

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ЗОЛОТА В ВОДНЫХ ДИСПЕРСИЯХ ЗОЛОТЫХ  
НАНОЧАСТИЦ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ**

К.А. Рыжинская<sup>1</sup>, И.Н. Лапин<sup>2</sup>

Научный руководитель: к.х.н. А.В. Шабалина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

<sup>2</sup> Томский государственный университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: [kab16@tpu.ru](mailto:kab16@tpu.ru)

**DETECTION OF GOLD CONTENT IN GOLDEN NANOPARTICLES DISPERSIONS IN WATER VIA  
VOLTAMMETRY**

K.A. Ryzhinskaya<sup>1</sup>, I.N. Lapin<sup>2</sup>

Scientific Supervisor: Ph.D. A.V. Shabalina<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

<sup>2</sup> Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: [kab16@tpu.ru](mailto:kab16@tpu.ru)

***Abstract.** In the present work we suggested a simple and quick method for determining the content of gold in form of nanoparticles by applying a certain amount of liquid sample (1 drop) on the surface of a glassy carbon electrode, and subsequent obtaining of cyclic voltammogram (from 0 to +1.3 V, 30 mV/s). It was found that the area under the anodic peak of gold electro-oxidation at +1.2 V linearly depends on the gold content in the dispersion of nanoparticles.*

Наночастицы золота получили широкое применение благодаря своим уникальным свойствам, они имеют большие перспективы для использования в медицине [1], промышленности, научных исследованиях. Однако наноразмерные объекты могут быть токсичными [2, 3]. Вследствие этого существует необходимость количественного контроля наночастиц золота с целью отслеживания и устранения возможных загрязнений окружающей среды, а также для контроля технологических процессов при их производстве и использовании.

В настоящий момент существует множество работ по определению наночастиц золота, в основу которых легли их оптические свойства [4]. Однако оптические методы определения имеют ряд недостатков, таких как их сложность применения к окрашенным или мутным водным средам, неспецифичность отклика и другие. Наиболее экспрессным, простыми и недорогими методами количественного определения наночастиц золота являются электрохимические. Известны способы [5, 6] электрохимического определения наночастиц золота с использованием фрагментов ДНК или РНК или других органических соединений для связывания частиц перед их определением. Однако подобные методы сложны, трудоемки и имеют высокую стоимость.

Целью данной работы явилась разработка простого, достаточно быстрого и недорогого способа количественного определения наночастиц золота в водных средах. Измерения проводились на потенциостате-гальваностате Р-8nano с трехэлектродной ячейкой. В качестве индикаторного электрода

использовали стеклоуглеродный электрод. В качестве модельных образцов использовались водные дисперсии наночастиц золота, полученных методом лазерной абляции [7], с содержанием частиц в диапазоне концентраций от 0,002 – 0,1 г/л. В ходе работы нами были опробованы следующие способы нанесения исследуемого образца, содержащего наночастицы золота, на поверхность электрода: выдерживание индикаторного электрода в жидком образце в течение 10 минут; электро-химическое накопление наночастиц золота на поверхности электрода; нанесение определенного объема образца на поверхность электрода с помощью микропипетки с последующим высушиванием.

Было установлено, что пик анодного электро-окисления наночастиц золота, независимо от способа нанесения, лежит в области +1,2 В (рисунок 1). Было выявлено, что данный пик пропорционален концентрации наночастиц в модельных дисперсиях только при нанесении жидкого образца на поверхность электрода с использованием микропипетки.

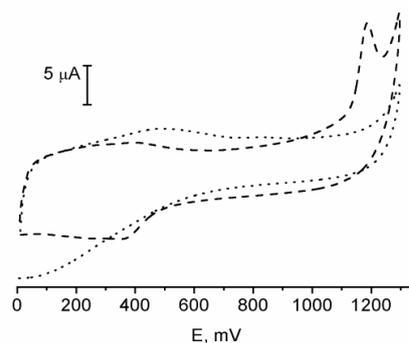


Рис. 1. Циклическая вольтамперограмма электрода с нанесенным образцом в сравнении с вольтамперограммой фоновой раствора

