

2. Krylov A. S., Petrosian A. A., Piperskaya J. L., Svintsitskaya N. I., Dogadina A. V. // Beilstein J. Org. Chem. 2019. Vol. 15. P. 1563–1568.

\* Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание 785.00.X6019) и гранта РФФИ № 19-03-00365.

УДК 543.422.3+547.567

**А. А. Кудреватых, Л. С. Клименко**

*Югорский государственный университет,  
6280012, Россия, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16,  
alexandra.korolkova@mail.ru*

## **ТВЕРДОФАЗНОЕ АРИЛАМИНИРОВАНИЕ ПОЛИГАЛОГЕНАНТРАХИНОНОВ – УДОБНЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА НОВЫХ ХЕМОСЕНСОРОВ НА КАТИОНЫ МЕТАЛЛОВ\***

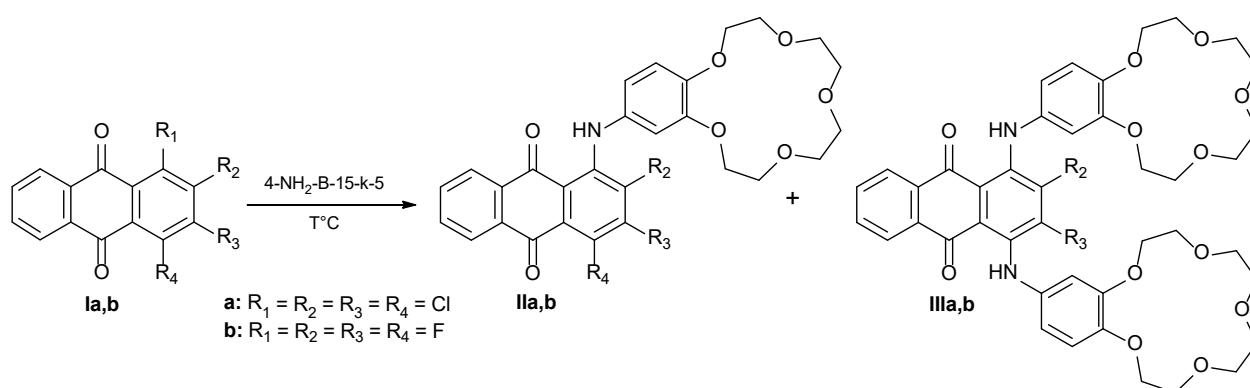
**Ключевые слова:** полигалогенантрахиноны, краун-эфир, ариламины, хемосенсоры, твердофазный синтез.

Создание химических молекулярных сенсоров, способных быстро и селективно определять содержание элементов и их соединений, является важной задачей современных научных исследований [1]. В составе сенсорных аналитических систем широко используются коммерчески доступные производные антрахинона в силу многообразия свойств и возможностей их варьирования в широких пределах путем изменения молекулярной структуры [2]. Ранее нами фотохимическим путем была синтезирована серия краунсодержащих иминов 1-гидроксиантрахинона с различными заместителями в антрахиноновом ядре. Экспериментально было показано, что они являются эффективными хемосенсорами на катионы щелочноземельных металлов, а введение акцепторных заместителей увеличивает спектральный отклик при комплексообразовании [3]. Продолжая работу по исследованию свойств макроциклических производных антрахинона, представляло интерес получение краунсодержащих ариламинопроизводных тетрафтор- и тетрахлорантрахинонов на основе реакций нуклеофильного ариламинирования.

Объектами исследования являются 1-ариламино-2,3,4-трифтор(хлор)- и 1,4-диариламино-2,3-дифтор(хлор)антрахиноны, т. к. они обладают более глубокой окраской по сравнению с  $\beta$ -ариламинопроизводными. Сложность подбора условий селективного замещения в  $\alpha$ -положение состоит в том, что

направление реакций нуклеофильного замещения в полигалогенантрахинонах неоднозначно и приводит к смеси продуктов. Было показано, что в неполярных растворителях имеет место преимущественное замещение  $\alpha$ -атома галогена, а в диполярных апротонных растворителях –  $\beta$ -атома галогена [4].

