

что свидетельствует об облегчении процесса окисления.

Таким образом, нами была доказана целесообразность применения модификации поверх-

ности графитового электрода солями арендиазония для определения аминокислот, на примере метионина.

### Список литературы

1. *Определение содержания метионина и витамина B<sub>1</sub> методом высокоэффективной жидкостной хроматографии* / Ху Нун, Ма Виао, Лу Йи // *West China J. Pharm. Sci.*, 2006.– Т.21.– №2.– С.210–211.
2. *Количественное определение S-метионина в сырых овощах и зеленом солоде методом диффузии стабильных изотопов в сочетании с ГХ-МС/МС. Сравнение с образованием диметилсульфида после тепловой обработки* / Scherb Julia, Kreissl Johanna, Haupt Sonja, Schieberle Peter // *J. Agr. and Food Chem.*, 2009.– Т.57.– №19.– С.9091–9096.
3. Пат. 2366929 Россия, G01N21/33(2006.01). *Способ количественного определения метионина в водных растворах* / Бондарева Л.П., Овсянникова Д.В., Селеменев В.Ф., Лагутина Е.С. №2008118451/28. Заявл. 13.05.2008. Опубл. 10.09.2009.
4. *Методическая и практическая необходимость определения метионина в кормах в виде его окиссоединений методом капиллярного электрофореза* / Воронкова Ф.В., Мамаева М.В. // *Аналитическая хроматография и капиллярный электрофорез: Материалы Всероссийской конференции, Краснодар, 26 сент. 1 окт., 2010.– Краснодар, 2010.– С.260.*
5. Турусова Е.В., Григорьева Л.А., Лыщиков А.Н., Насакин О.Е. *Использование фотогенерированного йода для оценки // Фармацевтические науки, 2014.– №6.– С.951–955.*
6. Beitollaxi H., Mohadezi A., Ghorbani F. and all. *Electrocatalytic measurement of methionine concentration with a carbon nanotube paste electrode modified with benzoylferrocene* // *Chinese Journal of Catalysis*, 2013.– V.34.– P.1333–1338.

## КИНЕТИЧЕСКИЕ И АКТИВАЦИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕАКЦИИ ЦИКЛОПРОПАНИРОВАНИЯ ПО БИНГЕЛЮ

Ю.Н. Биглова<sup>1</sup>, И.М. Сахаутдинов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Башкирский государственный университет  
4500074, Россия, г.Уфа, ул. Заки Валиди 32, bn.yulya@mail.ru

<sup>2</sup>Уфимский Институт химии РАН  
450054, Россия, г. Уфа, пр. Октября 71

С момента разработки методов синтеза фуллерена C<sub>60</sub> в мультigramмовых количествах, огромное число исследований посвящено разнообразным способам его функционализации, а также перспективам применения в различных отраслях науки, техники, биологии и медицины. Однако в научной литературе практически отсутствуют полновесные систематические исследования, позволяющие контролировать и грамотно проводить функционализацию C<sub>60</sub> с высоким выходом целевого продукта необходимого строения. Нами осуществлено кинетическое исследование процесса циклопропанирования фуллерена C<sub>60</sub> галогенметилкетонами в условиях реакции Бингеля.

Кинетику превращения C<sub>60</sub> в метанофулле-

рены изучали в условиях гомогенного катализа с использованием обращенно-фазного варианта ВЭЖХ, для которого были предварительно подобраны оптимальные условия хроматографирования.

Для решения поставленных задач в качестве целевых продуктов выбраны неописанные в научной литературе метанофуллерены, синтезированные по следующей схеме 1.

