

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра общей и неорганической химии

наименование кафедры

**Получение и свойства полиэлектролитных оболочек на поверхности  
золотых наночастиц**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студента (ки) 4 курса 411 группы

направления 04.03.01 «Химия»

код и наименование направления

Института химии

наименование факультета

Шпунтовой Дарьи Владимировны

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель  
профессор, д.х.н., доцент  
должность, уч. степень, уч. звание

14.06.18 *Н.А.Бурмистрова*  
дата, подпись

Н.А.Бурмистрова  
инициалы, фамилия

Зав. кафедрой:  
д.х.н., доцент  
должность, уч. степень, уч. звание

14.08.18 *Д.Г.Черкасов*  
дата, подпись

Д.Г. Черкасов  
инициалы, фамилия

Саратов 2018 г.

## Введение

**Актуальность работы.** Полиэлектrolитные микрокапсулы (ПЭК), а также материалы на их основе находят широкое применение в различных областях, включая биологию, биомедицину, материаловедение, катализ, фармацевтику, косметологию, тераностику. Отличительной особенностью таких материалов является их многофункциональность, а именно возможность введения в полиэлектролитную оболочку органических молекул, неорганических наночастиц, функциональных белков.

Проницаемость оболочек может быть изменена внешними воздействиями, такими как оптическое излучение, магнитное поле, ультразвук, действие ферментов, механическая деформация, температурное воздействие. Данное свойство микрокапсул делает их управляемыми для доставки лекарств и других применений. Придание капсулам собственной люминесценции полезно, поскольку это позволит отслеживать их положение.

Немаловажной особенностью ПЭК является возможность выбора темплата. В качестве темплата используют различные неорганические нано- и микрочастицы, эмульсии, клетки крови, бактерии. Наноразмерные материалы используются в биомедицине для магнитно-резонансной томографии, обнаружения биологических объектов и адресной доставки лекарств. Золотые наночастицы (ЗНЧ) особенно изучены в лечении рака и визуализации.

**Методы исследования.** Регистрацию спектров пропускания растворов проводили в кювете с толщиной стенок 1 см на спектрофотометре SHIMADZU UV-1800. Измерения спектров флуорисценции и возбуждения растворов проводили на спектрофотометре Cary Eclipse Fluorescence Spectrophotometer, который предназначен для измерения и регистрации спектров испускания и возбуждения флуоресценции веществ в области спектра 220-820 нм.

Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ). Для СЭМ-анализа образцы приготовили нанесением капли суспензии частиц на предметное стекло и затем сушкой в течение ночи. Затем образцы напыляли золотом, и измерения проводились с использованием прибора MIRA II LMU, фирма Tescan (Чехия, Брно).

Конфокальная лазерно-сканирующая флуоресцентная микроскопия (КЛСФМ). Конфокальные микрофотографии получали с помощью конфокальной сканирующей системы Leica-8. Длина волны возбуждения составляла 405 нм.

**Практическая значимость.** Практическая значимость исследования заключается в возможности использования его результатов в качестве люминесцентных материалов в визуализации и фототермической терапии раковых опухолей.

**Цели и задачи исследования.** Целью работы было создание полых микрокапсул и формирование на поверхности ЗНЧ полиэлектролитных слоев, их гидротермальная обработка, характеристика оптических свойств полученных материалов.

**Научная новизна.** Состоит в:

1. оптимизации методик функционализации поверхности полученных золотых наночастиц полиэлектролитными слоями;
2. проведении исследований влияния размера наночастиц на оптические свойства и стабильность полученных люминесцентных материалов.

**Структура и объем работы.** Работа состоит из введения, обзора литературы, описания методов исследования и методик синтеза полиэлектролитных капсул, золотых наночастиц и наращивания полиэлектролитных оболочек на золотые наночастицы, изложения результатов и их обсуждения (2 раздела), выводов и списка цитируемой литературы, содержащего 92 ссылки. Работа изложена на 46 страницах, содержит 19 рисунков и 4 таблицы.

