УДК 541.182.023.4+546.57

Абдижапар кызы Зулайка, Сыргакбек кызы Динара, Сатывалдиев Абдураим,
И. Арабаев атындагы КМУ, химия жана аны
окутуунун технологиясы кафедрасынын магистранты
И. Арабаев атындагы КМУ, химия жана аны
окутуунун технологиясы кафедрасынын окутуучусу
И. Арабаев атындагы КМУ, химия жана аны
окутуунун технологиясы кафедрасынын профессору
Абдижапар кызы Зулайка, Сыргакбек кызы Динара, Сатывалдиев Абдураим
магистрант кафедры химии и технологии ее обучения, КГУ им. И. Арабаева.
преподаватель кафедры химии и технологии ее обучения, КГУ им. И. Арабаева.
профессор кафедры химии и технологии ее обучения, КГУ им. И. Арабаева
Abdijapar kyzy Zulaika, Syrgakbek kyzy Dinara, Satyvaldiev Abduraim,
Master of the Department of Chemistry and Technology of its Education, KSU I. Arabaev,
Lecturer at the Department of Chemistry and Technology of its Education, KSU I. Arabaeva
Professor of the Department of Chemistry and Technology of its Education, KSU I. Arabaeva

ХИМИЯЛЫК КАЛЫБЫНА КЕЛТИРҮҮ МЕТОДУ МЕНЕН СИНТЕЗДЕЛГЕН КҮМҮШТҮН НАНОБӨЛҮКЧӨЛӨРҮНҮН КОНЦЕНТРАЦИЯЛАНГАН ГИДРОЗОЛДОРУНУН ТУРУКТУУЛУГУ

УСТОЙЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ГИДРОЗОЛЕЙ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА, СИНТЕЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

STABILITY OF CONCENTRATED HYDROSOLS OF SILVER NANOPARTICLES SYNTHESIZED BY CHEMICAL REDUCTION

Аннотация: Күмүштүн нанобөлүкчөлөрүнүн коллоиддик эритмелеринин туруктуулугу стабилизатордун концентрациясынан жана жаратылышынан көз карандылыгы оптикалык тыгыздыкты өлчөөнүн негизинде аныкталды. Күмүштүн нанобөлүкчөлөрүнүн 1 айга чейин туруктуу концентрацияланган эритмесин саны 0,4% болгон поливинилпирролидондун катышуусунда алууга болот.

Аннотация: На основе измерения оптической плотности установлено, что устойчивость коллоидных растворов наночастиц серебра зависит от концентрации и природы стабилизатора. Устойчивые до 1 месяца концентрированные растворы наночастиц серебра можно получить в присутствии поливинилпирролидона в количестве 0,4%.

Abstract: Based on the measurement of optical density, it has been established that the stability of colloidal solutions of silver nanoparticles depends on the concentration and nature of the stabilizer. Concentrated solutions of silver nanoparticles that are stable for up to 1 month can be obtained in the presence of polyvinylpyrrolidone in an amount of 0.4%.

Негизги сөздөр: гидрозолдор, күмүштүн нанобөлүкчөлөрү, туруктуулук, концентрация, оптикалык тыгыздык, стабилизатор, желатин, поливинилпирролидон.

Ключевые слова: гидрозоли, наночастицы серебра, устойчивость, концентрация, оптическая плотность, стабилизатор, желатин, поливинилпирролидон.

Key words: hydrosols, silver nanoparticles, stability, concentration, optical density, stabilizer, gelatin, polyvinylpyrrolidone.

Стабильные концентрированные гидрозоли наночастиц серебра необходимы для создания наноструктурных материалов, применяемых в микроэлектронике, при синтезе оптикоэлектронных сенсоров, пигментов, для создания новых классов бактерицидных препаратов, различного рода лекарственных веществ [1]. Возможность получения устойчивых гидрозолей наночастиц серебра является актуальным вопросом.

В связи с этим целью данной работы является изучение возможности получения устойчивых концентрированных коллоидных растворов наночастиц серебра методом химического восстановления.

