



РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А. И. ГЕРЦЕНА

РОССИЙСКОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО ИМ. Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА  
(САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ)

# ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ XXI ВЕКА

Материалы VII Всероссийской студенческой  
конференции с международным участием  
«ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ XXI ВЕКА»,  
посвященной 110-летию со дня рождения профессора  
В. В. Перекалина и 60-летию факультета химии  
РГПУ им. А. И. Герцена

ISBN 978-5-8064-3346-7



9 785806 433467



HERZEN

**РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. А. И. ГЕРЦЕНА**

---

**РОССИЙСКОЕ ХИМИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО им. Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА  
(Санкт-Петербургское отделение)**

**ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ XXI ВЕКА**

**Материалы VII Всероссийской студенческой конференции  
с международным участием  
«ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ XXI ВЕКА»,  
посвященной 110-летию со дня рождения профессора  
В. В. Перекалина и 60-летию факультета химии  
РГПУ им. А. И. Герцена**

**Санкт-Петербург  
Издательство РГПУ им. А. И. Герцена  
2023**

УДК 54  
ББК 24  
Х46

Рецензенты:

*Е. А. Смирнова*, кандидат химических наук,  
Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН;  
*В. П. Пронин*, доктор физико-математических наук, профессор,  
РГПУ им. А. И. Герцена

Ответственные редакторы:

канд. хим. наук, доц. Байчурин Р. И.;  
д-р пед. наук, канд. хим. наук, проф. Гавронская Ю. Ю.;  
канд. хим. наук, доц. Исаева Е. И.;  
канд. хим. наук, Пелипко В. В.

Х46      **Химия** и химическое образование XXI века: материалы VII Всероссийской студенческой конференции с международным участием, посвященной 110-летию со дня рождения профессора В. В. Перекалина и 60-летию факультета химии РГПУ им. А. И. Герцена / отв. ред.: Р. И. Байчурин, Ю. Ю. Гавронская, Е. И. Исаева, В. В. Пелипко. — Санкт-Петербург: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2023. — 232 с.  
ISBN 978-5-8064-3346-7

В сборнике представлены материалы докладов VII Всероссийской студенческой конференции с международным участием «Химия и химическое образование XXI века по следующим направлениям: органическая, биологическая, фармацевтическая и медицинская химия; неорганическая, координационная, физическая химия и нанохимия; аналитическая и экологическая химия; методика обучения химии.

**УДК 54**  
**ББК 24**

ISBN 978-5-8064-3346-7

© Коллектив авторов, 2023  
© РГПУ им. А. И. Герцена, 2023  
© С. В. Лебединский, обложка, 2023

## ***Организационный комитет конференции:***

### ***Председатель***

**Макаренко Сергей Валентинович** д-р хим. наук, декан факультета химии РГПУ им. А. И. Герцена

### ***Ответственный секретарь оргкомитета:***

**Исаева Екатерина Игоревна** канд. хим. наук, доцент кафедры неорганической химии РГПУ им. А. И. Герцена

### ***Состав оргкомитета:***

**Озерова Ольга Юрьевна** канд. хим. наук, доцент кафедры органической химии РГПУ им. А. И. Герцена

**Пелипко Василий Васильевич** канд. хим. наук, старший научный сотрудник лаборатории нитросоединений РГПУ им. А. И. Герцена

**Байчурин Руслан Измаилович** канд. хим. наук, доцент кафедры органической химии РГПУ им. А. И. Герцена

**Васильева Ольга Сергеевна** канд. хим. наук, старший научный сотрудник лаборатории нитросоединений РГПУ им. А. И. Герцена

**Остроглядов Евгений Сергеевич** канд. хим. наук, доцент кафедры органической химии РГПУ им. А. И. Герцена

**Никонорова Ольга Александровна** заведующий учебными лабораториями кафедры органической химии РГПУ им. А. И. Герцена

**Гомонов Кирилл Александрович** обучающийся 1 курса аспирантуры факультета химии РГПУ им. А. И. Герцена

**Паромова Анастасия Александровна** обучающаяся 2 курса магистратуры факультета химии РГПУ им. А. И. Герцена

**Пилипенко Илья Александрович** обучающийся 1 курса магистратуры факультета химии РГПУ им. А. И. Герцена

**Степанова Анна Михайловна** обучающаяся 1 курса магистратуры факультета химии РГПУ им. А. И. Герцена

**Цукер Эльдар Витальевич** обучающийся 1 курса магистратуры факультета химии РГПУ им. А. И. Герцена

**Игонин Артём Сергеевич** обучающийся 3 курса бакалавриата факультета химии РГПУ им. А. И. Герцена

**Бугров Данила Алексеевич** обучающийся 2 курса бакалавриата факультета химии РГПУ им. А. И. Герцена



## ***Программный комитет конференции:***

### ***Председатель***

**Тарасов Сергей  
Валентинович** д-р пед. наук, ректор РГПУ им. А. И. Герцена

### ***Сопредседатель***

**Макаренко Сергей  
Валентинович** д-р хим. наук, декан факультета химии РГПУ  
им. А. И. Герцена

### ***Секретарь:***

**Исаева Екатерина  
Игоревна** канд. хим. наук, доцент кафедры неорганической химии  
РГПУ им. А. И. Герцена

### ***Состав программного комитета:***

**Калмыков Степан  
Николаевич** д-р хим. наук, вице-президент РАН, научный  
руководитель химического факультета МГУ  
им. М. В. Ломоносова

**Шевельков Андрей  
Владимирович** д-р хим. наук, член-корреспондент РАН, заведующий  
кафедрой неорганической химии МГУ  
им. М. В. Ломоносова

**Бойцова Татьяна  
Борисовна** д-р хим. наук, заведующая кафедрой неорганической  
химии РГПУ им. А. И. Герцена

**Вашурин Артур  
Сергеевич** д-р хим. наук, заведующий кафедрой неорганической  
химии ИГХТУ

**Гавронская Юлия  
Юрьевна** д-р пед. наук, и. о. заведующего кафедрой химического и  
экологического образования РГПУ им. А. И. Герцена

**Карцова Анна  
Алексеевна** д-р хим. наук, профессор кафедры органической химии  
Института химии СПбГУ

**Островский Владимир  
Аронович** д-р хим. наук, профессор кафедры химии и технологии  
органических соединений азота СПбГТИ(ТУ)

**Перфилова Валентина  
Николаевна** д-р хим. наук, заведующая лабораторией клеточных  
технологий НЦИЛС ВолгГМУ

**Роговая Ольга  
Геннадьевна** д-р пед. наук, профессор кафедры химического  
и экологического образования РГПУ им. А. И. Герцена

## Содержание

### ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ

<b>Макаренко С.В.</b> К 110-летию выдающегося советского химика-органика Всеволода Васильевича Перекалина.....	17
<b>Островский В.А.</b> Научная школа Д.И. Менделеева, С.П. Вуколова и Л.И. Багала в Северной столице .....	19
<b>Перфилова В.Н.</b> Поиск и разработка лекарственных препаратов на основе нейроактивных аминокислот.....	20
<b>Шевельков А.В.</b> Неорганические клатраты: как красивые структуры становятся термоэлектрическими материалами .....	22
<b>Вашурин А.С.</b> Тетрапиррольные макрогетероциклические соединения и перспективные материалы на их основе.....	23
<b>Карцова А.А.</b> Путь в профессию ( <i>проектная деятельность школьников</i> ).....	24

### СЕКЦИЯ 1. ОРГАНИЧЕСКАЯ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ, ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ И МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ

<b>Агафонов О.В., Чулкова Т.Г., Боярская И.А.</b> С,N-Хелатные диаминокарбеновые комплексы платины(IV) как катализаторы реакций гидросилилирования алкинов .....	27
<b>Амирханян А.А., Беспалов А.В., Доценко В.В.</b> Синтез новых 1,3-тиазолов по Ганчу из $\gamma$ -бромацетоацетанилида .....	29
<b>Бикеева К.А., Озерова О.Ю., Ефремова И.Е.</b> Особенности реакций нитросульфодиенов с семикарбазидом.....	30
<b>Гайковая Е.М., Тоцкая Я.В., Ковалёва О.А., Ефимова Т.П., Новикова Т.А.</b> Синтез замещенных 1,3-тиазолов и 1,3-тиазолидинов на основе 2-нитрогуанидина.....	31
<b>Ганиев Б.Ш., Мардонов У.М., Ашуров Ж.М.</b> Изучение фармакологической активности комплексов глутамина .....	33
<b>Герасимов Д.Р., Эленбергер Е.В., Озерова О.Ю.</b> Синтез пиразолиноссульфоанов на основе 2-бензилиден-4-нитро-3-тиолен-1,1-диоксидов.....	34
<b>Гузь Д.Д., Степанова С.Ф., Доценко В.В.</b> Получение новых производных 2-амино-4,8-дигидропирано[3,2- <i>b</i> ]пиран-3-карбонитрила .....	35
<b>Дахно П.Г., Левченко А.Г., Доценко В.В.</b> Окисление 2-цианотиоакриламидов нитритом натрия.....	36
<b>Долганов А.А., Чикава А.Р., Доценко В.В.</b> Взаимодействие 1,6-диамино-4-арил-2-оксо-1,2-дигидропиридин-3,5-дикарбонитрилов с глиоксалем.....	37