## Основное содержание работы.

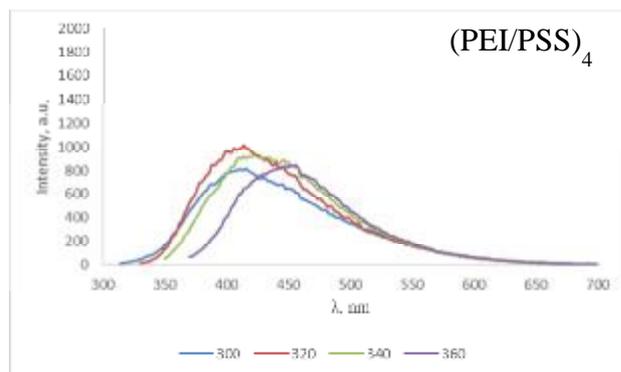
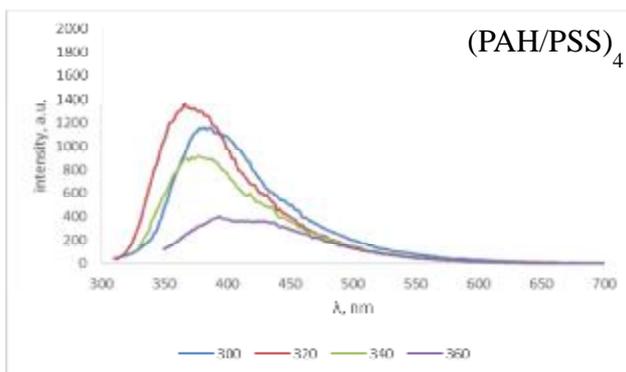
Во **введении** обоснована актуальность проведенных исследований, сформулирована их основная цель, описаны научная новизна и практическая значимость.

В **главе 1** представлен обзор литературы, в котором описаны физические и химические свойства золотых наночастиц, их оптические свойства в зависимости от строения и размера. Рассмотрены методы синтеза полиэлектролитных микрокапсул. Были подробно описаны способы синтеза ЗНЧ. Представлена общая информация по применению ЗНЧ в биотехнологии. Также была рассмотрена возможность ковалентной и нековалентной конъюгации ЗНЧ с органическими молекулами.

В **главе 2** представлено описание используемого оборудования и реагентов, используемых для проведения синтеза ПЭК и ЗНЧ, их стабилизации полиэлектролитами. Представлены реагенты, которые необходимы для приготовления растворов, используемых в синтезе. Описаны методы исследования, которые применяли для изучения свойств ПЭК и ЗНЧ.

**Глава 3** посвящена изучению оптических свойств полиэлектролитных микрокапсул и их зависимость от состава.

Полученные капсулы разного состава подвергали гидротермальной обработке в течение 3 часов.