Для получения концентрированных гидрозолей наночастиц серебра растворы были приготовлены из нитрата серебра $AgNO_3$ марки «хч». Концентрация серебра в исследуемых растворах составляла $1\cdot10^{-1}$, $1\cdot10^{-2}$, $1\cdot10^{-3}$ и $1\cdot10^{-4}$ моль/л. В качестве восстановителя использован 64% раствор гидразина N_2H_4, а стаблизатором наночастиц серебра - желатин и поливинилпирролидон (ПВП). Желатин представляет собой высокомолекулярное соединение белковой природы, поливинилпирролидон . Концентрация стабилизаторов в растворе составляла 0,2 и 0,4%. Синтез наночастиц серебра проводился при температуре 40^oC на воздухе. Соотношение серебра и гидразина соответствовало 1:10.

Предполагается следующая схема восстановления ионов серебра гидразином:

$$4Ag^+ + N_2H_4 + 4OH^- \rightarrow 4Ag + N_2 + 4H_2O$$

Устойчивость коллоидного раствора наночастиц серебра определяется возможностью коагуляции и осаждения, т. е. агрегативной и седиментационной устойчивостью. В работе [2] отмечается, что надежным инструментальным методам изучения устойчивости гидрозолей нанометаллов относится метод спектрофотометрии, основанный на измерении оптической плотности растворов. Оптический спектр гидрозоли наночастиц серебра характеризуются достаточно интенсивной полосой поверхностного плазменного резонанса (ППР), а по изменению интенсивности полосы ППР по времени можно судить об устойчивости коллоидного раствора наночастиц серебра.

Для определения устойчивости полученных гидрозолей наночастиц серебра, эти растворы хранились в пробирках с пробкой и через определенные промежутки времени измерялась их оптическая плотность при длине волны 410 нм, что соответствует максимуму поглощения наночастиц серебра. Для установления максимума поглощения наночастиц серебра предварительно были сняты оптические спектры их растворов.

Оптические плотности растворов наночастиц серебра измерялись на спектрофотометре СФ-46 в стеклянных кюветах толщиной 1 см.

Оптическая плотность коллоидных растворов (D) наночастиц серебра согласно закону Бугера-Ламберта-Беера [3] зависит от концентрации (C) наночастиц серебра:

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

где K – молярный коэффициент поглощения, l – толщина слоя раствора.

Для измерения оптической плотности растворы с концентрацией $1\cdot10^{-1}$, $1\cdot10^{-2}$ и $1\cdot10^{-3}$ моль/л были разбавлены до $1\cdot10^{-4}$ моль/л, т.к. величина оптической плотности концентрированных растворов выходит за пределы измерения спектрофотометра. Оптические плотности растворов наночастиц серебра измерялись через 1, 24, 72, 144, 240, 360, 480 и 720 часов после синтеза.

Зависимости оптической плотности растворов различной концентрацией в присутствии желатина и ПВП от времени представлены на рисунках 1-4.

Результаты анализа изменения оптической плотности растворов наночастиц серебра от времени показывают, что оптическая плотность этих растворов зависит от концентрации наночастиц серебра, природы и концентрации поверхностно-активного вещества, используемого в качестве стабилизатора наночастиц.

Гидрозоль наночастиц серебра с концентрацией $1\cdot10^{-1}$ моль/л в 0,2% растворе желатина является практически неустойчивым. Оптическая плотность данного раствора значительно ниже через 1 час после синтеза по сравнению с растворами с меньшей концентрацией наночастиц, а через 24 часа оптическая плотность раствора падает практически до нуля (рис.1). Гидрозоль с концентрацией $1\cdot10^{-2}$ моль/л относительно устойчив до 72 часов, а гидрозоли с концентрацией $1\cdot10^{-3}$ моль/л и $1\cdot10^{-4}$ моль/л устойчивы соответственно до 240 и 360 часов (рис.1).