Хроматографические исследования различных мольных соотношений реакционной смеси фуллерена с хлорметилкетонами (Cl-K) (или бромметилкетон (Br-K)) в присутствии DBU в толуоле в течение процесса позволили получить кинетические кривые расходования исходного фуллерена и накопления моно-ММФ и ди-аддук-

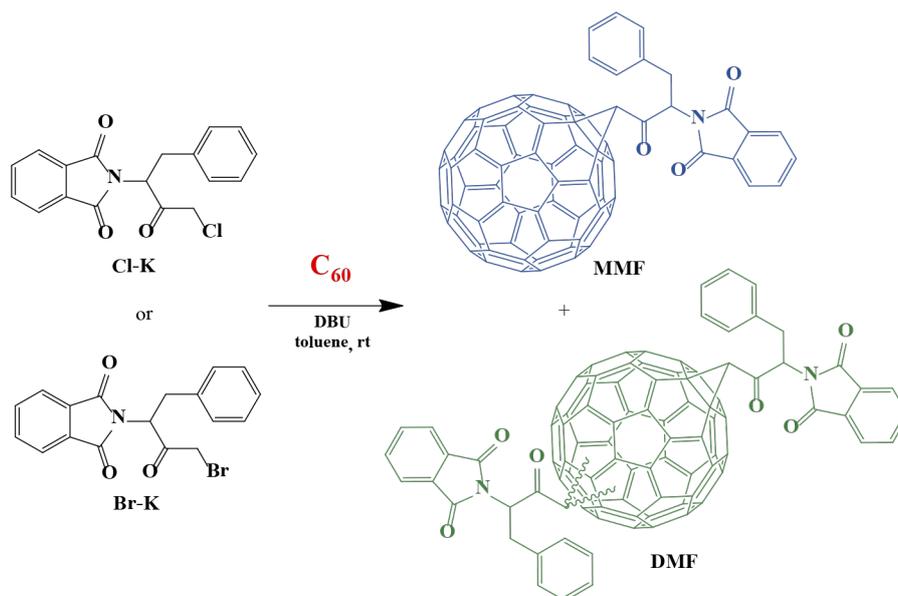


Схема 1. Синтез моно- и дизамещенных производных C<sub>60</sub>

Таблица 1. Значения скоростей реакции циклопропанирования C<sub>60</sub> по Бингелю при различных температурах

t, °C	T, K	1000/T, K	C <sub>60</sub> :Cl-K=1:1		C <sub>60</sub> :Br-K=1:1	
			v × 10 <sup>-6</sup> , M/мин	ln v	v × 10 <sup>-6</sup> , M/мин	ln v
21	294,15	3,4	0,20	-1,609	0,10	-2,302
35	308,15	3,245	0,71	-0,342	0,50	-0,693
50	323,15	3,095	1,73	0,5481	1,50	0,4054
65	338,15	2,957	4,40	1,4816	3,59	1,2781

тов (DMF).

На основании накопленного в результате эксперимента набора кинетических кривых решалась обратная кинетическая задача, которая заключается в проверке предполагаемого механизма реакции. Для описания кинетического уравнения процесса циклопропанирования по Бингелю необходимы такие параметры, как константа скорости и порядок реакции. Определение последнего осуществляли несколькими методами.

Установлено, что взаимодействие галогенметилкетона с фуллереном в присутствии ДБУ в толуоле является сложной с 1 порядком по C<sub>60</sub> и суммарным 3 порядком реакции.

Для нахождения активационных параметров циклопропанирования C<sub>60</sub> по Бингелю хроматографические исследования проводили в интервале температур от комнатной до 65 °C. Изменения скорости при увеличении температуры реакционной смеси представлено в табл. 1.

Обработка экспериментальных данных в координатах уравнения Аррениуса позволила определить активационные параметры реакции Бингеля:

$$\text{Cl-K: } \ln v = (21,9 \pm 1,8) - (57,2 \pm 5,4)/RT$$

$$\text{Br-K: } \ln v = (25,1 \pm 1,8) - (66,7 \pm 5,4)/RT$$

Данные показывают, что хлорметилкетон, в качестве циклопропанирующего агента в реакции Бингеля активнее, чем бромметилкетон.