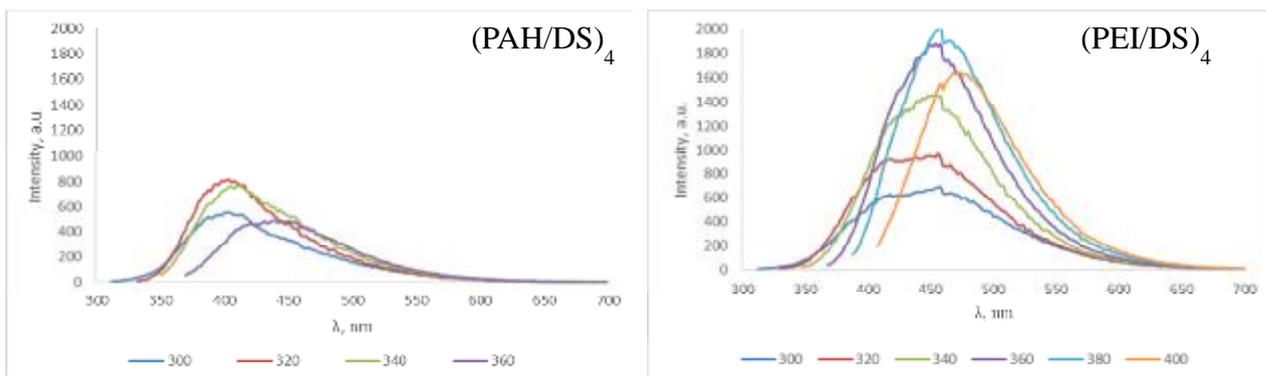


Рисунок 1 – Спектры люминесценции образцов после гидротермальной обработки

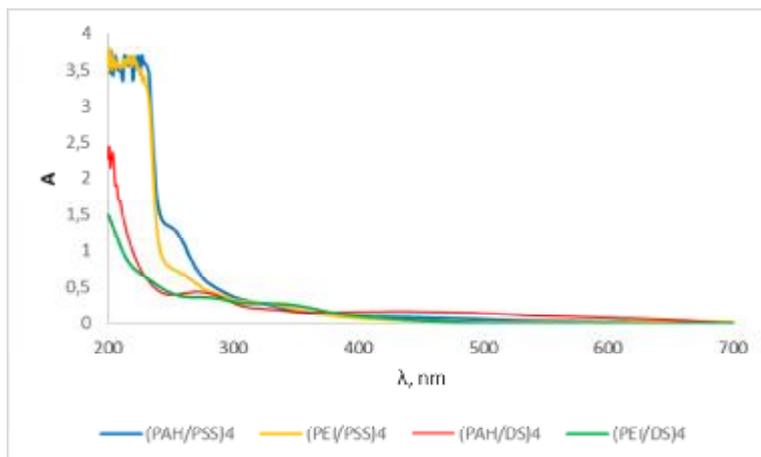


Рисунок 2 – Спектры поглощения образцов после гидротермальной обработки

Полученные образцы обладают спектром с широким пиком в области 300-600 нм, пик люминесценции смещается в зависимости от состава образца. Наиболее интенсивная ФЛ была получена в образце  $(PEI/DS)_4$  при длине волны возбуждения 360 нм, максимум люминесценции находился при 460 нм (рис. 3.2). Максимумы поглощения наблюдаются в области 250-280 нм. Наиболее интенсивным пиком поглощения обладает образец состава  $(PAH/PSS)_4$ .