Устойчивость гидрозолей наночастиц серебра при одинаковой концентрации повышается при увеличении концентрации желатина (рис.2). Гидрозоли наночастиц серебра, полученные в 0,4% растворе желатина, обладают более высокими значениями оптической плотности по сравнению с гидрозолями, полученными в 0,2% растворе желатина. Значительное уменьшение оптической плотности гидрозоля с концентрацией $1\cdot10^{-1}$ моль/л наблюдается через 144 часов после синтеза. Устойчивость гидрозолей наночастиц серебра с концентрацией $1\cdot10^{-2}$ моль/л, $1\cdot10^{-3}$ моль/л и $1\cdot10^{-4}$ моль/л соответственно 144, 360 и 480 часов.

Гидрозоли, полученные в 0,2% растворе ППВ, характеризуются более высокой устойчивостью по сравнению с гидрозолями, полученными в 0,2% растворе желатина (рис.3). Гидрозоль наночастиц серебра с концентрацией $1\cdot10^{-1}$ моль/л устойчив в течении 24 часов. Устойчивость коллоидных растворов наночастиц серебра с концентрацией $1\cdot10^{-2}$ моль/л, $1\cdot10^{-3}$ моль/л и $1\cdot10^{-4}$ моль/л соответственно повышается до 240, 480 и 720 часов.

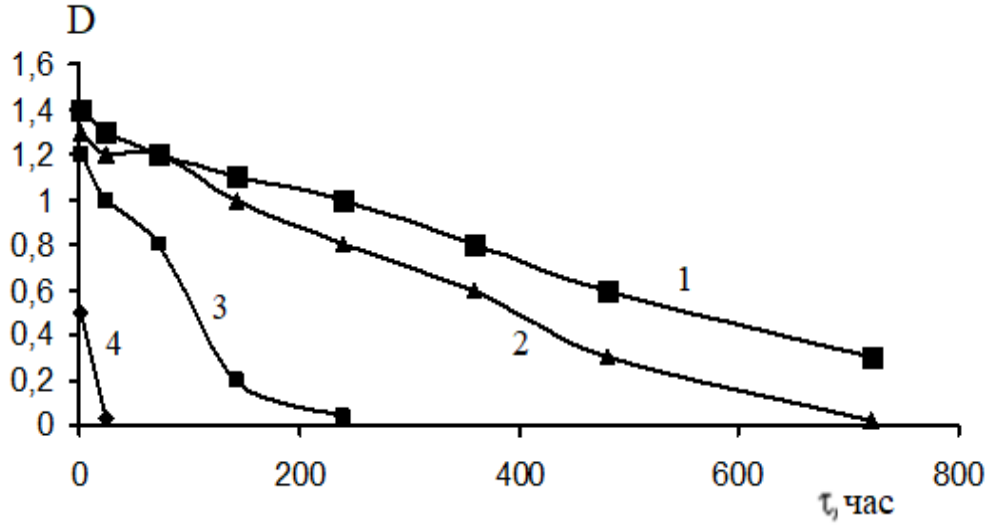

Рис.1. Зависимость оптической плотности гидрозолей наночастиц серебра с различной концентрацией в 0,2% растворе желатина от времени: 1- $1\cdot10^{-4}$ моль/л; 2-$1\cdot10^{-3}$ моль/л; 3-$1\cdot10^{-2}$ моль/л; 4-$1\cdot10^{-1}$ моль/л