<b>Епифанцева В.Э., Герасимова Е.А., Егоров Д.М., Догадина А.В.</b> Синтез фосфорилированных производных 1,3,4-оксадиазолов с жирноалифатическим фрагментом.....	38
<b>Зефирова А.А., Беспалов А.В.</b> Синтез функциональных производных тиазола, содержащих кумариновый цикл....	39
<b>Зоркина П.Д., Мелькова Д.А., Анисимова Н.А.</b> Взаимодействие алкилзамещенных тетраазапиримидина-4,11- и октадека- 4,13-диенов с хлорангидами карбоновых кислот .....	40
<b>Киндоп Вяч.К., Киндоп Влад.К., Беспалов А.В., Доценко В.В.</b> Синтез и моделирование возможной биологической активности новых гибридных молекул с фрагментами тиенопиридина и 2-иминотиазолина .....	41
<b>Ковалева Е.А., Никитина Н.А., Остроглядов Е.С., Васильева О.С.</b> (3 <i>R</i> *,4 <i>S</i> *)-4-индолил-5-спиро[пиразолидин-3,5-дион-4-ил]-2-пирролидон-3- карбогидразиды в реакциях с ацетоном.....	43
<b>Короткова П.Ю., Остроглядов Е.С., Васильева О.С.</b> Синтез и строение 3-алкоксикарбонилэтил-4-гет(арил)-2-пирролидон-3- карбоксилатов.....	44
<b>Костина О.В., Пелипко В.В., Байчурин Р.И., Макаренко С.В.</b> Алкил-3-нитроакрилаты в реакции [3+2] циклоприсоединения с азометинидами .....	45
<b>Кустин Р.П., Чернов Н.М.</b> Взаимодействие этил ( <i>E</i> )-3-(4-оксо-4 <i>H</i> -хромен-3-ил)-2-цианакрилатов с 1,2- бинуклеофильными реагентами .....	46
<b>Левченко А.Г., Дахно П.Г., Доценко В.В.</b> Получение <i>N</i> -(метилол)тиоамидов путём <i>N</i> -гидроксиметилирования 2- цианотиоакриламидов.....	47
<b>Лобова А.М., Егорова А.В., Маньшина А.А.</b> Синтез ( <i>Z</i> )-(2-хлоро-2-фенилвинил)(диамин)фосфин оксидов.....	49
<b>Лукьяненко В.И., Пыпа Ю.В., Чернов Н.М.</b> Синтез 4,4а-дигидрооксантонов с некислотными электроакцепторными группами.....	50
<b>Максимова А.В., Васильев А.Н., Лыщиков А.Н., Насакин О.Е.</b> Синтезы цианосодержащих гетероциклов на основе производных диэтил(цианометил)фосфоната.....	51
<b>Маркелевич Д.Ю., Попов Ф.А., Беспалов А.В.</b> Синтез изонитрильных производных тиено[2,3- <i>b</i> ]пиридинов и их перегруппировка в нитрилы.....	52
<b>Мелькова Д.А., Анисимова Н.А.</b> Синтез <i>C</i> - и <i>N</i> -ацил-2,3,6,7-тетрагидро-1,4-дiazепинов.....	54
<b>Мурзюкова А.С., Романов И.С., Куликов В.Н.</b> <i>N</i> -изоникотиноил-1 <i>H</i> -ферроценилдиазолы – потенциальные антимикобактериальные средства .....	55
<b>Назаров Д.И., Фараонов М.А., Конарев Д.В.</b> Функциональные соединения на основе восстановленных порфиринов.....	57
<b>Носова Н.А., Егоров Д.М., Догадина А.В.</b> Синтез 3-диметоксифосфорил-7-метил-5-арил-дигидротиазоло[3,2- <i>a</i> ]пиримидин карбоксилатов.....	58
<b>Огурцова А.Д., Михайлов В.Н., Сорокоумов В.Н., Балова И.А.</b> Новый подход к синтезу производных 3-арил-1 <i>H</i> -пирозоло[4,3- <i>b</i> ]пиридинов .....	59

<b>Одинцова С.Е., Светлолобов А.Ю. Федоскин И.А., Тараченкова М.Н., Липин В.А.</b>	
Повышение эффективности делигнификации целлюлозы ферментом липаза.....	60
<b>Осадчая В.К., Вахрушева Е.Д., Тришин Ю.Г., Анисимова Н.А.</b>	
Синтез тиопроизводных аллобетулина.....	61
<b>Осипов Н.Г., Романенко Н.Р., Фараонов М.А., Конарев Д.В.</b>	
Синтез периферийнозамещенных тетрапиразинопорфиразинов в анионных состояниях и исследование полученных соединений.....	62
<b>Паламарчук И.В., Кулаков И.В., Яшников А.В.</b>	
Синтез и антимикробная активность новых производных 1,3,4-тиадиазола.....	63
<b>Панаэтов А.О., Доценко В.В.</b>	
Синтез и антидотная активность пиридо[1,2- <i>a</i> ][1,3,5]триазин-7,9-дикарбонитрилов по отношению к гербициду 2,4-Д.....	65
<b>Пилипенко И.А., Пелипко В.В., Байчурин Р.И., Макаренко С.В.</b>	
Алкил-3-бром-3-нитроакрилаты в синтезе полициклических фуран-3-карбоксилатов.....	66
<b>Проскурина А.Д., Олейник А.С.</b>	
Определение антиоксидантной активности некоторых растительных масел.....	67
<b>Джек Даноби Вера Розмонд</b>	
Спектрофотометрическое определение витаминов В <sub>1</sub> , В <sub>6</sub> , В <sub>12</sub> в препарате Мильгамма.....	69
<b>Романов И.С., Мурзюкова А.С., Куликов В.Н.</b>	
Оптимизация синтеза <i>N</i> -ферроценоил- <i>N</i> -изоникотиноилгидразонов.....	71
<b>Рычкова В.И., Князева Н.А.</b>	
Фотополимеризация метилметакрилата по механизму с переносом атома в присутствии 10-(1-нафтил)фенотиазина.....	73
<b>Рябова Д.И., Власов Р.Р., Рябов С.А.</b>	
Исследование влияния смешанного наноразмерного наполнителя ТЭОА МУНТ + Cloisite 30В на свойства и структуру композиционного ячеистого пенопласта на основе полиуретана.....	74
<b>Салахов Т.Л., Лукина Д.Ю., Доценко В.В.</b>	
Взаимодействие 3-бромацетилкумарина с 3-цианопиридин-2(1 <i>H</i> )-тионами – путь к новым молекулярным гибридам ряда никотинонитрила и тиено[2,3- <i>b</i> ]пиридина..	76
<b>Светлолобов А.Ю., Одинцова С.Е., Тараченкова М.Н., Федоскин И.А., Липин В.А.</b>	
Исследование параметров делигнификации целлюлозы ферментом амилаза.....	77
<b>Скрылькова А.С., Егоров Д.М., Догадина А.В.</b>	
Фосфорилирование производных 2-гидразинилпиримидин-4-онов.....	78
<b>Соколов А.А., Пронина Ю.А., Егоров Д.М.</b>	
Реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения 2-(3,4-дигидро-2 <i>H</i> -пиррол-1-иум-1-ил)-1,3-диоксо-2,3-дигидро-1 <i>H</i> -инден-2-ида к тетраалкилацетилендифосфонатам.....	79
<b>Сонин Н.О., Егорова А.В., Пилип А.Г., Панькин Д.В., Колесников И.Е., Маньшина А.А.</b>	
Исследование биологической активности <i>O</i> -функционализированных фосфонатов.....	80
<b>Сорокина Д.Э., Воротов К.Е., Наронова Н.А.</b>	
Оценка когезии и адгезии офтальмологических лекарственных препаратов по отношению к МКЛ.....	82

<b>Сталинская А.Л., Кулаков И.В.</b> Синтез <i>N</i> -метиламинозамещенных производных эпоксибензо[7,8]оксоцино[4,3- <i>b</i> ]пиридина.....	84
<b>Степанова А.М., Пелипко В.В., Макаренко С.В.</b> Синтез фуropyриимидин-5-карбоксилатов на основе алкил-3-бром-3-нитроакрилатов.....	86
<b>Степанова К.А., Байчурин Р.И., Байчурина Л.В., Фельгендлер А.В.</b> Взаимодействие геминально активированных нитростиролов с 4-гидрокси-6-метил-2 <i>H</i> -пиран-2-оном.....	87
<b>Степанова С.Ф., Гузь Д.Д., Семенова А.М., Доценко В.В.</b> Синтез, свойства и прогнозирование биологической активности новых производных 5-амино-3-цианометил-1 <i>H</i> -пиразол-4-карбонитрила.....	89
<b>Султанова Д.Р., Давлетшина Н.В.</b> Мембранная экстракция ионов редкоземельных металлов липофильными фосфорилированными бетаинами .....	91
<b>Хазимуллина Ю.З., Гимадиева А.Р.</b> Каталитическое окисление 6-метилурацила.....	92
<b>Цаплинская М.В., Лебедева Д.В., Озерова О.Ю.</b> Синтез <i>aza</i> -аддуктов на основебензилиден-3-метил-4-нитро-3-тиолен-1,1-диоксидов.....	93
<b>Цыренщикова А.А., Остроглядоев Е.С., Васильева О.С.</b> Реакции 4-арил(пиридил)-2-пирролидон-3-карбогидразидов с изатином.....	94
<b>Черномыз М.С.</b> Разработка методики дериватизации эстрадиола с использованием ВЭЖХ–МС.....	95
<b>Чикуноев С.Ю., Балакина Е.А., Кулаков И.В.</b> Применение неорганических сорбентов при селективном окислении метиленовой группы 4-этил-3-метилциннолина.....	96
<b>Шадрина З.М., Мухина Е.С.</b> Исследование экскреции лактата кожей в зависимости от физической нагрузки .....	98
<b>Шилко Е.К., Васильева Е.Ю., Олейник А.С., Хомченко А.С.</b> Антиоксидантная активность серосодержащих алкилфенолов в реакции автоокисления метилолеата .....	99
<b>Шманёва Н.Т., Ершов И.С., Чернов И.С., Скрыльникова М.А., Островский В.А.</b> Синтез и свойства 3-(5-фенил-2 <i>H</i> -тетразол-2-ил)пиридина .....	101
<b>Шоипова Ф.Х., Колякина Е.В., Гришин Д.Ф.</b> Способы сочетания макрорадикалов в присутствии спиновых ловушек с помощью одноэлектронного переноса.....	102

## СЕКЦИЯ 2. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ, КООРДИНАЦИОННАЯ, ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И НАНОХИМИЯ

<b>Аль-Карави А.М., Князев А.В., Диаалдаин Х.М.</b> Строение и физико-химическое исследование комплекса иттербия с глицином.....	105
<b>Андронина М.С., Грачева А.С., Сармини Ю.А., Сологубов С.С., Маркин А.В.</b> Термодинамика дендримеров со структурой «карбосилановое ядро / фениленовая оболочка».....	106