Таблица 1 – Снимки образцов с конфокального микроскопа

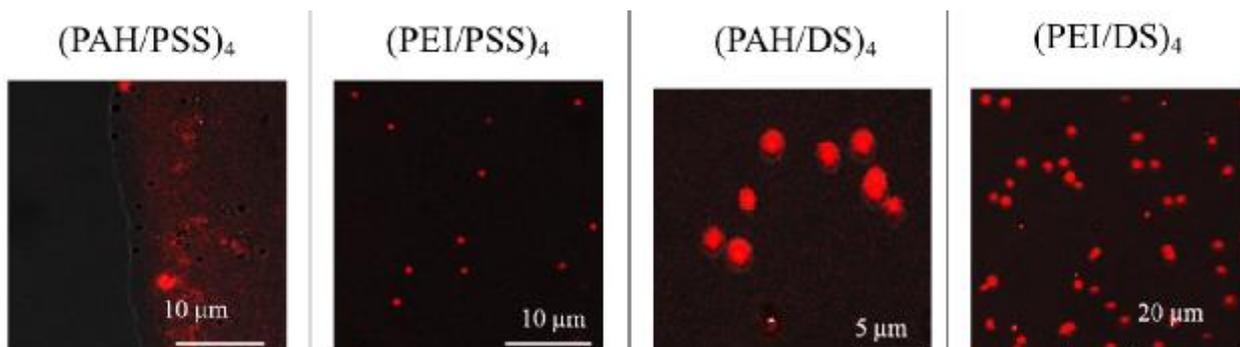
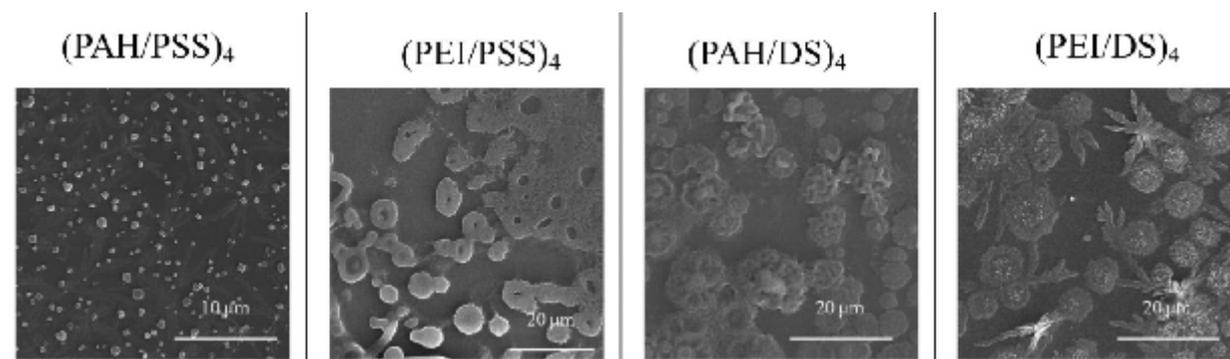


Таблица 2 – Снимки образцов со сканирующего электронного микроскопа



На снимках видна сферическая форма полученных полиэлектrolитных капсул, размер капсул 1-5 мкм. На снимках с конфокального микроскопа четко видны люминесцентные центры.

Так же были изучены оптические свойства золотых наночастиц и наночастиц, стабилизированных полиэлектrolитами.

Полученные ЗНЧ 16 нм и 40 нм подвергали гидротермальной обработке в течение 3 часов.

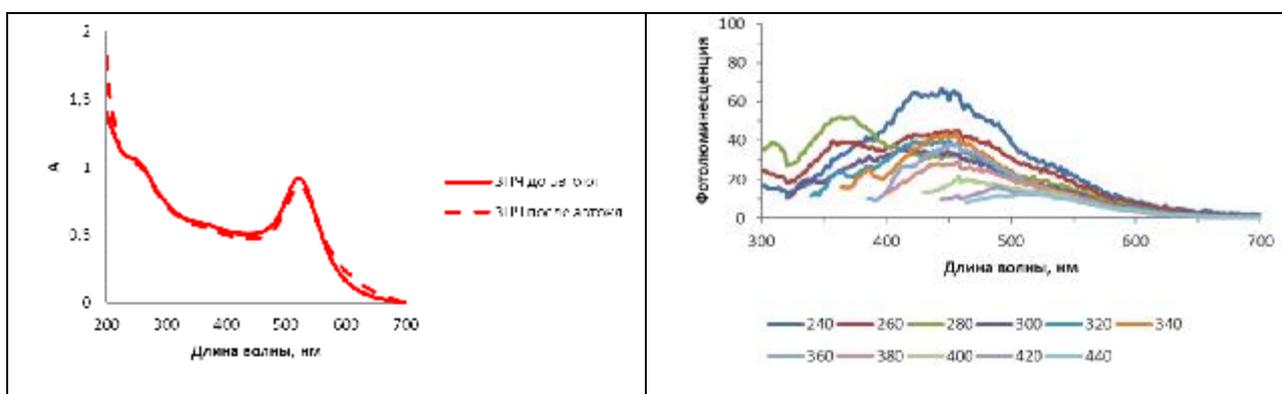


Рисунок 3 – Спектры поглощения до и после гидротермальной обработки и люминесценции ЗНЧ 16 нм после гидротермальной обработки

