

в виде дублета дублетов с  $J^2 = 11$  Гц;  $J^3 = 2-3$  Гц. Указанные константы спин-спиновых взаимодействий ангулярных протонов биспидиновой системы с соседними возможны только лишь при «кресло-кресло» конформации обоих пиперидиновых циклов.

Таким образом, разработаны новые синтоны потенциальных неопиатных анальгетиков и антагонистов опиатов и установлено, что синтезированные 3,7-дизамещенные 3,7-диазабицикло[3.3.1]нонан-9-оны имеют термодинамически более выгодные конформации с «кресло-кресло» сочленением пиперидиновых колец.

### Список литературы

1. Моисеева Л.М., Лукьянова М.С., Колтунова А.А., Воронина Е.И. // Тр. между. науч. конф. «Химия и применение природных и синтетических биологически активных соединений». – Алматы, 2004. – С.430–433.
2. Предпат. №17643 KZ. 2006.
3. Предпат. №11198 KZ. 2002.
4. Горбатова Е.Н., Дарховский М.Б., Духович Ф.С. Молекулярное узнавание: фармакологические аспекты. – М.: Медицина, 2004. – 224 с.

---

## Разработка метода иммобилизации пептидов на поверхности наночастиц оксида железа (III)

Е.А. Осипенко

Научные руководители – д.х.н. В.Д. Филимонов; к.б.н. А.Г. Першина;  
к.х.н. А.М. Дёмин

*Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, osipenkoea90@mail.ru*

На сегодняшний день ранняя диагностика социально-значимых заболеваний является приоритетным направлением научных разработок. Современным эффективным диагностическим методом является магнитно-резонансная томография (МРТ) с введением контрастного вещества, которая позволяет оценивать структуры практически всех тканей и дает полноценную детальную картину исследуемой области тела. Суперпарамагнитные наночастицы железа представляют собой эффективные МРТ-контрасты и проявляют более низкую токсичность по сравнению с широко используемыми контрастами на основе гадолиния. Это обуславливает перспективность использования МРТ-контрастов на основе наночастиц оксида железа(III) для специфичного выявления патологических процессов методом МРТ. Нацеливание наночастиц векторными пептидами позволяет значительно повысить

специфичность диагностики патологического процесса методом МРТ. Однако, процесс иммобилизации пептидов на поверхности магнитных наночастиц (МНЧ) сопряжен с риском протекания побочных процессов. Цель работы состояла в разработке метода иммобилизации пептидов на примере триглицина Gly-Gly-Gly на поверхности МНЧ и оценке протекания побочных процессов в ходе данной реакции.

В работе были использованы МНЧ, синтезированные методом осаждения из растворов солей  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Fe}^{2+}$  (с диаметром до 20 нм по данным ПЭМ и удельной намагниченностью 75–80 Гс  $\text{см}^3/\text{г}$ ). МНЧ были функционализированы N-(фосфонометил)иминодиуксусной кислотой (PMIDA) для формирования на их поверхности карбоксильных групп (МНЧ-PMIDA-COOH).

На первом этапе проводили модельные реакции поликонденсации молекул пептида в присутствии водорастворимого карбодимида EDC (1-этил-3-(3-диметиламинопропил) карбодимид). Поликонденсацию Gly-Gly-Gly проводили в водной среде, при использовании эквимольного количества EDC. Через сутки реакционную массу упаривали досуха, полученный маслянистый продукт анализировали методом масс-спектрометрии (MicrOTOF-Q II фирмы Bruker Daltonics (Германия), оснащённым электроспрей источником ионизации) диапазон сканирования образцов – 50–900  $m/z$ . В заданном диапазоне сканирования обнаружены следующие продукты реакции: небольшое количество исходного пептида, пептиды, содержащие 2, 3, 4 остатков Gly-Gly-Gly, их O-ацильные производные мочевины (образованные в результате присоединения EDC к карбоксильной группе Gly-Gly-Gly) и дизамещённую мочевины.

На втором этапе проводили иммобилизацию Gly-Gly-Gly на МНЧ-PMIDA-COOH. EDC аналогично брали в эквимольном количестве в водной среде. Для оптимизации условий синтеза добавление Gly-Gly-Gly проводили через 30 мин после добавления EDC к суспензии наночастиц. В реакционной массе продуктов поликонденсации пептида методом масс-спектрометрии не выявлено ((Gly-Gly-Gly)<sub>2</sub> – в следовых количествах). В масс-спектрах основными молекулярными ионами являлись ионы, соответствующие только дизамещённой мочевины и её осколочным ионам. Непрореагировавший пептид Gly-Gly-Gly присутствовал в масс-спектрах в незначительных количествах.

Иммобилизация пептида подтверждена данными ИК-спектроскопии. В спектрах НПВО модифицированных МНЧ-PMIDA-Gly-Gly-Gly наблюдались полосы поглощения при 1628, 1522, 1400  $\text{см}^{-1}$  (CO–NH), 2919, 2846  $\text{см}^{-1}$  (C–H) и 450  $\text{см}^{-1}$  (Fe–O).

В результате проведенных экспериментов, нами предложен метод иммобилизации пептидов на поверхности МНЧ на основе  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Показано, что в ходе реакций иммобилизации в исследованных условиях побочных процессов не протекает. Данный метод позволяет повысить выход целевого продукта, и может быть использован для эффективной иммобилизации любого пептида на поверхности магнитных наночастиц, функционализированных РМДА.

Работа выполнена при финансовой поддержке УрО РАН (проекты №12-П-234-2003 и 12-П-3-1030), Российского фонда фундаментальных исследований (проект №14-03-00146-а), а также в рамках Государственной программы поддержки ведущих научных школ (грант НШ 5505.2012.3).

---

### **Au–Ag/TiO<sub>2</sub> катализаторы «зеленого» селективного окисления спиртов**

Е.Г. Пакриева<sup>1</sup>, Е.Н. Колобова<sup>1</sup>, Ю.С. Котолевич<sup>2</sup>,  
Н.Е. Богданчикова<sup>2</sup>, М.Н. Farias<sup>2</sup>, V. Cortés Corberán<sup>3</sup>  
Научный руководитель – д.х.н., профессор А.Н. Пестряков

<sup>1</sup>*Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, epakrieva@mail.ru*

<sup>2</sup>*Центр нанонауки и нанотехнологий  
Национальный автономный университет Мексики  
22800, Мексика, Энсенада*

<sup>3</sup>*Институт катализа и нефтехимии  
Испанский совет по научным исследованиям  
28049, Испания, Мадрид*

Селективное окисление жирных спиртов, которые в больших количествах присутствуют в отходах лесного и сельского хозяйства, а также бумажной промышленности, позволит использовать их в качестве нового ресурса для получения нужных альдегидов, кетонов, эфиров и жирные кислот, которые являются ценными промежуточными продуктами для тонкой химической, фармацевтической и агрохимической промышленности.

В настоящее время ведутся интенсивные исследования катализаторов на основе наночастиц золота [1]. Главной проблемой данных каталитических систем является их быстрая дезактивация (в основном за счет агрегации наночастиц золота), как в процессе работы, так и при хранении. Одним из способов предотвращения дезактивации катализаторов на основе золота является добавление второго металла. Биме-