<b>Башилова А.Д., Кальтенберг А.А.</b> Новые карборановые кластеры рутения с PNP- и NNN-лигандами на основе бензиламина.....	108
<b>Беляева К.А., Аликина Ю.А., Василенко Н.М.</b> Исследование адсорбции паров воды пористыми алюмосиликатами различных структурных типов.....	109
<b>Быкова С.К., Семешкина Д.Д., Саварец А.Р., Долженко В.Д.</b> Полиядерные комплексы лантаноидов с никелем и L-серинном.....	110
<b>Васильева А.А., Буланов Е.Н., Сыров Е.В.</b> Синтез и цветометрия минералоподобных пигментов.....	111
<b>Горкуша Г.В., Литосов Г.Э., Рузанов Д.О.</b> Супрамолекулярная металлополимерная система ванадия (IV) в реакции с глюкозо-6-фосфатом (Г6Ф).....	112
<b>Горшков А.А.</b> Фазовый состав и фотокаталитическая активность магнитовосприимчивых композитов на основе магнетита и анатаза, полученных гидротермальным пероксо-методом .....	113
<b>Гурьев Н.В., Исаева Е.И.</b> Исследование фотокаталитической активности структур на основе оксида церия(IV) и наночастиц золота .....	115
<b>Денисова А.А., Ковалева Ю.Н., Нипрук О.В.</b> Синтез и исследование уранофосфата и ураноарсената свинца.....	117
<b>Журина А.А., Вахрушев А.Ю.</b> Получение и фотокаталитические свойства магнитных материалов на основе оксогалогенидов висмута(III).....	118
<b>Игонин А.С., Пелипко В.В., Исаева Е.И.</b> Возможность комплексообразования этил-(2E)-2-[2-(фенилкарбамоил)гидразинилиден]пропаноата с Zn(II) .....	119
<b>Ильина А.А., Исаева Е.И.</b> Синтез и свойства гибридных структур на основе наночастиц серебра и оксида церия (IV) .....	120
<b>Казарян К.Ю., Бычкова А.Н., Мыкина Е.А., Тихомирова Т.В., Вашурин А.С.</b> Получение металлофталоцианинов, содержащих на периферии азохромофоры и изучение их свойств.....	122
<b>Калинкина В.А., Антина Л.А.</b> Агрегационное поведение и спектральные свойства BODIPY люминофоров, излучающих в красной области спектра, в растворах и мицеллах плюроники F-127 .....	123
<b>Карасева А.А., Диалло А., Филиппов Д.В., Вашурин А.С.</b> Синтез и характеристики высокопористых каркасных структур на основе кобальта(II) .....	125
<b>Кокурина Т.В., Меркушев Д.А.</b> Синтез и спектральные свойства флуоресцентного сенсора на основе 4-гидрокси-3-метоксибензальдегид-замещенного комплекса BODIPY .....	126
<b>Краснов М.В., Замятин О.А.</b> Примесное поглощения ионами никеля (II) в висмутсодержащем теллуридно-цинкатном стекле .....	127

<b>Макарова А.А., Борисов А.Н., Ардашева Л.П.</b> Спектральные и спектрально-люминесцентные свойства азометина $H_2Salphen$ и комплекса $Pt(II)$ на его основе .....	128
<b>Мальцева В.Е.</b> Оценка точности термодинамических расчетов методами квантовой химии .....	130
<b>Бабаева Т.А., Мамедова Б.А., Ахмедова Н.Ф., Мамедов С.Э.</b> Превращение метанола в углеводороды на модифицированных цеолитах ZSM-5....	132
<b>Черемисина О.В., Пономарева М.А., Машукова Ю.А., Молотилова А.Ю.</b> Термодинамическое моделирование процессов сорбционного извлечения редкоземельных металлов с применением закона действующих масс.....	133
<b>Милых А.С., Семешкина Д.Д., Хашеватская В.И., Долженко В.Д.</b> Полиядерные 3d-4f комплексы лантаноидов с кобальтом и изолейцином .....	135
<b>Михальченко А.В., Сорокина С.А., Кучкина Н.В., Шифрина З.Б.</b> Синтез пористых органических полимеров с ароматическим каркасом.....	136
<b>Мулюкова А.Б., Кононов Е.А., Чеканова Л.Г.</b> Исследование совместной адсорбции собирателей с разными функционально-активными группами на поверхности сульфидных минералов.....	137
<b>Мыкина Е.А., Еремеев И.Е., Бычкова А.Н., Тихомирова Т.А., Вашурин А.С.</b> Синтез 3/4-(метоксифенилазонафтокси)фталонитрилов и комплексов фталоцианина цинка на их основе.....	138
<b>Паромова А.А., Бойцова Т.Б.</b> Исследование фотокаталитической деградации метиленового синего с помощью наногибридных материалов на основе оксида гадолиния (III).....	139
<b>Романенко Н.Р., Фараонов М.А., Конарев Д.В.</b> Синтез и исследование мультядерных комплексов на основе металлофталоцианинов с различными аксиальными заместителями.....	141
<b>Сарвин И.А., Ерзунов Д.А., Вашурин А.С.</b> Нитрозамещенные фталоцианинаты магния и цинка: спектрально-люминесцентные свойства и синтез.....	142
<b>Семешкина Д.Д., Долженко В.Д.</b> Зависимость состава полиядерных комплексов $[CeNi_6(Ala)_{12}][Ln_xCe_{1-x}(NO_3)_3(OH)_3(H_2O)]$ от условий осаждения и природы лантаноида .....	143
<b>Сидорова И.П., Шавкунов С.П.</b> Определение физико-химических свойств угольного электрода в водных растворах высокой плотности.....	145
<b>Синицына А.А., Горбунова В.В.</b> Исследование термических свойств нитратов гадолиния и европия.....	147
<b>Смирнова А.А., Борисов А.Н., Ардашева Л.П.</b> Синтез, идентификация и электрохимическая полимеризация комплекса $[Pt(salphen)]$ .....	149
<b>Собов П.А., Романенко Н.Р., Фараонов М.А., Конарев Д.В.</b> Трехъядерный парамагнитный комплекс на основе восстановленного гексадекахлорфталоцианина олова (II) .....	151
<b>Тонкова С.С., Ерзунов Д.А., Вашурин А.С.</b> 3,4,5-Трис(3,4-дицианофенокси)бензойная кислота и соединение на её основе.....	152
<b>Фатуев Е.Д., Егоров Д.М.</b> Синтез цинковых солей алкилфосфатов .....	154

<b>Филиппов Д.В., Карасева А.А., Вашурин А.С.</b>	
Особенности сорбции ионов цинка и меди на поверхности Fe-MOF.....	155
<b>Хацеватская В.И., Семешкина Д.Д., Милых А.С., Долженко В.Д.</b>	
Синтез и исследование свойств полиядерных 3d-4f гетерометаллических комплексов лантаноидов с кобальтом и L-лейцином.....	156
<b>Цукер Э.В., Исаева Е.И.</b>	
Фотохимический синтез и каталитические свойства нанокмполитов на основе наночастиц палладия и оксида церия (IV).....	158
<b>Черногорцева Н.И., Сологубов С.С., Маркин А.В.</b>	
Термодинамические свойства мометазона фууроата .....	160
<b>Эрнандес Гарсиа Д.Д., Пасичник Д.Н., Липин В.А., Пошвина Т.А.</b>	
Поиск оптимальных условий сольватации и растворения сахаридов в растворителях вида ионная жидкость – вода .....	162

### СЕКЦИЯ 3. АНАЛИТИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

<b>Бусыгина В.В.</b>	
Количественное содержание меди в водах реки Миасс на территории г. Челябинска .....	165
<b>Галкина С.И., Тихомирова И.Ю., Панова Е.Г.</b>	
Химический состав вод юго-западной части Баренцева моря.....	167
<b>Кравец О.Б., Баранова Н.В.</b>	
Физико-химические методы анализа комбинированных лекарственных средств .....	169
<b>Лиховцов Д.А., Тихомирова И.Ю., Леманова Т.В.</b>	
Экологическая оценка воды водоотводных каналов полигона складирования ТКО.....	170
<b>Черемисина О.В., Пономарева М.А., Машукова Ю.А., Сваволя А.С., Молотилова А.Ю.</b>	
Сорбционная очистка сточных вод от железа и титана с применением ионообменных смол .....	172
<b>Муратшина Р.Р.</b>	
Определение биологически активных компонентов черники обыкновенной .....	174
<b>Новаковская Е.И.</b>	
Определение фосфатазы в растениях семейства бобовых .....	176
<b>Соловьева А.В.</b>	
Аккумуляция железа в листьях березы и травянистого покрова в условиях урбанизации .....	178
<b>Улидова Т.С., Тихомирова И.Ю.</b>	
Химический состав талой воды снежного покрова Санкт-Петербурга .....	179
<b>Федорова К.Э., Дронов С.В.</b>	
Основные направления применения нефтеполимерной смолы С <sub>5</sub> .....	181
<b>Чагай К.С., Тихомирова И.Ю., Панова Е.Г.</b>	
Химический состав вод исторических карьеров по добыче карбонатных пород.....	182

### СЕКЦИЯ 4. МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

<b>Алексеева Е.Н.</b>	
Привлечение школьников к учебно-исследовательской и проектной деятельности по химии.....	185



<b>Баранцева А.О., Се Хаожань, Чэнь Цзинвэнь</b> Using Collaborative Techniques at Chemistry Classes.....	187
<b>Буданова Д.В., Толетова М.К.</b> Организация учебной работы по химии в домашних условиях .....	189
<b>Булинг Е.С.</b> Применение наноматериалов в технологиях очистки воды и возможности их реализации в учебном проектировании при подготовке учителя химии .....	190
<b>Владыкина Л.А., Космодемьянская С.С.</b> Инновационные методики фасилитации в преподавании химии.....	192
<b>Головня О.С.</b> Современные средства оценивания результатов обучения химии в основной общеобразовательной школе.....	194
<b>Горшкова К.А., Иншина Т.В.</b> Коллективная и групповая формы обучения на уроке химии .....	196
<b>Зобова Е.А., Пономаренко А.П., Олейник А.С.</b> Использование химического анализа во внеурочной деятельности по химии .....	198
<b>Калугин И.А., Иншина Т.В.</b> Таксономия Б. Блума как основополагающий компонент ситуационных задач по химии .....	200
<b>Канайкина И.О., Шагабутдинов Р.Р., Кузнецова И.В.</b> «Точки», «дорожки», «тропки», «сетки», «деревья»: уровневые задачи по химической термодинамике .....	202
<b>Кашпуллина А.А., Космодемьянская С.С.</b> Исследование компонентов невербальной коммуникации в деятельности учителя химии.....	204
<b>Кильби В.В., Роговая О.Г.</b> Химический эксперимент с пищевыми красителями в проектной деятельности школьников.....	206
<b>Краснова В.Ф., Молчанова Г.Д., Левковская М.В.</b> Визуализация в области химического образования с использованием технологии виртуальной реальности .....	208
<b>Гавронская Ю.Ю., Мохова К.Р.</b> Преимственность в обучении химии в школе и художественно-реставрационном колледже.....	210
<b>Назарова М.М., Ахмедова Н.Ф., Пашаева А.А.</b> Обучающие игры как средство повышения познавательной активности школьников.....	212
<b>Пономаренко А.П., Зобова Е.А., Олейник А.С.</b> Использование химических цифровых лабораторий в образовательном процессе ...	213
<b>Сизова А.А., Исаева Е.И.</b> Разработка программы элективного курса для учащихся 11 класса «Основы медицинской химии металлических наночастиц».....	215
<b>Скрягина Л.В.</b> Особенности преподавания химии в колледже для студентов механического цикла.....	216
<b>Тасбалтаева А.Б., Бекбенова А.Р., Гавронская Ю.Ю.</b> Педагогические условия подготовки и проведения олимпиады по химии для студентов первого курса педагогических направлений .....	218

