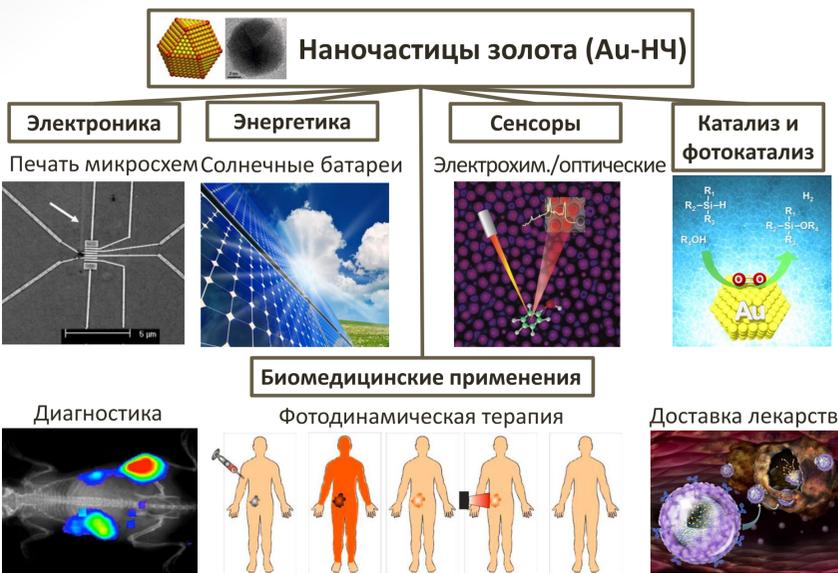




Влияние pH на скорость формирования и морфологию наночастиц золота в синтезе с использованием экстракта *Citrus limon*

Полякова Наталия Юрьевна

1 курс, лечебный факультет, ДОП, ФГБОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова
Минздрава России, 119991, Москва, Россия, e-mail: nataliya.yu.polyakova@gmail.com

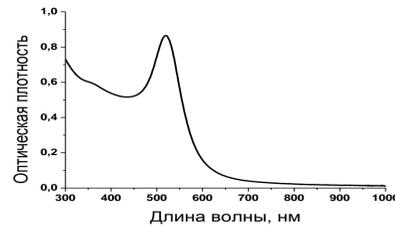
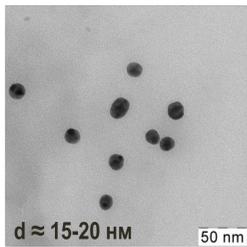


В химических методах синтеза Au-НЧ из соединений Au^{III} необходимо использовать восстановители и стабилизаторы.

Многие из них токсичные и дорогостоящие!

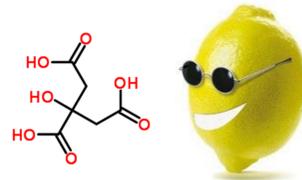
Использование природных реагентов

Уменьшение вредного влияния химических производств на экологию



Восстановление HAuCl_4 цитратом натрия ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$)

Природный источник лимонной кислоты и её солей – сок плодов лимона (*Citrus limon*): ≈ 48 г/л $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ (J Endourol., 2008, 22, 3, 567–570)



- Синтез наночастиц золота с использованием лимонного сока описан в литературе (Spectrochim. Acta A, 2013, 102, 15–23);
- НЕ ИЗУЧЕНО влияние pH на морфологию и оптические свойства получаемых частиц;
- В зависимости от pH:
 - Изменяется преобладающая форма существования лимонной кислоты ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_7^-$, $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_7^{2-}$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7^{3-}$);
 - Изменяется преобладающая форма существования Au^{III} ($[\text{AuCl}_4]^-$, $[\text{AuOHCl}_3]^-$, $[\text{Au}(\text{OH})_2\text{Cl}_2]^-$, ...);
- Различная реакционная способность данных соединений будет влиять на процесс формирования и свойства наночастиц золота.

Цель работы: Определение влияния pH реакционной смеси на размер, форму и оптические свойства наночастиц золота, полученных с использованием экстракта лимона.

