

## **ПРОТОКОЛ**

### **лабораторных испытаний коллоидного раствора наночастиц серебра**

В Технологическом центре коллективного пользования по направлению «Нанотехнологии и наноматериалы» ОАО «Технопарк Слава» проведено исследование коллоидного раствора наночастиц серебра, предоставленного ООО «Исо-лаб». Целью исследования было определение состава коллоидного раствора, а именно: уточнение наличия в коллоидном растворе наночастиц серебра, а также других веществ, включая ПАВ, определение размеров и концентрации наночастиц серебра, а также выработка рекомендаций по перспективным областям применения указанного коллоидного раствора.

#### **Спектрофотометрические исследования коллоидного раствора**

Наличие наночастиц серебра, их концентрация, а также присутствие в коллоидном растворе других веществ определялось методом оптической спектрофотометрии с использованием спектрофотометра СФ-2000 (производства СКБ «Спектр», Россия). На рис.1 приведены спектры оптической плотности  $D$  в диапазоне длин волн 300 – 800 нм для исходного коллоидного раствора, а также для растворов, полученных разбавлением исходного раствора дистиллированной водой. Как следует из рисунка, для всех растворов спектры содержат один пик на длине волны 390 нм. Пик на длине волны 380 – 420 нм характерен для наночастиц серебра и обусловлен явлением плазмонного резонанса. Других пиков на спектрах оптической плотности не наблюдается, что свидетельствует о том, что исследуемый коллоидный раствор представляет собой взвесь наночастиц серебра в воде и не содержит других веществ, включая ПАВ.

Как следует из рис.2, высота пика плазмонного резонанса исходного и разбавленных растворов пропорциональна концентрации наночастиц серебра в растворе. Сопоставление спектра оптической плотности исходного исследуемого раствора со спектрами других представленных на рынке марок коллоидных растворов наночастиц серебра (см. рис.3) позволяет сделать оценку концентрации наночастиц в исследуемом растворе. Она составляет около 0.07 г/л. Рис.2 может быть рекомендован потенциальным потребителям коллоидного раствора для входного контроля концентрации наночастиц серебра в растворе, а также для выходного контроля концентрации наночастиц серебра в материале, если этот материал оптически прозрачен – лаки, полимерные материалы, шампуни и т.п.

#### **Исследование коллоидного раствора методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ)**

Размеры наночастиц после испарения растворителя(воды) из исследуемого коллоидного раствора, их структура и состав исследовались методом ПЭМ с помощью электронного микроскопа LEO-912 AB OMEGA (Germany). На рис.4 приведена

микрофотография, полученная с помощью указанного микроскопа. Как следует из рисунка, основная доля наночастиц имеет размеры от 5 до 15 нм, хотя, встречаются отдельные частицы размером до 25 нм. Частицы имеют форму близкую к сферической. Из электронограммы, представленной на рис.4 следует, что наночастицы состоят из кристаллического серебра, без заметной примеси оксидов и солей. Размер кристаллитов совпадает с размером частиц, т.е. частицы серебра – монокристаллические. Отличие размеров частиц наносеребра, полученных методом динамического светорассеяния и просвечивающей электронной микроскопии не вызывает удивления, т.к. первый метод исследует размер частиц непосредственно в растворе, а второй – после удаления растворителя (воды).

### **Исследование влияния коллоидного раствора на некоторые условно патогенные плесневые грибы**

Испытания препарата на фунгицидные свойства проводили диско-диффузионным методом. Диски фильтровальной бумаги, пропитанные препаратом, размещали в чашки Петри с заранее посеянным «газоном» плесневых грибов. В качестве тест-культур использовали следующие плесневые грибы: *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium funiculosum*, *Ulocladium atrum*, *Chaetomium globosum*. Предложенные для испытаний виды плесневых грибов известны как сильные аллергены человека, могут вызывать различные микозы и являются биодеструкторами органических материалов. Через трое суток наблюдали развитие тест-культур на обработанных дисках и вокруг них. По характеру роста и зоне подавления роста определяли биологическую активность препарата, нанесенного на бумажный диск.