<b>Тарасова А.А., Гавронская Ю.Ю.</b>	
Развитие естественнонаучной грамотности учащихся 9 классов на уроках химии ...	219
<b>Тарасова Т.А.</b>	
Возможности технологии проблемного обучения на уроках химии .....	221
<b>Шабалдин А.В.</b>	
Использование краеведческого материала в преподавании химии .....	223
<b>Шашае Г., Сусликова И.Ю.</b>	
Разработка и создание электронных элементов обучения по дисциплине «Общая и неорганическая химия» для студентов фармацевтов на французском языке .....	225

*Всеволод Васильевич Перекалин (1913 – 1998) – заслуженный деятель науки РФ, лауреат Государственной премии Латвии, известный химик-органик, один из создателей лекарственного препарата «Фенибут», основатель научной школы – более 40 лет возглавлял кафедру органической химии РГПУ им. А. И. Герцена. В 1959 г. по инициативе Всеволода Васильевича с целью развития научно-исследовательских работ создана проблемная лаборатория нитросоединений. Продолжением организационной деятельности Всеволода Васильевича и воплощением в жизнь его мечты стало создание в 1963 году факультета химии, как самостоятельного структурного подразделения, первым деканом которого стал его ученик – Г. Д. Падва, а впоследствии и другие его ученики – К. В. Алтухов, З. Ф. Павлова.*

*Факультет химии РГПУ им. А. И. Герцена открыт в 1963 году. За 60 лет на факультете подготовлено более трех тысяч специалистов с успехом работающих в образовательных учреждениях различного уровня; в аналитических и экологических лабораториях; в научно-исследовательских институтах; на предприятиях химического профиля. В настоящее время факультет химии готовит бакалавров и магистров химии и химического образования.*

*Цель конференции – взаимовыгодный обмен результатами исследований по актуальным проблемам современной химии и химического образования, выполняемых представителями обучающейся молодежи – студентами бакалавриата, специалитета и магистратуры, а также школьниками старших классов. В рамках конференции участники смогут представить результаты своей научно-исследовательской деятельности в виде устных (до 10 мин) и стендовых докладов. С пленарными докладами выступят приглашенные ведущие российские учёные в области химии.*

## МАГИСТРАТУРА ФАКУЛЬТЕТА ХИМИИ РГПУ им. А. И. ГЕРЦЕНА

Факультет химии осуществляет подготовку студентов в магистратуре по направлению «Химия» с 2001 года и по направлению «Педагогическое образование» с 1998 года.

В 2023 году факультет химии осуществляет прием в магистратуру на бюджетные места по направлениям:

1. «**04.04.01 Химия**», *магистерская программа: «Фундаментальная и прикладная химия».*

2. «**44.04.01 Педагогическое образование**», *магистерская программа «Химическое образование».*

Вступительное испытание в магистратуру, как по направлению «Химия», так и по направлению «Педагогическое образование» – письменный экзамен по химии.

### ЦЕНТР КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ФАКУЛЬТЕТА ХИМИИ РГПУ им. А. И. ГЕРЦЕНА

**«Физико-химические методы исследования нитросоединений, координационных, биологически активных веществ и наноструктурированных материалов»**

#### **Специализация:**

Фундаментальные и прикладные исследования объектов неорганической, физической и органической химии, в том числе наноструктурированных, современными физико-химическими методами исследований.

#### **Основные направления деятельности:**

- Исследовательские работы по изучению соединений различной природы, включая работы по определению состава многокомпонентных смесей, с использованием методов ИК, УФ, ЯМР спектроскопии, ВЭЖХ и элементного анализа.
- Экспериментальные работы по проведению синтезов в микро- и макроколичествах с использованием микроволнового излучения.
- Обучение (стажировка) персонала аналитических лабораторий с демонстрацией оборудования, а также консультации в области оснащения лаборатории спектральных методов анализа.

#### **Оборудование:**

*ЯМР-спектрометр Jeol ECX400A (400 МГц)*

*ИК-спектрометр с Фурье-преобразованием, Shimadzu «IRPrestige-21»*

*УФ-спектрофотометр Shimadzu UV2401PC*

*Жидкостной хроматограф Shimadzu LC-20 «Prominace»*

*Синхронный термоанализатор NETZSCH STA 449F3 Jupiter*

*Спектрофлуориметр RF-6000 Shimadzu*

*Элементный анализатор Eurovector (серия EA 3000)*

*Микроволновой реактор Milestone MicroSYNTH*

*Весы аналитические Shimadzu AUW-220*

Работу приборов обеспечивают два специалиста (кандидата химических наук).

Телефон: (812) 571-38-00; kohRGPU@yandex.ru; www.kohrgpu.ru, <http://ckpo.org.ru/>

**ПРИГЛАШАЕМ К СОТРУДНИЧЕСТВУ ЗАИНТЕРЕСОВАННЫХ  
ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ И СПЕЦИАЛИСТОВ!**

## **ПЛЕНАРНЫЕ ДОКЛАДЫ**

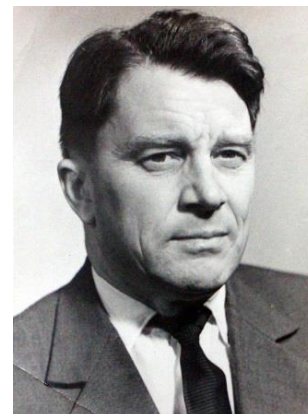
## К 110-ЛЕТИЮ ВЫДАЮЩЕГОСЯ СОВЕТСКОГО ХИМИКА-ОРГАНИКА ВСЕВОЛОДА ВАСИЛЬЕВИЧА ПЕРЕКАЛИНА

Макаренко Сергей Валентинович

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*kohrgpu@yandex.ru*

27 Февраля 2023 исполнилось 110 лет со дня рождения выдающегося советского химика-органика, Заслуженного деятеля науки РСФСР, лауреата Государственной премии Латвийской ССР, доктора химических наук, профессора Всеволода Васильевича Перекалина.



Всеволод Васильевич Перекалин родился в г. Санкт-Петербурге в 1913 году в семье врача. Он рано увлёкся химической наукой и еще в школьные годы изучил вузовский курс органической химии.

Выпускник Ленинградского Технологического института им. Ленсовета (в настоящее время Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Технический университет)), Всеволод Васильевич в 1940 г. под руководством академика Александра Евгеньевича Порай-Кошица защитил кандидатскую диссертацию по химии азокрасителей. Его дальнейшая научная деятельность была прервана Великой Отечественной войной.

В годы Великой Отечественной войны Всеволод Васильевич служил капитаном в инженерных войсках химической защиты. Ещё до окончания войны он был откомандирован в докторантуру Института органической химии Академии наук СССР, его научным консультантом стал академик А. Е. Порай-Кошиц.

В 1949 году Всеволод Васильевич защитил докторскую диссертацию на тему "О поведении 1,5-диаминонафтаола и его производных в реакциях азосочетания", посвященную аномальному поведению 1,5-диаминонафтаола и его производных в реакциях азосочетания.

Молодой целеустремленный, энергичный ученый, полон новых идей и планов Всеволод Васильевич в 1950 г. избирается на должность заведующего кафедрой органической химии Ленинградского Государственного Педагогического Института им. А. И. Герцена (в настоящее время Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена). Как заведующий кафедрой, Всеволод Васильевич прекрасно сочетал в себе качества мудрого педагога, выдающегося ученого и талантливого организатора науки.

По его инициативе в 1959 г. в ЛГПИ им. А. И. Герцена открывается новое научное подразделение – научно-исследовательская проблемная лаборатория нитросоединений (в настоящее время лаборатория нитросоединений), благодаря чему значительное число талантливых преподавателей, сотрудников

и студентов могли активно участвовать в решении проблем современной органической химии фундаментального и прикладного характера.

Продолжением организационной деятельности Всеволода Васильевича явилось открытие в 1963 году в ЛГПИ им. А. И. Герцена факультета химии, как самостоятельного структурного подразделения, первым деканом которого стал его ученик – Григорий Давыдович Падва.

Как преподаватель высокой квалификации Всеволод Васильевич создал стройную систему преподавания органической химии в педагогическом вузе. Им были разработаны оригинальные лекционные курсы, опубликованы учебники и учебные пособия. Учебник профессора В. В. Перекалина «Органическая химия» для студентов педагогических вузов, написанный в соавторстве с С.А. Зонисом, переиздавался четырежды и востребован до сих пор.

Всеволод Васильевич Перекалин плодотворно работал над решением актуальных проблем фундаментального и прикладного характера. Он возглавлял фундаментальные исследования в области химии нитро- и элементоорганических соединений, создал научное направление в органической химии – «химия неопределённых нитросоединений».

Возглавляя комплекс исследований по синтезу перспективных биологически активных соединений и являясь организатором промышленного внедрения научных разработок по созданию новых лекарственных препаратов, Всеволод Васильевич был одним из главных авторов лекарственного препарата «Фенибут», за создание которого был удостоен Государственной премии Латвийской ССР.