Подготовка экстракта

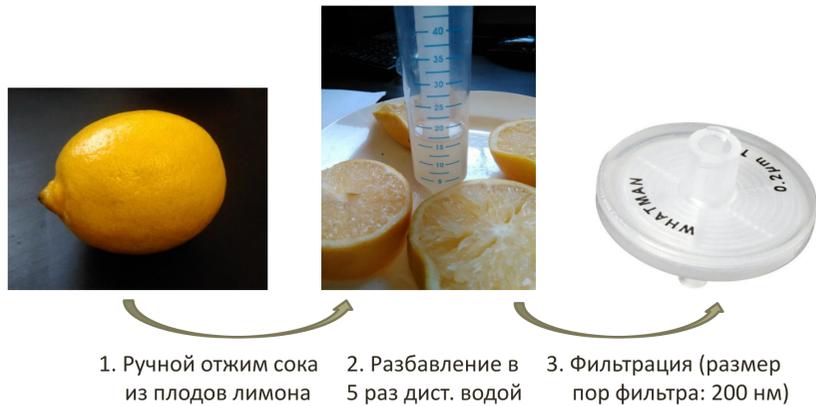
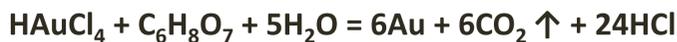
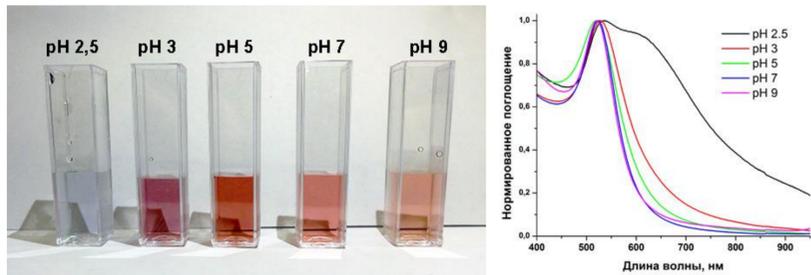
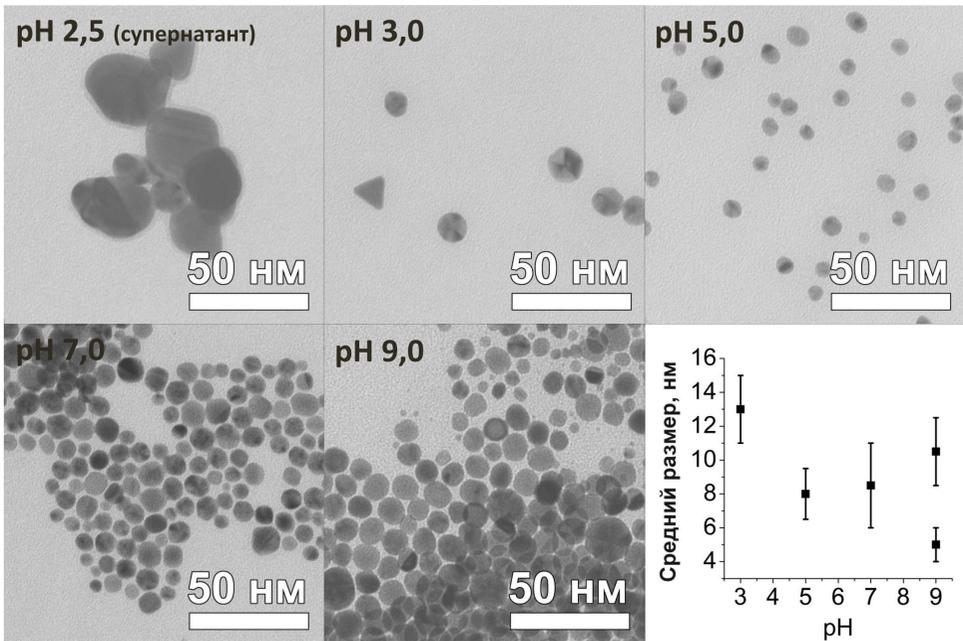


Схема синтеза



Влияние pH на скорость формирования, морфологию и оптические свойства Au-НЧ



pH	Средний размер частиц		Положение пика плазмонного резонанса	Время реакции	Средняя скорость роста одной Au-НЧ
	синтез с лимонным соком	синтез с $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ в аналогичных условиях*			
2,5	15-40 нм в агрегатах до 100 нм	---	Широкий пик в области 500-700 нм	1,5 мин	>1000 нм ³ /мин
3	13±2 нм (икосаэдрические, призматические, сферические частицы)	60 нм (призматические, сферические частицы)	528 нм, «хвост» в области 600-700 нм	2 мин	575 нм ³ /мин
5	8,0±1,5 нм	20 нм	520 нм	3 мин	90 нм ³ /мин
7	8,5±2,5 нм	23 нм	524 нм	30-35 мин	10 нм ³ /мин
9	10,5±2,0 нм и 5±1 нм	---	521 нм	40 мин	15 нм ³ /мин

* при тех же концентрациях реагентов и значениях pH (X. Ji и др. JACS, 2007, 129, 45, 13939–13948)

Выводы:

- Экстракт плодов лимона является эффективным восстановителем и стабилизатором для синтеза Au-НЧ.
- Впервые установлено, что изменение pH реакционной среды в синтезе с использованием сока лимона позволяет получать наночастицы золота с контролируемыми размерами и формой: сферические частицы со средними диаметрами 5-11 нм, а также частицы других форм (эллипсоиды, икосаэдры, треугольные призмы).
- В зависимости от морфологии Au-НЧ изменяются их оптические спектры поглощения. Наиболее узкие пики плазмонного резонанса с максимумами при длинах волн 524 нм и 521 нм наблюдаются в спектрах образцов, синтезированных при pH 7 и 9, соответственно.
- Монодисперсные Au-НЧ с размерами 8,0±1,5 нм и 8,5±2,5 нм формируются в синтезе с использованием лимонного сока при pH 5 и 7, соответственно. Для синтеза сферических наночастиц оптимален pH 5.
- В результате синтеза с использованием сока лимона формируются более мелкие частицы, чем в синтезе с использованием цитрата натрия в аналогичных условиях (одинаковые концентрации реагентов, pH). Это может объясняться присутствием в лимонном соке аскорбиновой и яблочной кислот, которые могут принимать участие в восстановлении соединений Au^{III}.
- Значительное различие скоростей реакции при pH 2,5-5 и 7-9, по-видимому, обусловлено пониженной реакционной способностью комплексных анионов $[\text{Au}(\text{OH})_2\text{Cl}_2]^-$, $[\text{Au}(\text{OH})_3\text{Cl}]^-$ и $[\text{Au}(\text{OH})_4]^-$, являющихся преобладающими формами золота (III) в нейтральной и щелочной среде.
- Наличие у полученных Au-НЧ интенсивного плазмонного резонанса, а также использование в синтезе природного нетоксичного реактива (лимонного экстракта), позволяет рассматривать полученные частицы в качестве перспективных наноразмерных меток, например, для маркирования и визуализации клеточных культур.