По результатам испытаний фунгицидное действие препарата показало свою высокую эффективность в отношении грибов *Aspergillus niger*, *Penicillium funiculosum*, *Ulocladium atrum*, *Chaetomium globosum*; и как **хорошее** в отношении гриба *Aspergillus flavus*. Эти данные позволяют считать препарат перспективным для использования его фунгицидных свойств.

### **Заключение.**

1. Проведенные исследования показали, что коллоидный раствор представляет собой взвесь наночастиц серебра в воде и не содержит других веществ, включая ПАВ.
2. Токсичность исследуемого раствора в 9 раз ниже, чем у раствора ионов серебра той же концентрации. Согласно исследованиям, проведенным в Институте питания РАМН, предельно-допустимая концентрация (количественно выражающая токсичность для организма человека) наночастиц серебра составляет 450 мкг/л, а не 50 мкг/л, как у ионов серебра. Многолетние исследования, проведенные в ведущих институтах РАМН, показали, что наночастицы серебра уничтожают большое количество бактерий, вирусов, грибов, но малотоксичны для человека, поэтому их используют для дезинфекции мягкой мебели, помещений, игрушек, для придания биоцидных свойств воздушным фильтрам и фильтрам для воды, применяют в качестве биоцидной добавки в текстильной и лакокрасочной промышленности.
3. Поскольку свойства наночастиц зависят, главным образом, от их формы и размеров, можно говорить о том, что исследуемый коллоидный раствор наночастиц серебра обладает хорошим соотношением между биоцидностью и токсичностью.
4. Исследуемый раствор не содержит ПАВ и может быть использован в тех областях, где не допустимо вспенивание биоцидного агента, а также возможен контакт биоцидного препарата со слизистой оболочкой.
5. Учитывая свойства исследуемого раствора наночастиц серебра, а также отсутствие в его составе посторонних веществ, включая ПАВ, в качестве перспективных областей его применения можно порекомендовать следующие:

а. Краски на водной основе для медицинских и детских учреждений, а также мест массового скопления людей. Исследуемый раствор может быть использован как биоцидная добавка в краски. Соотношение между объемом добавки и объемом краски должно определяться экспериментально путем проведения микробиологических исследований. Предполагаемое соотношение – от 1:40 до 1:20.

б. Краски на водной основе для мест с повышенной влажностью (ванные комнаты, бойлерные, бассейны, бани). Исследуемый раствор может быть использован как биоцидная добавка в краски для защиты от плесени. Соотношение между объемом добавки и объемом краски должно определяться экспериментально путем проведения микробиологических исследований. Предполагаемое соотношение – от 1:20 до 1:10.

в. Фильтры для кондиционеров и воздуховодов. Исследуемый раствор может быть использован для нанесения наночастиц серебра на фильтры с целью защиты от плесени и легионеллёза. Для обработки рекомендуется использовать неразбавленный исходный раствор. Количество раствора на 1 м<sup>2</sup> поверхности фильтра должно определяться экспериментально путем проведения микробиологических исследований.

г. Биоцидные фильтры для питьевой воды. Исследуемый раствор может быть использован для нанесения наночастиц серебра на активированный уголь с целью уничтожения в фильтруемой воде бактерий, вирусов, грибов. Для обработки рекомендуется использовать исходный раствор, разбавленный в 5 – 15 раз. Кратность разбавления должна определяться экспериментально путем проведения микробиологических исследований.

д. Биоцидные ткани для изготовления спортивной одежды, нижнего белья, носок. Исследуемый раствор может быть использован для нанесения наночастиц серебра на ткани путем распыления или пропитки с последующим отжимом и сушкой. Для обработки рекомендуется использовать исходный раствор, разбавленный в 3 – 10 раз. Кратность разбавления и количество раствора на 1 м<sup>2</sup> поверхности ткани должны определяться экспериментально путем проведения микробиологических исследований.

е. Влажные биоцидные салфетки. Исследуемый раствор может быть использован как биоцидная добавка к жидкости, пропитывающей салфетки. Соотношение между объемом добавки и объемом жидкости должно определяться экспериментально путем проведения микробиологических исследований. Предполагаемое соотношение – от 1:5 до 1:15.