Для получения продуктов замещения  $\alpha$ -атомов галогенов нами был использован как стандартный метод – проведение реакций в растворе, так и твердофазный механохимический способ синтеза. Оказалось, что кипячение **Ia,b** в гептане и толуоле с 4-аминобензо-15-краун-5-эфиром приводит к смеси продуктов моно- и дизамещения в  $\alpha$ - и  $\beta$ -положениях антрахинонового ядра с преобладанием продуктов  $\alpha$ -замещения.



Известно, что в ряде случаев органические реакции в твердой фазе идут более избирательно, причем скорость твердофазной реакции может быть существенно увеличена (на несколько порядков) механохимической активацией. Для увеличения региоселективности реакции замещения атомов галогена в  $\alpha$ -положении нами были проведены реакции ариламинования полигалогенантрахинонов (**Ia,b**) в твердой фазе. С этой целью смесь соединения **Ia** или **Ib** и аминобензокраунэфира тщательно растирали и затем нагревали в закрытом бюксе в течение 1–2 часов при 80 °С. В зависимости от эквимолярного соотношения реагентов продукты моно- (**IIa,b**) и ди- (**IIIa,b**) замещения были выделены с количественным выходом. Аналогичные результаты были получены нами при проведении твердофазной реакции **Ia,b** с *n*-толуидином.

Таким образом, в результате проведенных экспериментов нам удалось показать, что реакции ариламинования полигалогенантрахинонов могут быть проведены региоселективно в твердой фазе без растворителя и катализаторов. Отсутствие растворителя значительно упрощает процесс выделения продуктов реакции, делает его более экономически выгодным и экологически чистым.

### Список литературы

1. Wang B. Chemosensors: Principles, Strategies, and Applications. Hoboken: John Wiley & Sons, 2011. 540 p.
2. Saini R., Kaur N., Kumar S. // Tetrahedron. 2014. Vol. 70. P. 4285–4307.
3. Kudrevatykh A. A., Neznaeva D. A., Martyanov T. P., Klimenko L. S. // Russ. Chem. Bull. 2019. Vol. 68 (3). P. 623–627.

4. Горелик М. В. Химия антрахинонов и их производных. М.: Химия, 1983. 296 с.

\* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства ХМАО-Югры (проект № 18-43-860005).

УДК 57.085.23;547.424

У. Ш. Кузьмина<sup>1</sup>, Р. З. Раскильдина<sup>2</sup>, С. С. Злотский<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ИБГ УФИЦ РАН,  
450054, Россия, г. Уфа, пр. Октября, 71/1Е,  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «УГНТУ»,  
450062, Россия, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1,  
graskildina444@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАМЕЩЕННЫХ 1,3-ДИОКСАЦИКЛОАЛКАНОВ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ КЛЕТОК SH-SY5Y НА МОДЕЛИ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА\*

**Ключевые слова:** полиолы, SH-SY5Y, окислительный стресс, замещенные 1,3-диоксациклоалканы.

Окислительный стресс лежит в основе патогенеза сердечно-сосудистых, нейродегенеративных, воспалительных, онкологических заболеваний, а также процесса старения. Известно, что окислительный стресс развивается на фоне дисбаланса системы «прооксиданты – антиоксиданты», что приводит к нарушениям в свойствах биологических мембран и функционировании клеток, однако данные нарушения могут быть полностью или частично скорректированы применением антиоксидантов [1, 2]. В этой связи активно ведется поиск новых антиоксидантов среди различных классов химических веществ. С использованием *in vitro* модели окислительного стресса были изучены антиоксидантные свойства новых соединений, полученных конденсацией промышленно доступных полиолов (этриола, пентаэритрита и диглицерола) с предельными (изобутаналь), циклическими (циклогексанон), ароматическими (салициловый) альдегидами и параформом по известной методике [3]. Для моделирования окислительного стресса клетки нейробластомы человека SH-SY5Y инкубировали с пероксидом водорода (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Жизнеспособность клеток оценивали с помощью PrestoBlue-теста. Согласно полученным данным, на фоне действия 7, 11, 18, 21-тетраоксаспиро[5.2.2.512.29.26]гексакозана, 2-[5-этил-5-окси(метил)-1,3-диоксан-2-ил]фенола, 4,4-[оксиди(метилен)]бис-1,3-диоксолана