

процесса в толуоле с участием инициатора – пероксида бензоила. Выходы поливинилимидазола, поли-2-винилпиридина и поли-4-винилпиридина соответственно составили 60 %, 42 % и 58 %.

#### Список литературы

1. Дюга Г., Пенни К. Биоорганическая химия: Химические подходы к механизму действия ферментов // пер. с англ. М.: Мир, 1983. С. 294–300.

*\* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 18-29-12129мк.*

УДК 547.759

**О. И. Каргина<sup>1</sup>, Л. М. Горностаев<sup>2</sup>,  
Т. И. Лаврикова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Уральский государственный медицинский университет,  
620028, Россия, г. Екатеринбург, ул. Репина, 3,  
kargina-usma87@yandex.ru,

<sup>2</sup>Красноярский государственный педагогический университет  
им. В. П. Астафьева,  
60049, Россия, г. Красноярск, ул. А. Лебедевой, 89,  
gornostaev@kspu.ru

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОИЗВОДНЫХ НАФТО[1,2,3-*cd*]ИНДОЛ-6(2*H*)-ОНА**

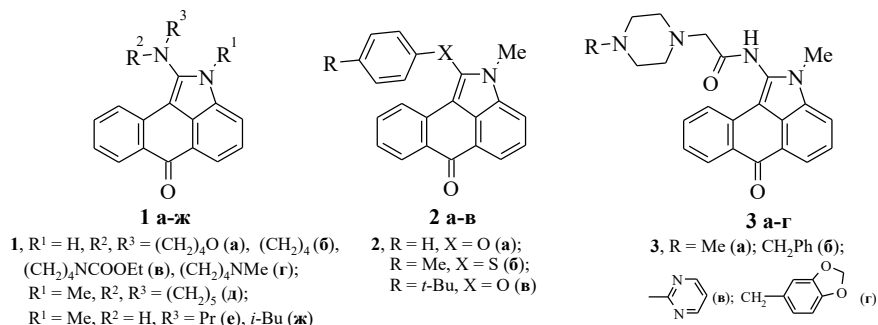
**Ключевые слова:** аминометилирование, 1-нитронафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-оны, 1-хлорацетиламинонафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-он, нуклеофильное замещение, функционализация нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-она.

Нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-оны (пирролантроны) предложены в качестве компонентов электролюминесцентных композиций [1–3].

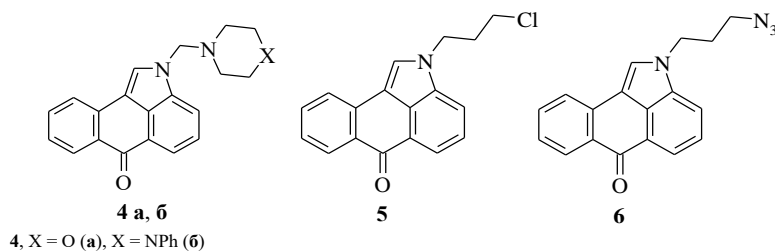
Полициклическая структура пирролантронов и высокий квантовый выход люминисценции позволяет рассматривать их в качестве флуоресцентных меток, а наличие индольного фрагмента в составе побуждает к изучению их биологической активности.

Разработанный нами одностадийный способ получения нафто[1,2,3-*cd*]индол-6(2*H*)-она [4] позволил изучить способы модификации пиррольного цикла по положениям 1 и 2 и получить широкий спектр веществ.

Установлено [5, 6], что нитрогруппа в 1-нитропирролантроне легко подвергается нуклеофильному замещению *N*-, *S*- и *O*-нуклеофилами, образуя продукты **1** и **2**. Атом хлора в 1-*N*-хлорацетиламинопирролантроне замещается вторичными аминами с образованием веществ **3**.



Найдено, что в условиях реакции Манниха пирролантрон аминотетилируется по атому азота с образованием веществ **4**, а при взаимодействии с 1-бром-3-хлорпропаном получено соединение **5**, в котором атом хлора сохраняет высокую нуклеофильную подвижность и может быть замещен на азидогруппу (**6**).



Показано [7], что соединение **6**, за счет наличия в молекуле азидогруппы, способно к ковалентному *click*-связыванию с олигонуклеотидами, содержащими терминальную ацетиленовую группу. Получаемый при этом продукт проявляет флуоресцентные свойства и, благодаря этому, может быть использован для установления механизма противоопухолевой активности производных пирролантрона.

Соединения **1–6** прошли предварительный скрининг и тестирование *in vivo* в лаборатории фармакологических исследований НИОХ им. Н. Н. Ворожцова и в лаборатории механизмов гибели опухолевых клеток Российского онкологического центра им Н. Н. Блохина. Было показано, что некоторые из полученных веществ обладают повышенной цитотоксической активностью, проявляют противовоспалительный эффект и противотревожную активность.

#### Список литературы

1. Takahashi H., Iizumi Y. Jpn. Futaba corp. С. А. Patent № 2000/200683. Vol. 133, № 12. P. 220.

2. *Iketizu M., Takahashi M., Suzuki T., Ikesu S.* Jpn. Konica minolta holdings inc. Patent № 2004/315732.
3. *Takahashi H., Iizumi Y.* Jpn. Futaba corp. C. A. Patent № 2000/№260565.
4. *Горностаев Л. М., Каргина О. И., Лаврикова Т. И.* RU Патент № 2015/2552521 (10 июня 2015).
5. *Каргина О. И., Горностаев Л. М.* // Химия гетероциклических соединений. 2012. № 8. С. 1262–1265.
6. *Каргина О. И., Горностаев Л. М., Биндарева А. В.* // Бутлеровские сообщения. 2013. Т. 33, № 1. С. 55–60.
7. *Vasilyeva S., Kuznetsov N., Kuznetsova A. et al.* // Bioorganic Chemistry. 2017. Vol. 72. P. 268–272.

УДК 547.822.7

**С. О. Касаткина, К. К. Гейль,  
С. В. Байков, В. П. Боярский**

*Санкт-Петербургский государственный университет,  
199034, Россия, г. Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9,  
s.kasatkina@spbu.ru*

## **СИНТЕЗ N-АЗИНКАРБАМАТОВ ИЗ N-АЗИНМОЧЕВИН\***

**Ключевые слова:** карбаматы, мочевины, микроволновое излучение.

Карбаматы находят широкое применение в лабораторной и промышленной органической химии. Они широко используются в разработке лекарственных препаратов (альбендазол, флупиртин, ретигабин, физостигмин), в производстве препаратов для сельского хозяйства (гербициды, пестициды, бактерициды и противовирусные средства), в косметической промышленности, а также в синтезе органических и полимерных соединений [1].

Ранее было показано, что *N,N*-диалкилзамещённые мочевины способны выступать в роли «скрытых» изоцианатов и в условиях термической активации реагируют со спиртами с образованием карбаматов [2].

До сих пор данная реакция не была распространена для получения гетарилкарбаматов. Вероятно, это связано с отсутствием до недавнего времени приемлемого метода получения соответствующих гетарилдиалкилмочевин, не протекающего через образование общих с карбаматами интермедиатов (например, карбамоилхлоридов или изоцианатов). Эта проблема была недавно решена нашей научной группой [3]. Разработка удобного метода синтеза