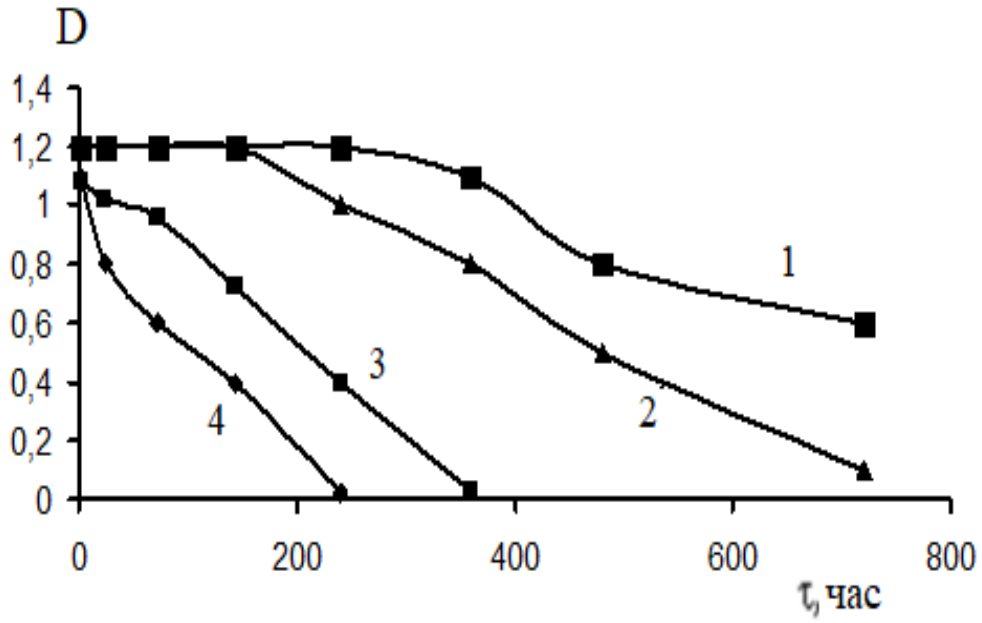

Рис.2. Зависимость оптической плотности гидрозолей наночастиц серебра с различной концентрацией в 0,4% растворе желатина от времени: 1- $1\cdot10^{-4}$ моль/л; 2-$1\cdot10^{-3}$ моль/л; 3-$1\cdot10^{-2}$ моль/л; 4- $1\cdot10^{-1}$ моль/л

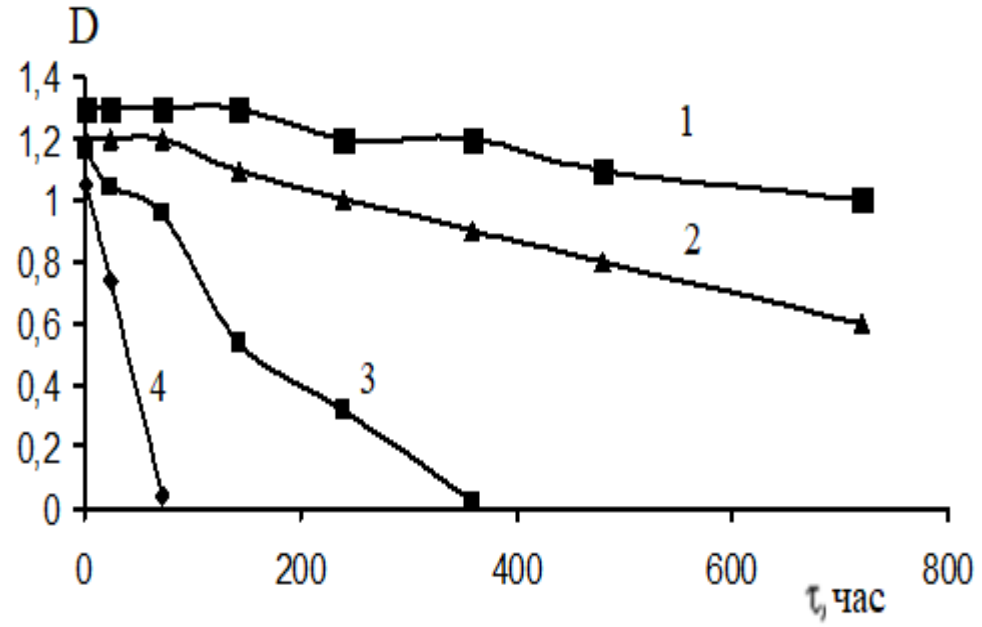

Рис.3. Зависимость оптической плотности гидрозолей наночастиц серебра с различной концентрацией в 0,2% растворе ПВП от времени: 1- $1\cdot10^{-4}$ моль/л; 2-$1\cdot10^{-3}$ моль/л; 3-$1\cdot10^{-2}$ моль/л; 4-$1\cdot10^{-1}$ моль/л