Всеволод Васильевич Перекалин является основателем научной школы «Химия нитросоединений; поиск лекарственных препаратов на их основе», которая в 1998 г. получила статус ведущей научной школы России. Под его руководством защищено 6 докторских и около 100 кандидатских диссертаций. Он автор 350 научных работ, 69 авторских свидетельств и 8 зарубежных патентов. Результаты исследований школы профессора В.В. Перекалина обобщены в четырех изданиях монографии «Неопределённые нитросоединения», последняя издана в издательстве «John Wiley & Sons», London, в 1994 году.

Всеволод Васильевич всегда подчёркивал, что всеми своими достижениями он обязан воспитанному им коллективу. Он любил повторять: *«Без коллектива я ничто»*.

## **НАУЧНАЯ ШКОЛА Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА, С.П. ВУКОЛОВА И Л.И. БАГАЛА В СЕВЕРНОЙ СТОЛИЦЕ**

**Островский Владимир Аронович**

*Санкт-Петербургский государственный технологический институт  
(технический университет), Санкт-Петербург*

*va\_ostrovskii@mail.ru*

В 1891 году по инициативе и при содействии Д.И. Менделеева для изучения вопросов изготовления бездымных порохов для флота создается научно-техническая лаборатория морского военного ведомства. В эту лабораторию Дмитрий Иванович пригласил Семена Петровича Вуколова – талантливого студента, завершившего двухлетнюю стажировку в Сорбонне. С 1932 года С.П. Вуколов назначен заведующим кафедрой химии и технологии органических соединений азота (ХТОСА) Ленинградского технологического института им. Ленсовета [1]. Профессор С.П. Вуколов, его ученики и последователи создали уникальную научную школу, роль которой в развитии отечественной химической науки и индустрии невозможно переоценить. Учеником и сподвижником, а также продолжателем дела С.П. Вуколова является профессор Лев Ильич Багал, почти три десятилетия возглавлявший кафедру ХТОСА. Научные тематики, развиваемые знаменитой научной школой, включают широкий спектр фундаментальных и прикладных проблем химии и технологии производства энергонасыщенных систем и материалов. Значителен вклад научной школы Д.И. Менделеева, С.П. Вуколова и Л.И. Багала в сопутствующие направления химии и технологии, например производство лекарственных средств на основе азотсодержащих органических соединений. Во всех указанных выше направлениях научной и производственной деятельности накоплен ценный опыт сотрудничества с профильными научными центрами и ведущими университетами России, в том числе с научной школой, основанной профессором Всеволодом Васильевичем Перекалиным, которая поддерживает славные традиции и активно развивается в составе факультета химии РГПУ им. А.И. Герцена.

### **Список литературы**

1. Кузнецов М.А., Васильев А.В., Вукс О.Б., Ищенко М.А., Кузнецова Л.М., Макаренко С.В., Островский В.А., Петров М.Л., Рамш С.М., Солод О.В., Тришин Ю.Г., Яковлев И.П. Органическая химия в Северной столице // История органической химии в университетах России. От истоков до наших дней / Под ред.: Е.К. Белоглазковой, И.П. Белецкой, В.Г. Ненайденко. М.: Техносфера, 2018. С. 113.



## **ПОИСК И РАЗРАБОТКА ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОАКТИВНЫХ АМИНОКИСЛОТ**

**Перфилова Валентина Николаевна**

*ФГБОУ ВО ВолгГМУ, Волгоград*

*vnperfilova@mail.ru*

Одной из главных задач современной фармакологии и химии является поиск и разработка высокоэффективных и безопасных средств для профилактики и лечения различных заболеваний. Среди путей создания новых лекарственных препаратов наиболее перспективным и продуктивным остается принцип модификации структуры эндогенных биологически активных веществ. В этом отношении внимание фармакологов и химиков-синтетиков продолжают привлекать нейроактивные аминокислоты: ГАМК и глутаминовая кислота. Учитывая их роль в регуляции психических функций, деятельности различных органов и систем в условиях нормы, а также при патологических состояниях химики и фармакологи рассматривают молекулы этих аминокислот как модельные структуры, на основе модификации которых ведется целенаправленный поиск лекарственных средств с психо-, кардиотропной и иной фармакологической активностью. Были синтезированы и разработаны лекарственные препараты: пирацетам и теперь большая группа рацетамов, гаммалон (аминалон), оксибутират натрия (ГОМК), пикамилон, фенотропил и др., нашедшие широкое применение в медицинской практике.

Клиницистами успешно используется фенильный аналог ГАМК – фенибут – как лекарственное средство с ноотропным и транквилизирующим действием. Препарат синтезирован в Ленинградском педагогическом институте им. А.И.Герцена профессором В.В. Перекалиным. Его фармакологические свойства изучены в лаборатории психофармакологии Ленинградского научно-исследовательского института им. В.М. Бехтерева. Эстафету успешного синтеза новых химических веществ – производных нейроактивных аминокислот – подхватила кафедра органической химии под руководством В.М. Берестовицкой теперь уже Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена (г. Санкт-Петербург). Положительный опыт создания пикамилона, включающего молекулу ГАМК и никотиновой кислоты, и, благодаря чему, обладающего выраженными сосудорасширяющими свойствами в сочетании с ноотропным и транквилизирующим действием, послужил предпосылкой для расширения поиска в этом направлении. Были получены производные фенибута, карфедона, толибута и мефебута, включающие в свою структуру лимонную, янтарную, яблочную, щавелевую, глутаминовую и никотиновую кислоты. Фармакологами Волгоградского государственного медицинского университета у этих веществ выявлены антигипоксические, антиоксидантные, эндотелио-, кардио- и

нейропротекторные, психотропные свойства, в большей степени выраженные у соединений цитрокард и сукцикард.

В настоящее время плодотворное сотрудничество химиков РГПУ им. А.И. Герцена и фармакологов ВолгГМУ продолжается. Прошли полный цикл доклинических исследований соединения: нейроглютам – производное глутаминовой кислоты с антидепрессантной, анксиолитической и нейропротекторной активностью [1] и мефаргин – вещество, повышающее активность эндотелиальной NO-синтазы в условиях эндотелиальной дисфункции, для лечения сосудистых осложнений различных заболеваний. Поданы заявки на получение госзадания по проведению клинических испытаний этих соединений.

Выявлено еще одно новое высокоэффективное производное глутаминовой кислоты – глюфимет, проявляющее кардиопротекторные свойства в условиях экспериментального стрессорного и алкогольного повреждения миокарда. Соединение увеличивает инотропные резервы сердца, ограничивает развитие окислительного стресса, нарушение дыхания митохондрий, улучшает функцию эндотелия и рассматривается как перспективное вещество для углубленного доклинического изучения [2].

Необходимо отметить, что разработка инновационных лекарственных препаратов - это длительный, затратный и трудоемкий процесс, но именно они определяют успех развития фармотрасли. На настоящий момент доля таких препаратов на Российском фармрынке остается низкой и их создание является одной из актуальных задач. В этой связи, химикам и фармакологам необходимо продолжать сотрудничество для повышения эффективности процесса создания лекарственного препарата и выведения его на фармрынок.

#### Список литературы

1. Тюренков И.Н., Багметова В.В., Робертус А.И., Васильева Е.В., Ковалёв Г.И. // Нейрохимия. 2015. Т. 32. № 2. С. 140.
2. Perfilova V.N., Kustova M.V., Tyurenkov I.N., Popova T.A., Khusainova G.H., Prokofiev I.I., Nesterova K.I. // Alcohol. 2021. Vol. 93. P. 1.

## **НЕОРГАНИЧЕСКИЕ КЛАТРАТЫ: КАК КРАСИВЫЕ СТРУКТУРЫ СТАНОВЯТСЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ**

**Шевельков Андрей Владимирович**

*МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва*

*shev@inorg.chem.msu.ru*

Случайное открытие Дэви «аномального льда» при пропускании хлора в охлажденную до +5°C воду положило начало синтезу и исследованию нового класса соединений, известных сегодня как неорганические клатраты. Полинг и Пауэлл детально исследовали их кристаллические структуры и показали, что аномальный лед Дэви и его аналоги представляет собой особый тип веществ, в которых гостевые молекулы (например, хлор) заключены в водный каркас. В 60-х годах XX века последовало неожиданное открытие Хагенмюллера, который показал, что точно такое же кристаллическое строение имеют полярные силициды, где в каркас из атомов кремния заключены катионы натрия. Вскоре фон Шнеринг описал электронное строение клатратов с использованием правила Цинтля, а в середине 90-х годов XX века исследователи обратили внимание на термоэлектрические свойства клатратов.

К настоящему времени описано свыше 300 соединений, относящихся к этому семейству соединений, которые подразделяются на 11 структурных типов. В основе их кристаллического строения лежат большие полиэдры, внутри которых расположены атомы-гости. Число вершин в таких полиэдрах варьируется от 20 до 28, а их расположение в кристаллической структуре обеспечивает отсутствие свободного пространства. Термоэлектрические свойства клатратов непосредственно связаны с их кристаллическим и электронным строением. Неорганические клатраты способны проводить электричество так же хорошо, как электронный кристалл, а тепло – плохо, как фононное стекло. Свойства клатратов, соответствующие концепции «фононное стекло – электронный кристалл», положили начало термоэлектрическим исследованиям с целью создания на их основе материалов для термоэлектрического преобразования тепла. Сегодня известно свыше 10 перспективных термоэлектрических клатратов, и их исследования продолжаются в разных лабораториях по всему миру.

