых в области сварки, резки, наплавки, пайки, нанесения защитных покрытий и других родственных процессов.

Сборники предыдущих семи конференций ММТWRP за 2002, 2004, 2006, 2008, 2010, 2012 и 2014 гг. находятся в открытом доступе на сайте Издательского Дома «Патон».

Заказы на книгу просьба направлять в редакцию журнала