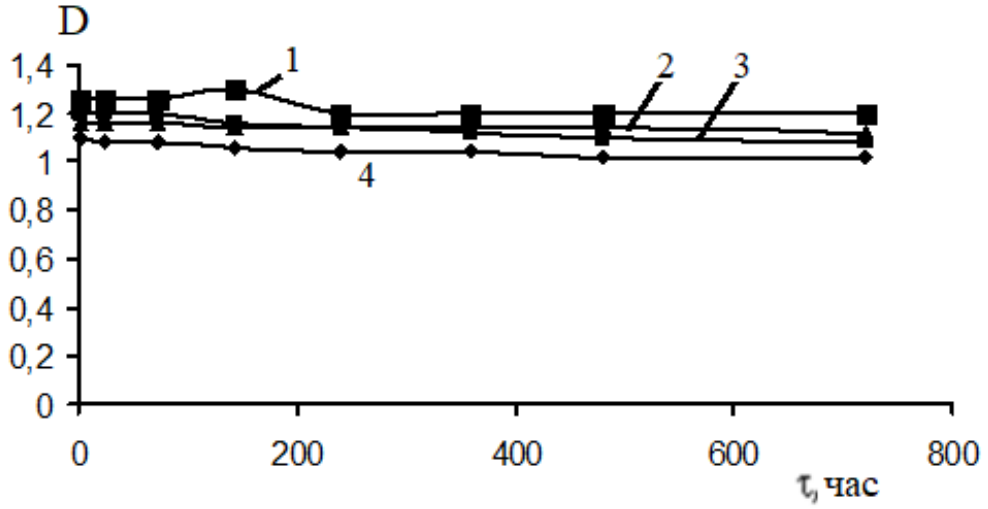

Рис.4. Зависимость оптической плотности гидрозолей наночастиц серебра с различной концентрацией в 0,4% растворе ПВП от времени: 1- $1\cdot10^{-4}$ моль/л; 2-$1\cdot10^{-3}$ моль/л; 3-$1\cdot10^{-2}$ моль/л; 4-$1\cdot10^{-1}$ моль/л

Устойчивые гидрозоли наночастиц серебра образуются в 0,4% растворе ПВП (рис.4). Оптические плотности этих растворов практически не меняется в течении 720 часов.

На рис. 5, 6 представлены изменение оптической плотности концентрированных растворов наночастиц серебра в присутствии поверхностно-активных веществ в различных количествах.