В настоящем докладе будет дан краткий обзор кристаллических структур клатратов, приведены примеры соединений с различными свойствами, показаны основные пути их синтеза и показано значение взаимодействия гость-хозяин, управление которым лежит в основе создания термоэлектрических материалов нового поколения для средне- и высокотемпературных применений. В значительной степени доклад основан на результатах, полученных в лаборатории направленного неорганического синтеза химического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

## ТЕТРАПИРРОЛЬНЫЕ МАКРОГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ИХ ОСНОВЕ

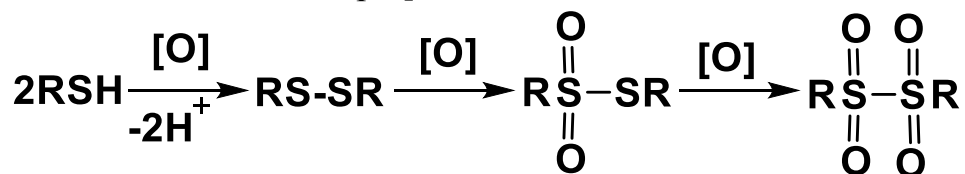
*Вашурин Артур Сергеевич*

*ИГХТУ, Иваново*

*vashurin@isuct.ru*

Комплексы *d*- и *f*-металлов с тетрапиррольными макрогетероциклическими лигандами порфиринового и фталоцианинового ряда обладают широким набором уникальных физико-химических характеристик, определяющихся природой как самого макроциклического остова, так и функционального замещения его периферии [1]. Наиболее интересными являются практические приложения этих соединений, связанные с их спектральными и окислительно-восстановительными свойствами, например, фотодинамическая терапия, сенсорика, катализ [2]. Вместе с тем, ключевым вопросом является получение из индивидуальных металлопорфиринов и металлофталоцианинов гибридных и функциональных материалов [3].

В докладе представлены результаты исследований по иммобилизации фталоцианинатов ряда *d*-металлов на твердофазные носители неорганической и органической природы, а также получение каркасных структур с участием металлофталоцианинов различными методами. Также рассматривается каталитическая эффективность получаемых материалов в процессах сочетания дитиокарбаматов и тиолов в дисульфиды, например, тиурам Е, применяющийся как компонент препаратов для лечения алкогольной зависимости и болезни Альцгеймера [4-5].



### Список литературы

1. Койфман О.И., Агеева Т.А., Базанов М.И., Березин Д.Б., Вашурин А.С. и др. Функциональные материалы на основе тетрапиррольных макрогетероциклических соединений. М: Ленард. 2019. 848 с.
2. Koifman O.I., Ageeva T.A., Beletskaya I.P., Vashurin A.S., et al. // *Macroheterocycles*. 2020. Vol. 13. N 4. P. 311.
3. Vashurin A., Kuzmin I., Razumov M., Golubchikov O., Koifman O. // *Macroheterocycles*. 2018. Vol. 11. N 1. P. 11.
4. Skrott Z., Mistrik M., Andersen K.K., et al. // *Nature*. 2017. Vol. 552. N 7684. P. 194.
5. Reinhardt S., Stoye N., Luderer M., Kiefer F., Schmitt U., Lieb K., Endres K. *Sci. Rep.* // 2018. Vol. 8. N 1. Art. № 1329.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект 22-73-101-58).*

## ПУТЬ В ПРОФЕССИЮ

*(проектная деятельность школьников)*

**Карцова Анна Алексеевна**

*СПбГУ, Санкт-Петербург*

Проектная или исследовательская деятельность школьников никоим образом не является альтернативой фундаментальному образованию, но при соблюдении ряда условий может оказаться мощным ему подспорьем. Это – еще одна грань единого образовательного процесса, способствующая формированию значимых мотивов обучения, готовности к постоянному самообразованию, опыту самостоятельной творческой деятельности.

В процессе исследовательской работы удастся реализовать то, что так трудно осуществить на обычном уроке: создание т. н. *индивидуальной образовательной траектории*, возможности увидеть и понять, с какими материалами и какими методами сегодня работают ученые. А главное – поработать самим! Известно, что «человеку свойственно принимать границы собственного кругозора за границы мира». Выполнение исследовательской работы или проекта существенно расширяет эти границы.

Образование – не только цель, но и продвижение к цели. Его нельзя *сообщить*: овладеть знаниями человек должен в процессе собственной деятельности. А знакомство («из первых рук») с профессией химика-исследователя позволяет сделать обоснованный прогноз и на свою будущую профессию. При этом крайне важен и выбор темы предлагаемого исследования, значимой и понятной по востребованности решаемой задачи. Главным при оценке исследовательского проекта является способность исполнителя к самостоятельному приобретению знаний и решению сформулированной в проекте задачи.

В докладе рассмотрен опыт исследовательской деятельности школьников на примере проектных химических смен, организованных Институтом химии в образовательном Центре Сириус, творческого союза Института химии СПбГУ и университетской Академической гимназии с пролонгированным курированием учащихся от первого посещения в 10-11-ом классе университетской научно-исследовательской лаборатории до выполнения собственного серьезного исследования. Значимым этапом является ежегодно проводимая на химическом факультете СПбГУ Всероссийская научно-практическая конференция исследовательских работ школьников по химии.

Существенным в связке «Школа-ВУЗ» является осмысление того, что каждый нужен друг другу. На результативность работают и сложившиеся традиции, и выпускники, прошедшие по этой дороге, а затем вернувшиеся в школу в качестве научных руководителей, и, конечно, особая сформированная временем интеллектуальная среда. Для большинства учащихся именно здесь, в

## Пленарные доклады

стенах этой университетской школы, решалась судьба будущей профессии: не обреченность, а осознанный ее выбор. И эта нить не прерывается: эстафетная палочка переходит к следующим поколениям, которые продолжают творческое содружество. В этом, собственно, суть и миссия наставничества. В процессе такого наставничества формируется научно-педагогический корпус высококвалифицированных специалистов.

## **СЕКЦИЯ 1**

# **ОРГАНИЧЕСКАЯ, БИОЛОГИЧЕСКАЯ, ФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ И МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ**

## С,N-ХЕЛАТНЫЕ ДИАМИНОКАРБЕНОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПЛАТИНЫ(IV) КАК КАТАЛИЗАТОРЫ РЕАКЦИЙ ГИДРОСИЛИЛИРОВАНИЯ АЛКИНОВ

Агафонов О.В.,<sup>1</sup> Чулкова Т.Г.,<sup>2</sup> Боярская И.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>СПбГУ, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Институт высокомолекулярных соединений РАН, Санкт-Петербург

st075870@student.spbu.ru

Получение кремнийорганических соединений является актуальной задачей современной органической химии. Известно, что гетероциклические карбеновые комплексы платины(II) способны проявлять каталитическую активность в реакциях гидросилилирования непредельных соединений. Однако было выявлено, что ациклические диаминокарбеновые комплексы платины(II), получаемые по реакции N-нуклеофилов с  $[PtCl_2(CNR')_2]$ , даже лучше подходят для данных целей [1].

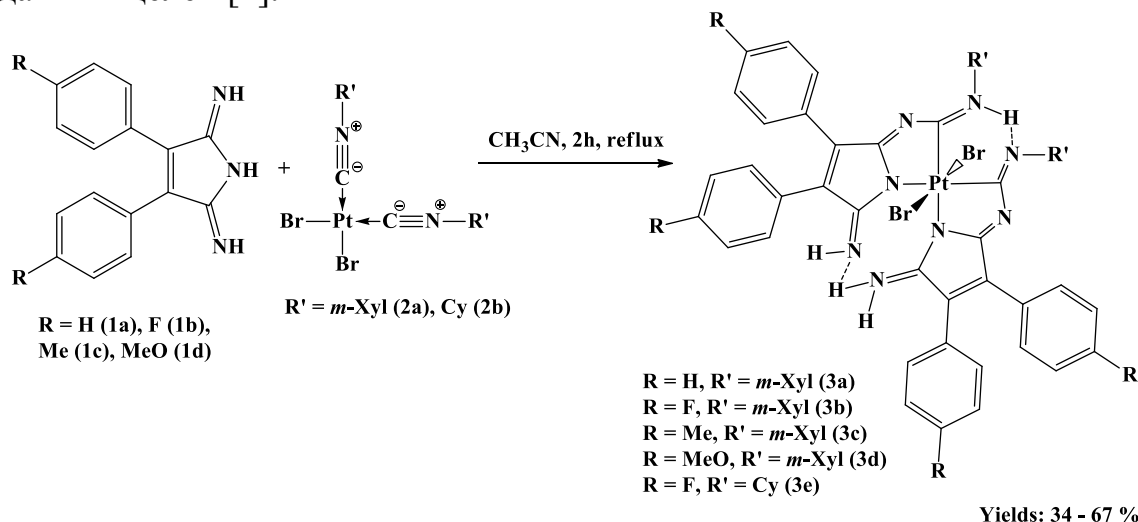


Рис. 1. Схема реакции получения диаминокарбеновых комплексов платины(IV)

В рамках нашей работы было выявлено, что по реакции N-нуклеофилов с  $[PtBr_2(CNR')_2]$  получают новые С,N-хелатные диаминокарбеновые комплексы платины(IV) (рис. 1). Нами были исследованы каталитические свойства двух комплексов (**3c**, **3d**) в реакции гидросилилирования фенилацетилена триэтоксисиланом, хорошо известной в литературе [2, 3] (рис. 2).

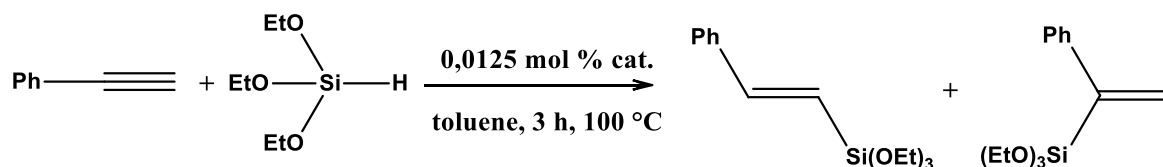


Рис. 2. Схема реакции фенилацетилена с триэтоксисиланом

Выходы реакций были определены с помощью спектроскопии ЯМР <sup>1</sup>H с использованием внутреннего стандарта. Выводы о структурах продуктов реакции делались на основании сигналов, показанных на рисунке 3. В таблице 1



представлены результаты, полученные при использовании комплекса **3c**. При использовании комплекса **3d** для формы кинетической кривой были получены схожие результаты, однако максимальный выход при использовании концентрации катализатора в 0,0125 мол. % составил 69 %.