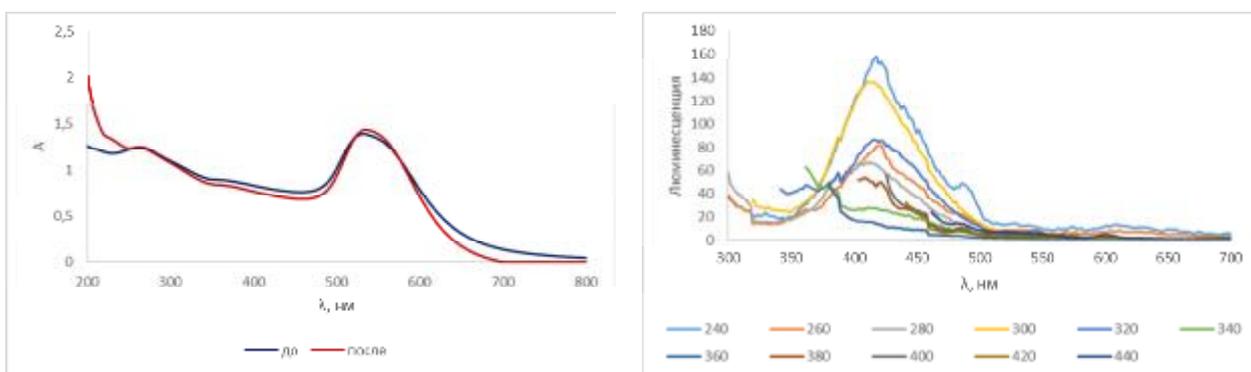


Рисунок 4 – Спектры поглощения и люминесценции ЗНЧ 40 нм после гидротермальной обработки

Пик поглощения у ЗНЧ размером 16 нм наблюдается в области 520 нм, у ЗНЧ размером 40 нм – в области 535 нм. Причем ЗНЧ 40 нм обладают более интенсивным пиком поглощения, что говорит о более высокой концентрации частиц. Оба образца ЗНЧ обладают незначительной люминесценцией.

Из-за более высокой стабильности были выбраны ЗНЧ с размером 40 нм. Было получено 4 образца стабилизированных наночастиц с числом слоев от 1 до 4.