ж. Аэрозоль для дезинфекции мебели, детских игрушек, помещений. Разбавленный в 5 – 10 раз исследуемый коллоидный раствор может быть использован для заполнения аэрозольных баллончиков. Кратность разбавления должна определяться экспериментально путем проведения микробиологических исследований.

з. Аэрозоль для защиты внутренней поверхности обуви от грибка. Разбавленный в 3 – 8 раз исследуемый коллоидный раствор может быть использован для заполнения аэрозольных баллончиков. Кратность разбавления должна

определяться экспериментально путем проведения микробиологических исследований.

и. Антисептик и лекарственный препарат для медицинских применений (обработка ран, ожогов, кожных покровов и слизистой оболочки, пораженных грибковыми заболеваниями). В качестве антисептика предполагается использовать неразбавленный исследуемый коллоидный раствор. Эта область применения требует проведения крупномасштабных микробиологических, фармакокинетических и морфологических исследований.

к. Бицидная полимерная упаковка для пищевых продуктов. В качестве бицидной добавки в полимер предполагается использовать неразбавленный коллоидный раствор. Соотношение между объемом добавки и объемом полимера должно определяться экспериментально путем проведения микробиологических исследований. Предполагаемое соотношение – от 1:100 до 1:50.

Руководитель Технологического центра  
коллективного пользования по направлению  
«Нанотехнологии и наноматериалы»  
ОАО «Технопарк Слава», к.ф.-м.н.



Чмутин И.А

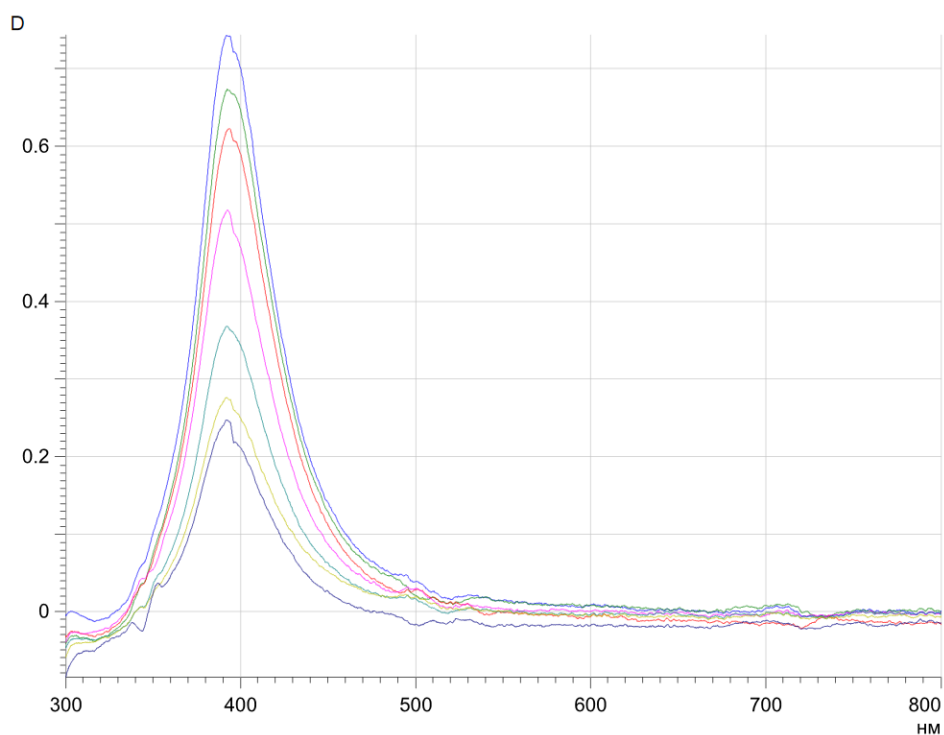


Рис.1. Спектры оптической плотности  $D$  для исследуемого исходного коллоидного раствора (синяя линия) и раствора, разбавленного дистиллированной водой в различных пропорциях.