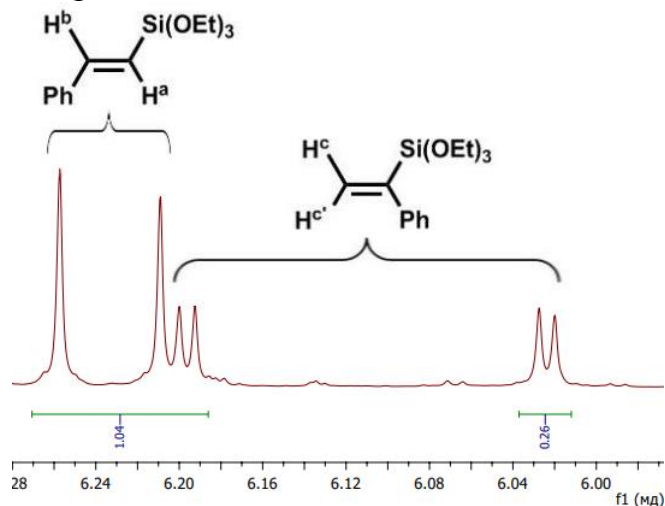


Рис. 3. Фрагмент спектра ЯМР  $^1\text{H}$ , содержащий сигналы протонов продуктов реакции ( $\alpha$ - и  $\beta$ -(E)-изомеров)

Таблица 1. Каталитическая активность комплекса **3c** в реакции гидросилилирования фенилацетилена

Время реакции, мин	Общий выход, %	Соотношение изомеров ( $\alpha/\beta$ -(E))	TON	TOF, $\text{ч}^{-1}$
30	1	–	80	160
60	28	25/75	2240	2240
120	44	26/74	3520	1760
180	99	28/72	7920	2640

Таким образом, C,N-хелатные диаминокарбеновые комплексы платины(IV) проявляют высокую каталитическую активность в реакциях гидросилилирования алкинов.

#### Список литературы

1. a) Afanasenko A.M., Chulkova T.G., Boyarskaya I. A., Islamova R.M., Legin A.A., Keppler B.K., Selivanov S.I., Vereshchagin A.N., Elinson M.N., Haukka M. // *J. Organometallic Chem.* 2020. Vol. 923. Art. № 121435. b) Rocha B.G.M., Valishina E.A., Chay R.S., Guedes da Silva M.F.C., Buslaeva T.M., Pombeiro A.J.L., Kukushkin V.Yu., Luzyanin K.V. // *J. Catalysis.* 2014. Vol. 309. P. 79. c) Poyatos M., Maisse-François A., Bellemin-Lapponnaz S., Gade L.H. // *Organometallics.* 2006. Vol. 25. N 10. P. 2634.
2. Wang D., Lai Y., Wang P., Leng X., Xiao J., Deng L. // *J. Am. Chem. Soc.* 2021. Vol. 143. N 32. P. 12847.
3. Taylor P.G., Bassindale A.R., Aziz Y.E., Pourny M., Stevenson R., Hursthouse M.B., Coles S.J. // *Dalton Trans.* 2012. Vol. 41. N 7. P. 2048.

## СИНТЕЗ НОВЫХ 1,3-ТИАЗОЛОВ ПО ГАНЧУ ИЗ γ-БРОМАЦЕТОАЦЕТАНИЛИДА

Амирханян А.А., Беспалов А.В., Доценко В.В.

КубГУ, Краснодар

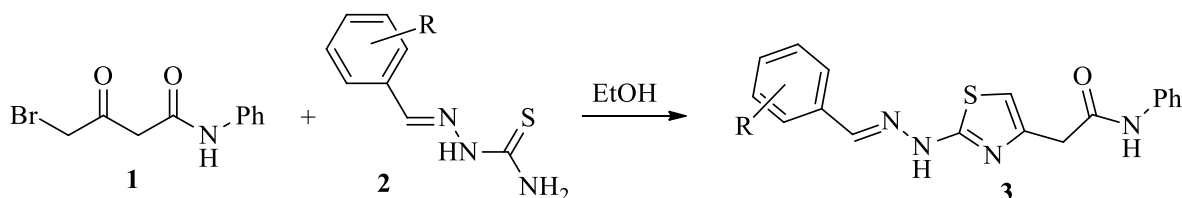
amirkhanyan-artem@bk.ru

Известно, что производные 1,3-тиазола могут обладать широким спектром биологической активности. Среди производных тиазола с известной биологической активностью стоит упомянуть витамин В<sub>1</sub>, антимикробный препарат фталазол, пестициды тифлузамид и трициклазол являются. Пенициллины и их производные также могут рассматриваться как конденсированные производные тиазолидина.

Одним из основных способов получения производных 1,3-тиазола является синтез Ганча – взаимодействие α-галогенкарбонильных соединений с тиоамидами, тиомочевинами и другими соединениями с фрагментом C(S)NH<sub>2</sub>.

В качестве тиоамидного компонента в синтезе Ганча может быть использована тиомочевина и ее N-замещенные аналоги [1], тиоацетамид [2]. Также весьма интересным с точки зрения дальнейшей функционализации представляется использование продуктов конденсации цианотиоацетамида с ароматическими альдегидами – 3-арил-2-цианопроп-2-ентииоамидов [3].

Целью данной работы было получение ранее не описанных производных тиазола на основе γ-бромацетоацетанилида и тиосемикарбазонов, полученных из тиосемикарбазида и ароматических альдегидов.



Взаимодействие тиосемикарбазонов 2 с γ-бромацетоацетанилидом 1 в этиловом спирте приводит к образованию новых производных 1,3-тиазола 3. Структуры полученных соединений были подтверждены с помощью ИК- и ЯМР-спектроскопии. Данные соединения интересны в качестве перспективных биологически активных веществ.

### Список литературы

1. Madhura V., Revankar H.M., Kulkarni M.V. // Z. Naturforsch. B. 2015. Vol. 70. N 7. P. 483.
2. Ali M.I., Abou-State M.A., Hassan N.M. // J. Chem. Eng. Data. 1972. Vol. 17. N 1. P. 106.
3. Hussain S.M., El-Reedy A.M., El-Sharabasy S.A. // Tetrahedron. 1988. Vol. 44. N 1. P. 241.

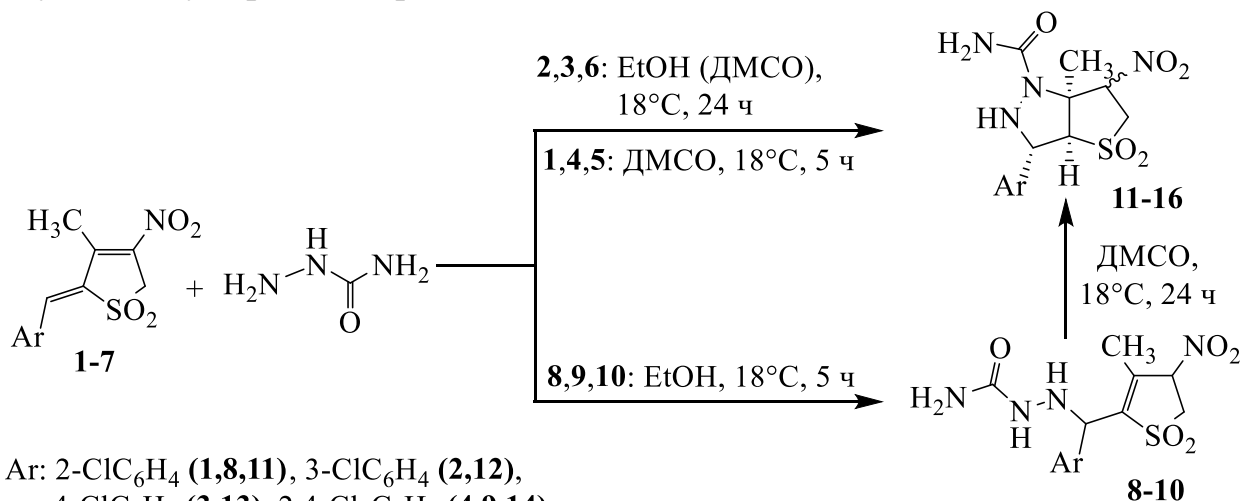
## ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИЙ НИТРОСУЛЬФОДИЕНОВ С СЕМИКАРБАЗИДОМ

***Бикеева К.А., Озерова О.Ю., Ефремова И.Е.***

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*kohrgpu@yandex.ru*

Ранее установлено, что *s-транс*-фиксированные нитросульфодиены – 2-бензилиден-3-метил-4-нитро-2,5-дигидротиофен-1,1-диоксиды являются удобными структурами для построения полиядерных производных сульфолана с кольцами пиразолидина [1] в реакциях с гидразином и его аналогами. С целью синтеза новых сульфолансодержащих полициклов нами исследованы взаимодействия разнообразно построенных БНТД **1-7** с семикарбазидом. Оказалось, что взаимодействие диенов с *n*- и *m*-замещенными ароматическими заместителями **2,3,6**, проводимые в растворах этанола и ДМСО, приводило к получению сульфоланопиразолидинов **12,13,16** с выходами 41-68%.



В случае диенов **1,4,5** содержащих заместители в *o*-положении бензольных колец, реакции в ДМСО, завершались синтезом бициклов **11,14,15** (61-83%), а в растворе этанола происходило образование *аза*-аддуктов **8-10** (42-76%), которые при выдержке в ДМСО превращались в соответствующие бициклы.

Строение всех полученных соединений установлено на основе использования физико-химических методов исследования: ИК, УФ, ЯМР <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C с использованием гомо- и гетероядерных экспериментов.

### Список литературы

1. Ефремова И.Е., Лапшина Л.В., Байчурин Р.И., Серебрянникова А.В., Савельев И.И. // ЖОХ. 2020. Т. 90. № 8. С. 1153.
2. Gudala S., Ambati S.R., Patel J.L., Vedula R.R., Penta S. // J. Heterocyclic Chem. 2019. Vol. 56. N 8. P. 2163.