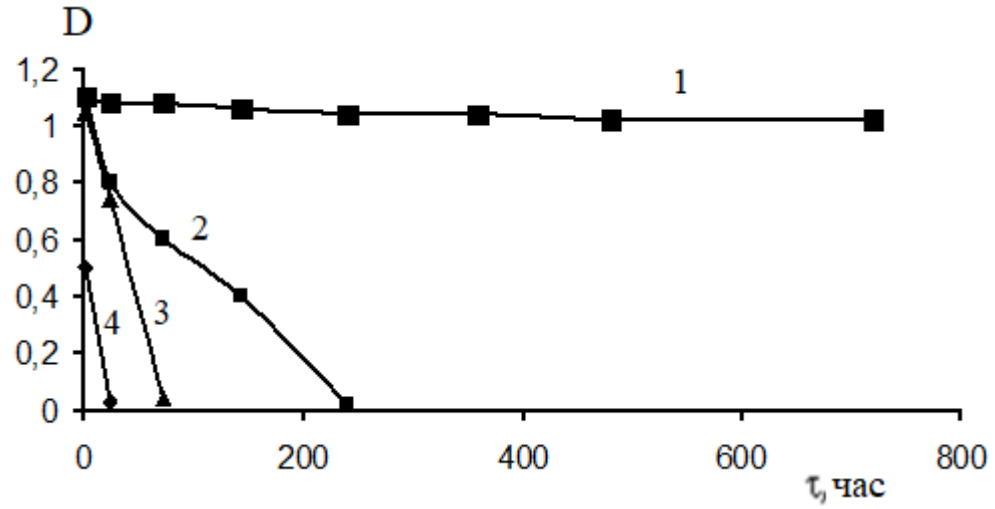

Рис.5. Зависимость оптической плотности гидрозолей наночастиц серебра с концентрацией $1\cdot10^{-1}$ моль/л в растворах стабилизаторов от времени: 1-0,4% раствор ПВП; 2-0,4% раствор желатина; 3-0,2% раствор ПВП; 4-0,2% раствор желатина.

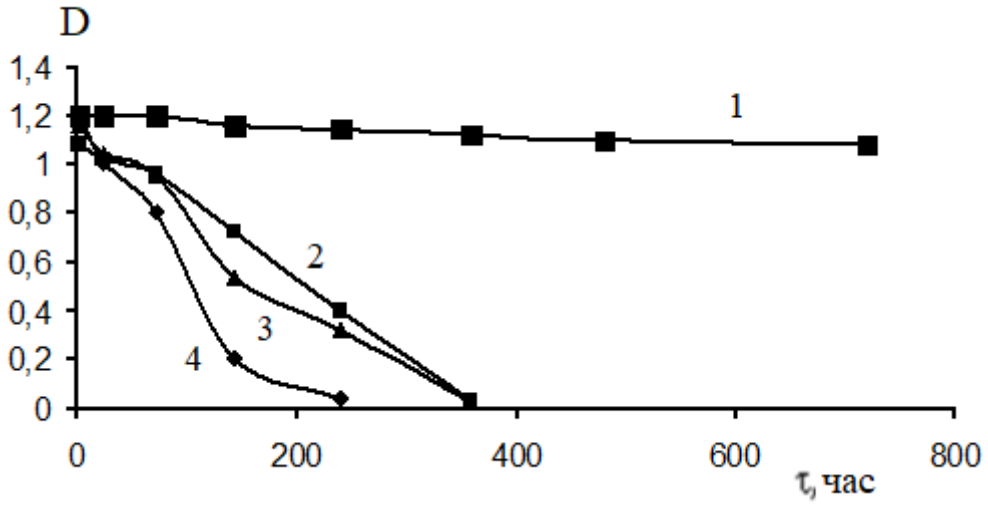

Рис.6. Зависимость оптической плотности гидрозолей наночастиц серебра с концентрацией $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л в растворах стабилизаторов от времени: 1-0,4% раствор ПВП; 2-0,4% раствор желатина; 3-0,2% раствор ПВП; 4-0,2% раствор желатина.

Из рисунков 5, 6 видно, что оптическая плотность гидрозолей наночастиц серебра с концентрацией $1 \cdot 10^{-1}$ моль/л и $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л остаются практически без изменений в течении 720 часов в присутствии ПВП в количестве 0,4%.

Таким образом, на основе измерения оптической плотности установлено, что устойчивость коллоидных растворов наночастиц серебра зависит от концентрации и природы стабилизатора. Устойчивые до 1 месяца концентрированные растворы наночастиц серебра можно получить в присутствии поливинилпирролидона в количестве 0,4%.

Список использованной литературы:

1.Демидова М.Г., Арымбаева А.Т., Плюснина П.Е, Королькова И.В., Булавченко А.И. Получение и характеризация нанокомпозита серебро- сорбитан моноолеат и проводящие пленки на его основе // Журнал физической химии, 2019, т. 93, № 4. - С. 573–578.

2. Вегера А.В., Зимон А.Д. Синтез и физико-химические свойства наночастиц серебра, стабилизированных желатином // Известия Томского политехнического университета, 2006, т. 309, № 5. - С. 60-64.

3. Шаталов А.Я., Маршаков И.К. Практикум по физической химии. – М.: Высш. школа, 1975. –С. 288.

Рецензент: к.х.н., доцент Жаснакунов Ж.К.