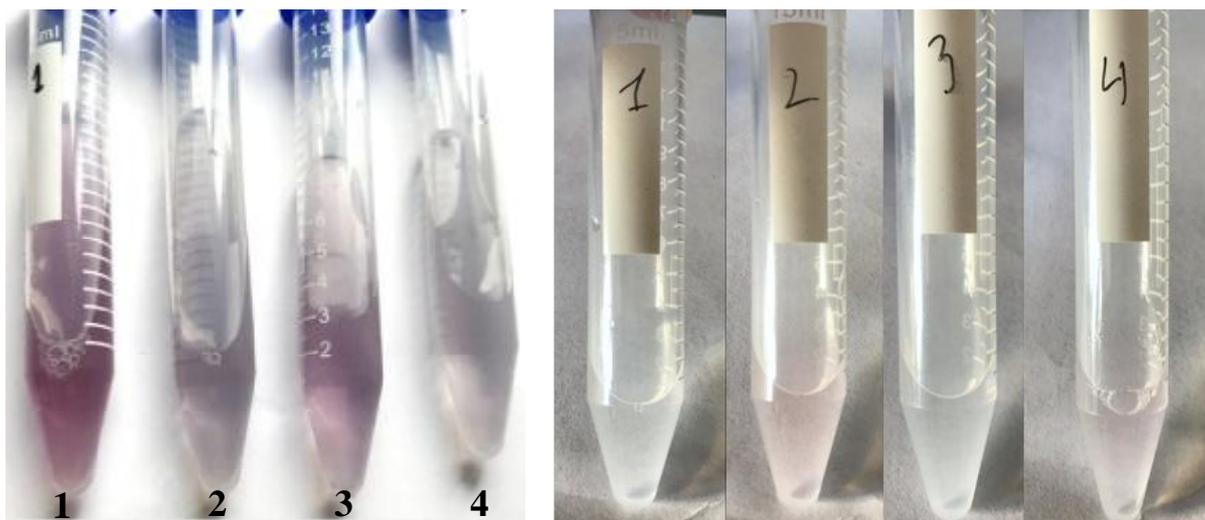


Рисунок 5 – Снимки образцов до и после гидротермальной обработки

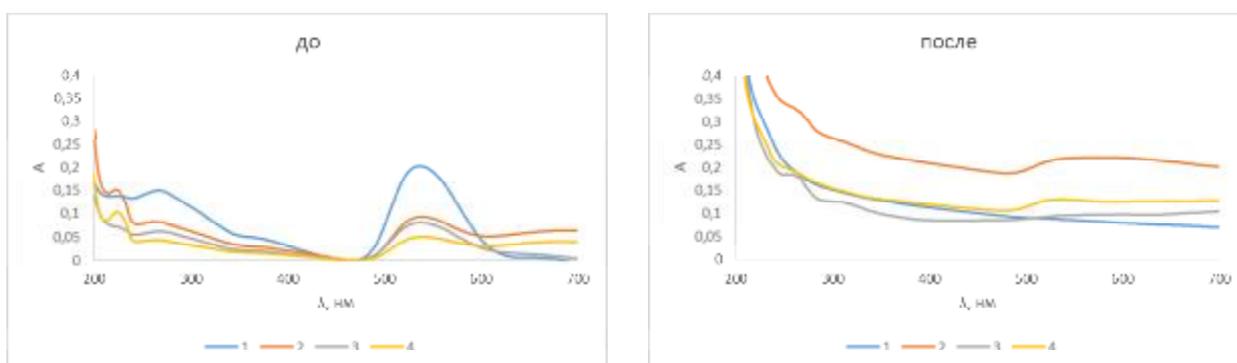
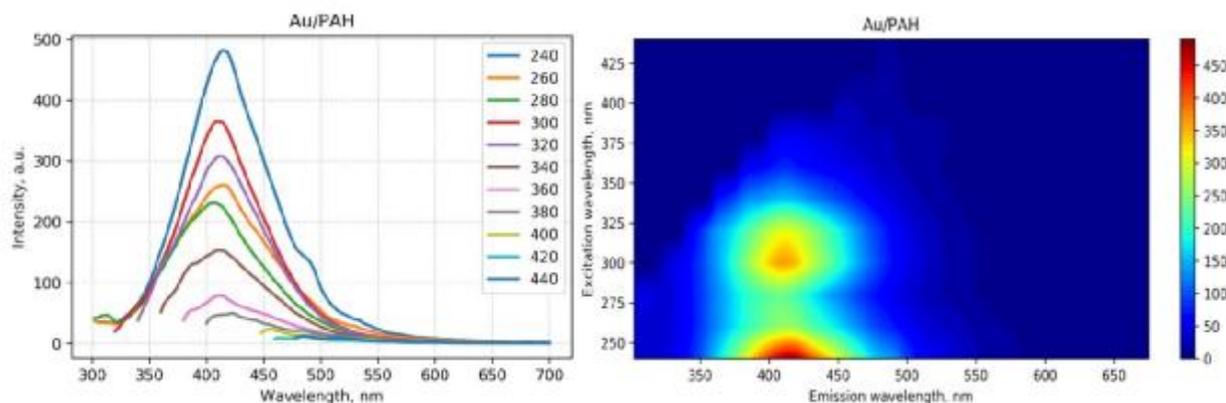