Далее проводились работы по оптимизации условий проведения анализа и определению метрологических характеристик предлагаемого метода. Нанесение определенного объема образца с использованием микропипетки на поверхность индикаторного электрода проводилось после предварительной подготовки его поверхности. Объем нанесенного образца рассчитывается в зависимости от предполагаемой концентрации наночастиц золота в образце. В работе использовались образцы, концентрацией от 0,002 – 0,1 г/л, поэтому объем аликвоты составлял от 30 до 50 мкл (приблизительно равно 1 капле водного раствора). После нанесения образца поверхность индикаторного электрода высушивалась при комнатной температуре до полного удаления растворителя. Индикаторный электрод с нанесенными наночастицами золота вносился в электрохимическую ячейку, содержащую фоновый электролит (0,1 М соляная кислота). Далее проводилось получение циклических вольтамперограмм в диапазоне потенциалов от 0 до +1,3 В, со скоростью 30 мВ/с. По площади под пиком электро-окисления в области +1,2 В проводился дальнейший расчет содержания золота в образце с использованием полученного ранее уравнения градуировочной зависимости. Градуировочная зависимость строилась с использованием эталонных растворов, нанесенных на электрод в соответствии с описанным способом, и имела линейный характер в двух поддиапазонах концентраций: от 0,002 до 0,030 г/л, вкл. и от 0,031 до 0,1 г/л, вкл.

Было установлено, что после трех последовательно идущих вольтамперометрических циклов, наночастицы золота полностью удаляются с поверхности индикаторного электрода, делая поверхность

пригодной для нанесения свежей порции образца (рисунок 2). То есть, нет необходимости в дополнительной очистке поверхности электрода перед проведением дальнейших анализов.

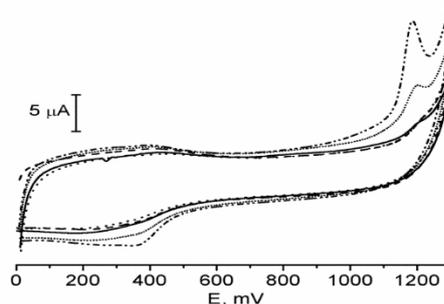


Рис.2. Три последовательно снятых вольтамперограммы в сравнении с вольтамперограммой фонового раствора

В ходе исследований было выявлено, что перемешивание фонового электролита в течение длительного времени перед анализом не приводит к снижению или ухудшению сигнала наночастиц золота на поверхности индикаторного электрода, что говорит о прочном закреплении наночастиц на поверхности. Также не было выявлено мешающего влияния различных компонентов пробы (этиловый спирт, некоторые неорганические соли, др.) на появление и измерение сигнала наночастиц золота, нанесенных на поверхность индикаторного электрода.

В ходе исследований было установлено, что показатель точности предлагаемого метода ( $P=0,95$ ), составляет 2,2 % для диапазона от 0,002 до 0,030 г/л вкл и 1,3% для диапазона от 0,031 до 0,1 г/л.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (Задание №2014/223, код проекта № 1347).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li J.-L., Gu M. Gold-nanoparticle-enhanced cancer photothermal therapy // IEEE J. Sel. Top. Quant. Electron. – 2010. – V. 16, No 4. – P. 989–996.
2. Vega-Villa K.R., Takemoto J.K., Yбсез J.A., Remsberg C.M., Forrest M.L., Davies N.M. Clinical toxicities of nanocarrier systems // Adv. Drug Deliv. Rev. – 2008. – V. 60, No 8. –P. 929–938.
3. Stone V., Johnston H., Clift M.J. Air pollution, ultrafine and nanoparticle toxicology: cellular and molecular interactions // IEEE Trans. Nanobiosci. – 2007. – V. 6, No 4. –P. 331–340.
4. Пат. WO2005033674 EP1664736 G01N15/06. Detection of nanoparticles / D. Hoffman. Заявлено 13.09.2004; Опубл. 07.06.2006.
5. Пат. KR 101185703. A detection method of gold nanoparticles using oligonucleotide comprising guanine / J.H. Kim. Опубл.24.06.2011.
6. Пат. WO2013088127 GB2511982 G01N15/06. Labelled nanoparticles and methods for their modification and detection / Y.G. Zhou, N.V. Rees, R.G. Compton. Заявлено 12.12.2011; Опубл. 11.12.2012.
7. Светличный В.А., Изаак Т.И., Бабкина О.В., Шабалина А.В. Синтез наночастиц металлов при лазерной абляции твердых тел в жидкостях наносекундным излучением 2-й гармоники Nd-YAG лазера // Известия высших учебных заведений: Физика. – 2009. – № 12. – С. 110–115.