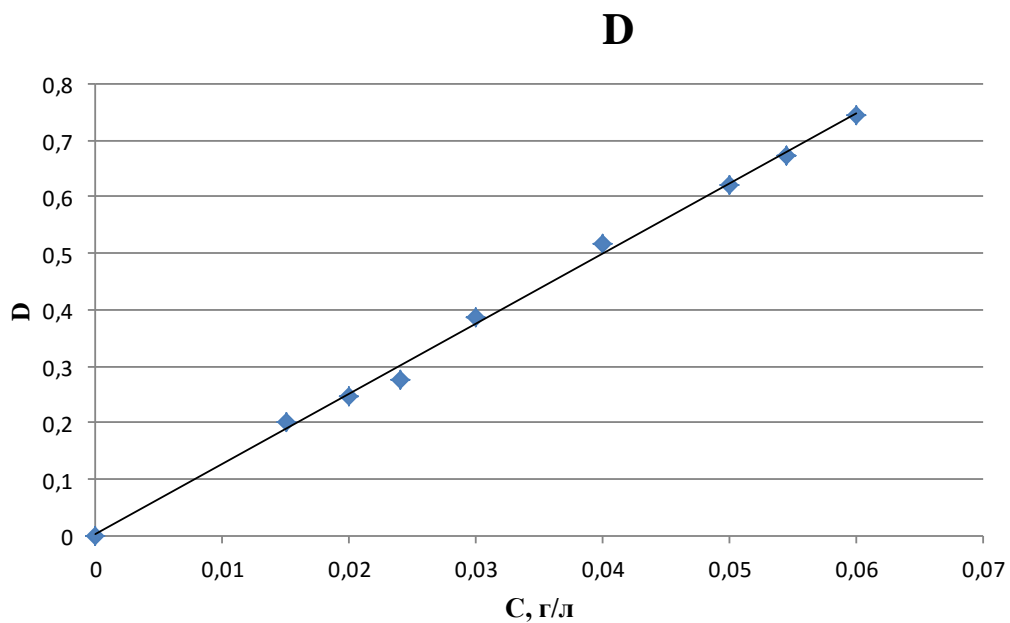


Рис.2. Зависимость оптической плотности  $D$  для исследуемого коллоидного раствора наночастиц серебра от концентрации наночастиц.

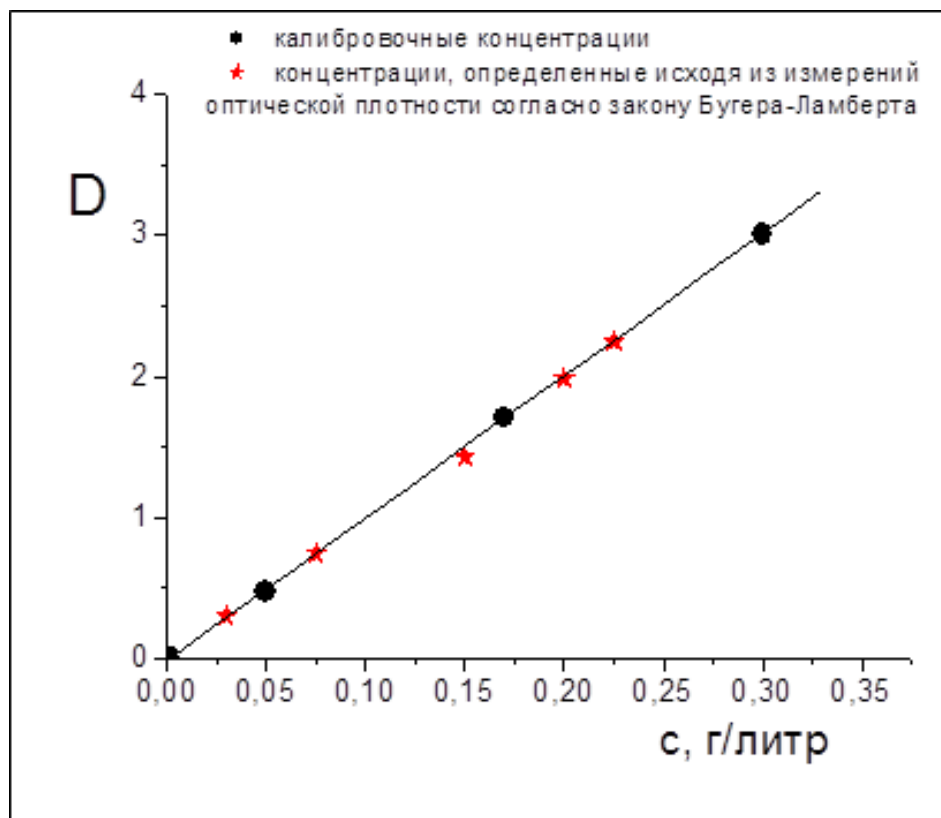


Рис.3. Зависимость высоты пика плазмонного резонанса на спектре оптической плотности для коллоидного раствора наночастиц серебра, выпускаемого под торговой маркой AgБион.