Рисунок 6 – Спектры поглощения образцов до и после гидротермальной обработки



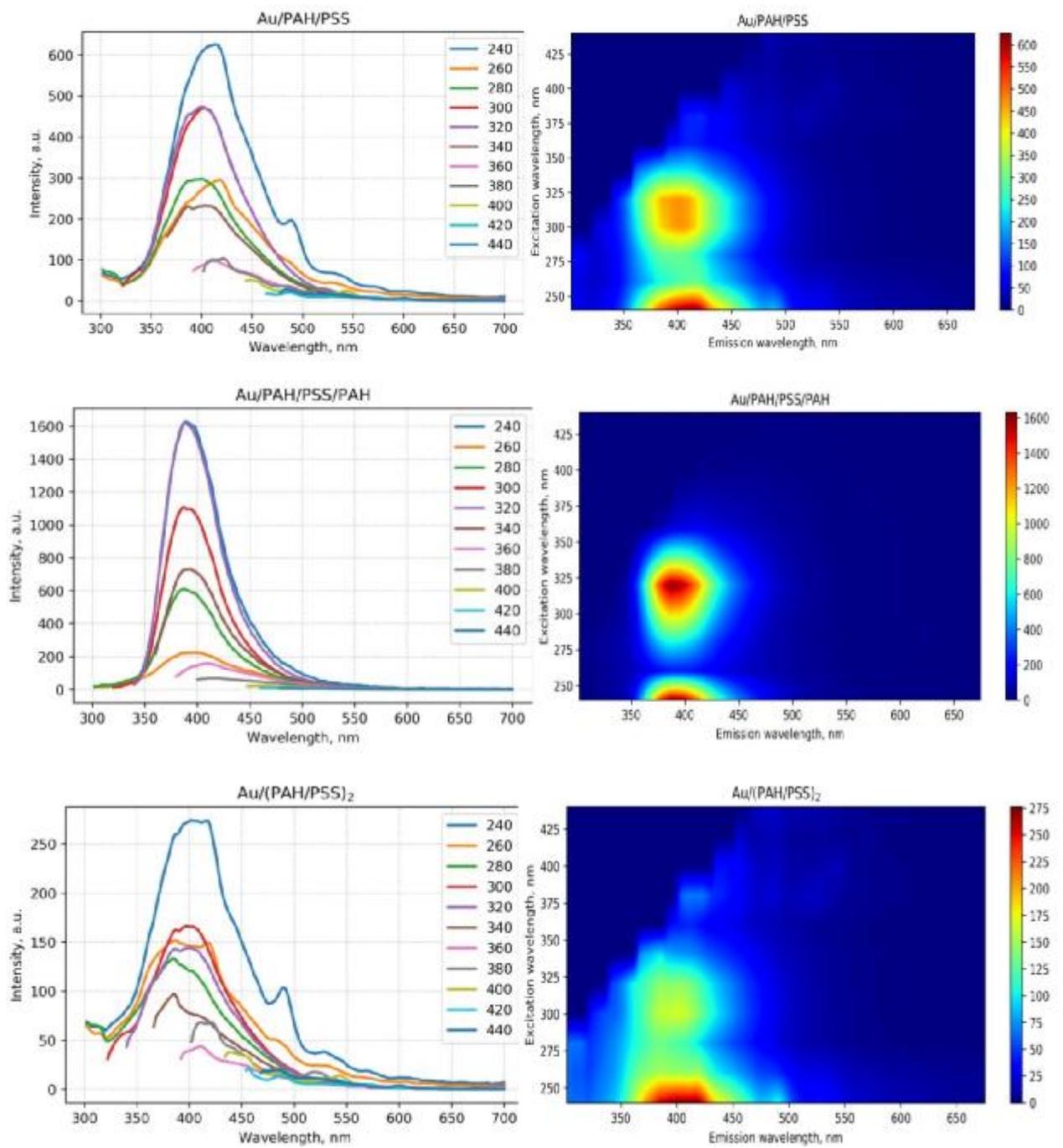


Рисунок 7 – Спектры люминесценции образцов после гидротермальной обработки

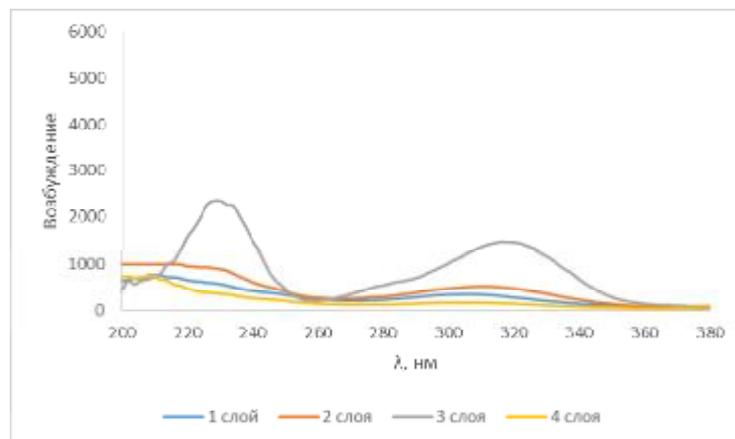


Рисунок 8 – Спектры возбуждения образцов после гидротермальной обработки ( $\lambda=400$  нм)

После гидротермальной обработки происходит значительное снижение интенсивности пика поглощения ЗНЧ, что отражается на цвете растворов. Наиболее стабильными оказываются образцы с 2 и 4 слоями, что связано с одинаковым составом последнего слоя (PSS). Самой высокой люминесценцией обладает образец с 3 слоями. После 3 слоев происходит резкое падение люминесценции, что говорит о нестабильности системы.