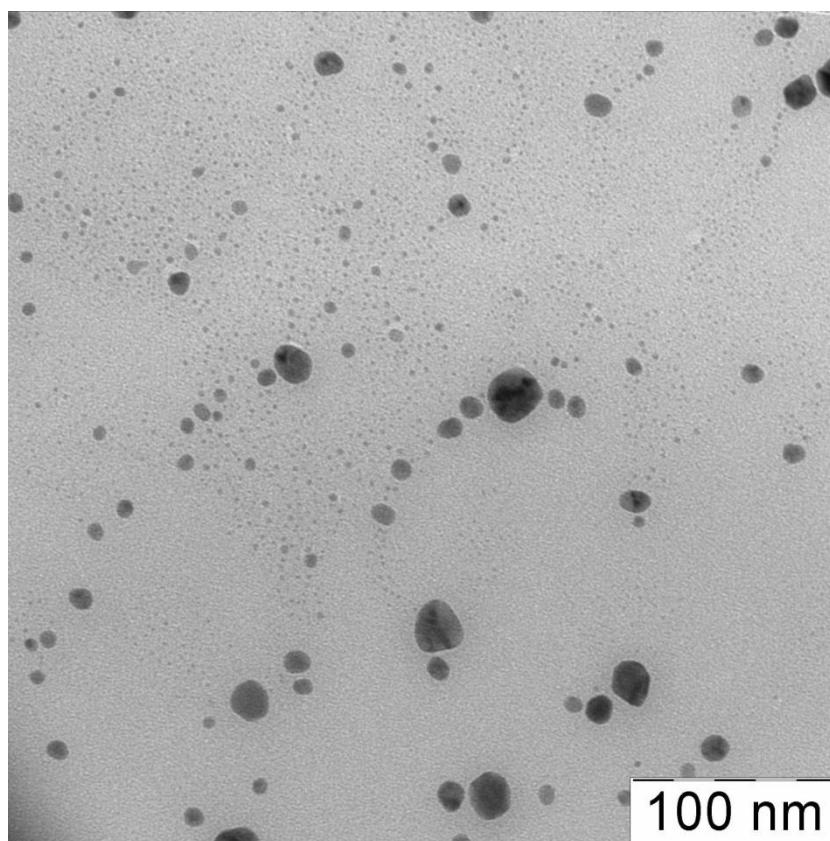


Рис.4. Электронная микрофотография наночастиц, полученных методом ПЭМ после испарения растворителя из коллоидного раствора.



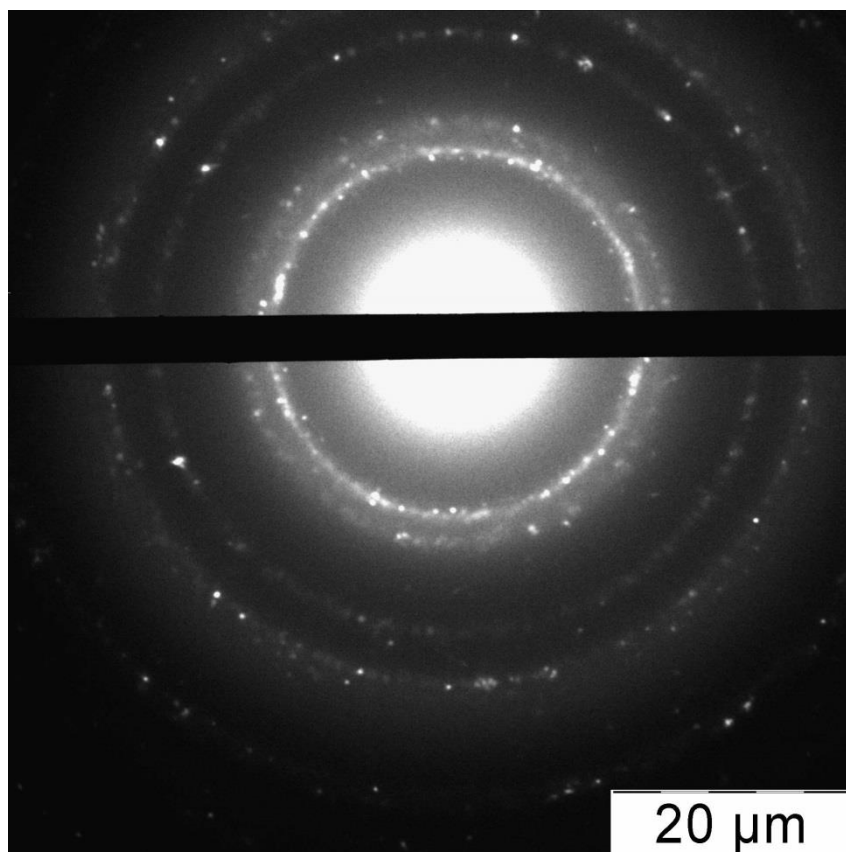


Рис.5. Электронограмма исследуемых наночастиц, полученных после удаления растворителя из коллоидного раствора.

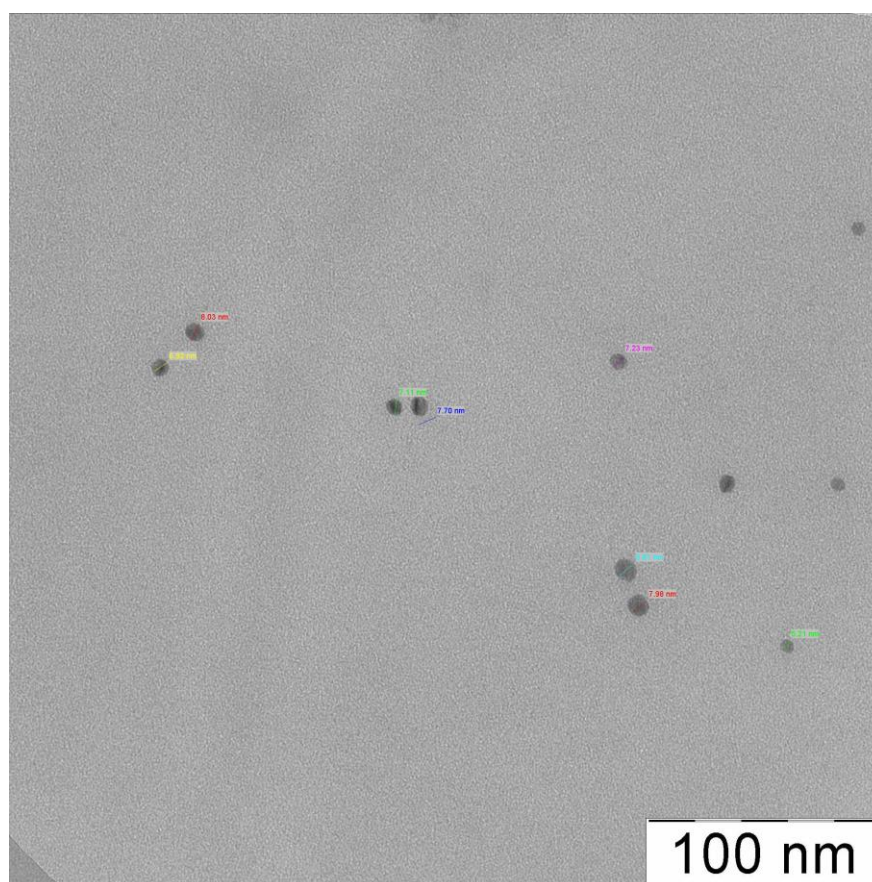


Рис.6. Электронная микрофотография наночастиц, полученных методом ПЭМ после испарения растворителя из коллоидного раствора.