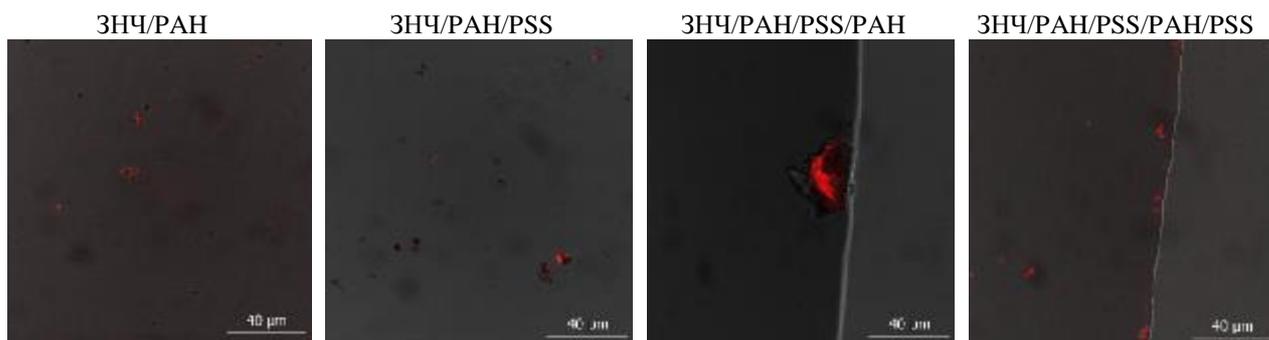


Рисунок 9 – Снимки образцов с конфокального микроскопа

На конфокальном микроскопе видны только агрегаты ЗНЧ из-за малых размеров и концентраций.

## Заключение

1. Были получены полые люминесцентные полиэлектролитные микрокапсулы сферической формы с характерными пиками поглощения. Показано, что образец состава  $(PEI/DS)_4$  обладает наиболее интенсивной люминесценцией.
2. Получены ЗНЧ, стабилизированные полиэлектролитами, с разным числом слоев на ЗНЧ разного размера. ЗНЧ размером 16 нм не подходят для покрытия их полиэлектролитными слоями. Изучение стабильности ЗНЧ, покрытых полиэлектролитными слоями, требует проведения дополнительных исследований.

14.06.18 *ceg*