## СИНТЕЗ ЗАМЕЩЕННЫХ 1,3-ТИАЗОЛОВ И 1,3-ТИАЗОЛИДИНОВ НА ОСНОВЕ 2-НИТРОГУАНИДИНА

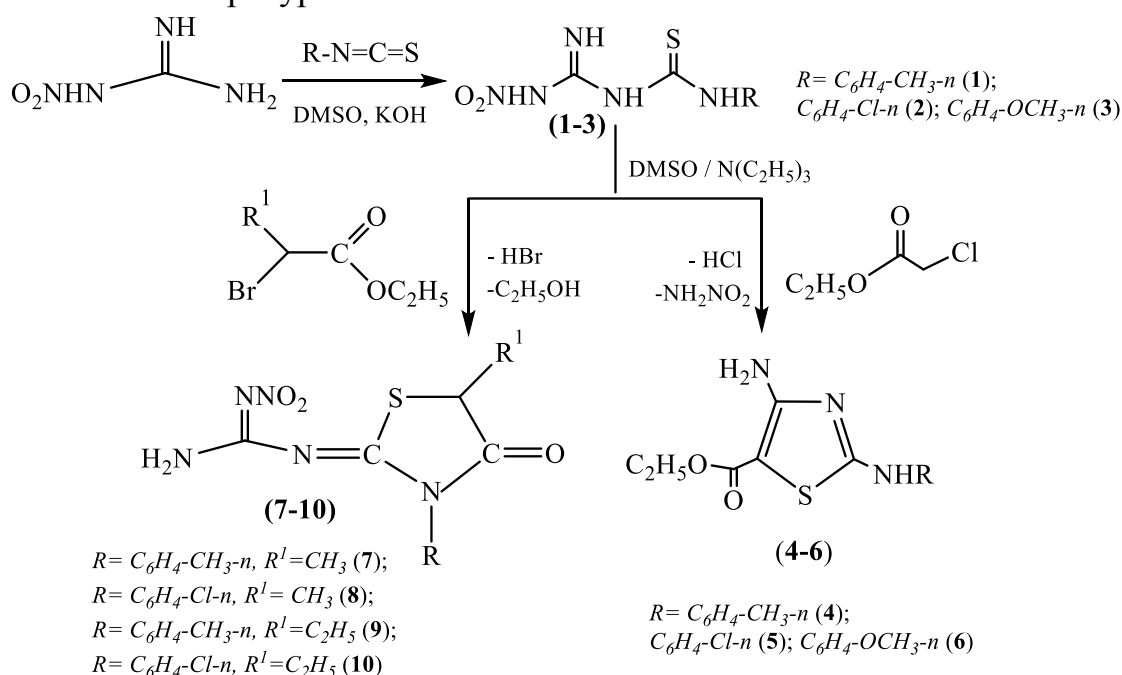
*Гайковая Е.М., Тоцкая Я.В., Ковалёва О.А., Ефимова Т.П., Новикова Т.А.*

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*kohrgpu@yandex.ru*

1,3-Тиазолы и их производные представляют большой интерес ввиду простоты их синтеза и широкого спектра биологической активности. Большое количество производных тиазолов нашло применение в качестве лекарственных препаратов, обладающих противовоспалительным, противоопухолевым, антибактериальным, анти-ВИЧ, противогрибковым и противосудорожным свойствами [1]. Наиболее широко используемым методом синтеза тиазолов является метод Ганча, основанный на взаимодействии  $\alpha$ -галогенкарбонильных соединений с тиомочевинами и тиоамидами.

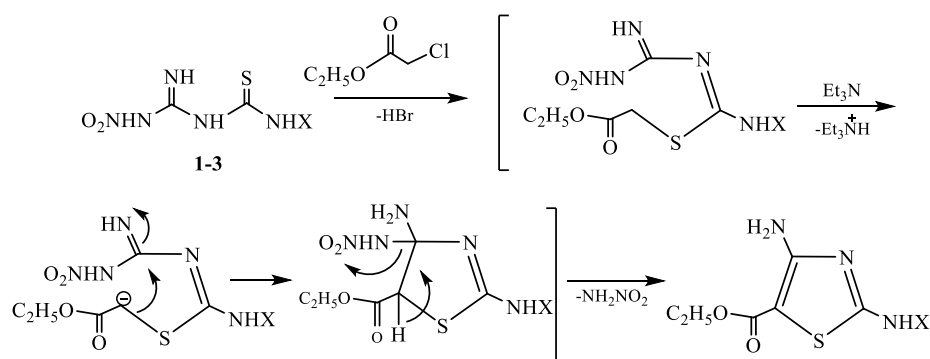
Нами 1-арил-3-(N-нитроамидино)тиомочевины (**1-3**), полученные в результате взаимодействия 2-нитрогуанидина с арилизотиоцианатами, исследовались в реакции с эфирами  $\alpha$ -галогензамещенных карбоновых кислот, с целью получения новых представителей замещенных 1,3-тиазолов. Реакции проводили в среде ДМСО, в присутствии триэтиламина в течение двух часов при комнатной температуре.



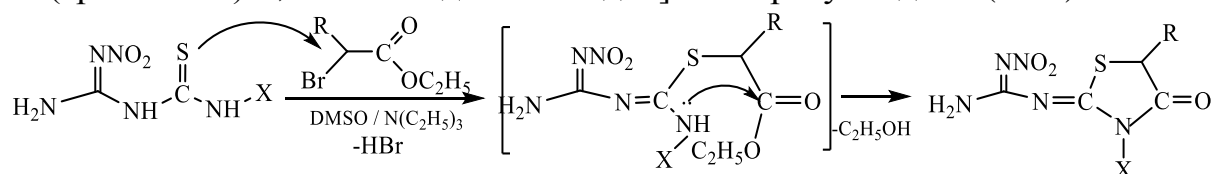
В результате проведенного исследования были выявлены следующие особенности:

1. Взаимодействие 1-арил-3-(N-нитроамидино)тиомочевин (**1-3**) с этиловым эфиром хлоруксусной кислоты завершалось образованием 4-амино-2-(арил)-5-этоксикарбонил-1,3-тиазолов (**4-6**) с выходами 72–74%. Механизм

данной циклизации можно описать следующим образом: производное тиомочевины проявляет свои *S*-нуклеофильные свойства и замещает хлор в галогенэфире, при добавлении триэтиламина, в качестве основания, реализуются СН-кислотные свойства в метиленовом фрагменте хлоруксусной кислоты, что приводит к формированию *S*-нуклеофильного центра, последующая атака которым электрофильного углерода в нитрогуанидиновом фрагменте приводит к замыканию тиазольного цикла. Следующий шаг - ароматизация, осуществляется путем элиминирования нитроаминогруппы, которая является хорошо уходящей группой благодаря лучшей делокализации отрицательного заряда по сравнению с аминогруппой и представить следующей схемой.



2. Наличие электронодонорных алкильных групп при  $\alpha$ -углеродных атомах в эфирах  $\alpha$ -бромпропионовой и масляной кислот понижает СН-кислотность  $\alpha$ -углеродного атома и создает, возможно, пространственные затруднения, вследствие чего, циклизация протекает по другому маршруту с участием амино- и сложноэфирной групп и приводит к замыканию тиазолидинового цикла, в результате чего с выходами до 70% нами были получены 1-[5-алкил-4-оксо-3-(ариламино)-1,3-тиазолидин-2-илиден]-2-нитрогуанидина (**7-10**).



Строение полученных соединений (**1-10**) было подтверждено методами ИК, ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  спектроскопии с привлечением двумерных гетероядерных (НМРС, НМВС) экспериментов.

#### Список литературы

1. Arab-Salmanabadi S. // J. Heterocycl. Chem. 2017. Vol. 54. N 6. P. 3600.

## ИЗУЧЕНИЕ ФАРМАКОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КОМПЛЕКСОВ ГЛУТАМИНА

*Ганиев Б.Ш.,<sup>1</sup> Мардонов У.М.,<sup>1</sup> Аиуоров Ж.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*БухГУ, Бухара, Узбекистан*

<sup>2</sup>*ИБОХ АНРУз им. О.С.Садикова, Ташкент*

На основании анализа баз данных Pubmed, базы патентов Российской Федерации и Узбекистана за 2000-2019 года молекула глутамина была выбрана перспективной для синтеза на её основе активных комплексных соединений. Осуществлён синтез комплексных соединений глутамина с ионами  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  и  $\text{Zn}^{+2}$  в количестве, достаточном для подтверждения их подлинности и скрининговых фармакологических экспериментов. Состав и структура полученных веществ подтверждена методами ИК-спектроскопии и РФА-анализа.

В данной работе описаны результаты изучения биологической активности вновь синтезированных соединений глутамина с ионами  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  и  $\text{Zn}^{+2}$  на основе данных программы PASS [1].

Таблица 1. Результаты прогнозирования биологической активности глутамина и его комплексных соединений с использованием программы PASS.

№	Тип биоактивности	Активность / неактивность	Исследуемые вещества				
			GlnH	Gln <sup>-</sup>	NaGln	Mg(Gln) <sub>2</sub>	Zn(Gln) <sub>2</sub>
1	Ингибитор глутамин-фенил-пируваттрансаминазы	P <sub>a</sub>	0,471	0,945	0,945	0,951	0,951
		P <sub>i</sub>	0,036	0,001	0,001	0,001	0,001
2	Ингибитор протеин-дисульфидредуктазы	P <sub>a</sub>	0,964	0,891	0,882	0,898	0,898
		P <sub>i</sub>	0,002	0,004	0,004	0,004	0,004
3	Лечение мукозита	P <sub>a</sub>	0,959	0,879	0,874	0,893	0,898
		P <sub>i</sub>	0,003	0,008	0,008	0,007	0,007
4	Ингибитор марганец-пероксидазы	P <sub>a</sub>	0,918	0,867	0,794	0,815	0,815
		P <sub>i</sub>	0,002	0,003	0,005	0,004	0,004
5	Ингибитор протеин-глутаматметилэстеразы	P <sub>a</sub>	0,964	0,803	0,790	0,816	0,816
		P <sub>i</sub>	0,002	0,013	0,014	0,012	0,012
6	Ингибитор NADPH-пероксидазы	P <sub>a</sub>	0,915	0,858	0,762	0,791	0,791
		P <sub>i</sub>	0,003	0,005	0,017	0,013	0,013
7	Ингибитор аланин-тРНК лигазы	P <sub>a</sub>	0,876	0,821	0,747	0,767	0,767
		P <sub>i</sub>	0,001	0,002	0,003	0,003	0,003

### Список литературы

1. Lagunin A.A., Povydysh M.N., Ivkin D.Yu., Luzhanin V.G., Krasnova M.V., Okovityi S.V., Nosov A.M., Titova M., Tomilova S., Filimonov D.A., Poroikov V.V. // Molecular Informatics. 2020. Vol. 39. N 11. Article № 2000093 (11 p.)

## СИНТЕЗ ПИРАЗОЛИНОСУЛЬФОЛАНОВ НА ОСНОВЕ 2-БЕНЗИЛИДЕН-4-НИТРО-3-ТИОЛЕН-1,1-ДИОКСИДОВ

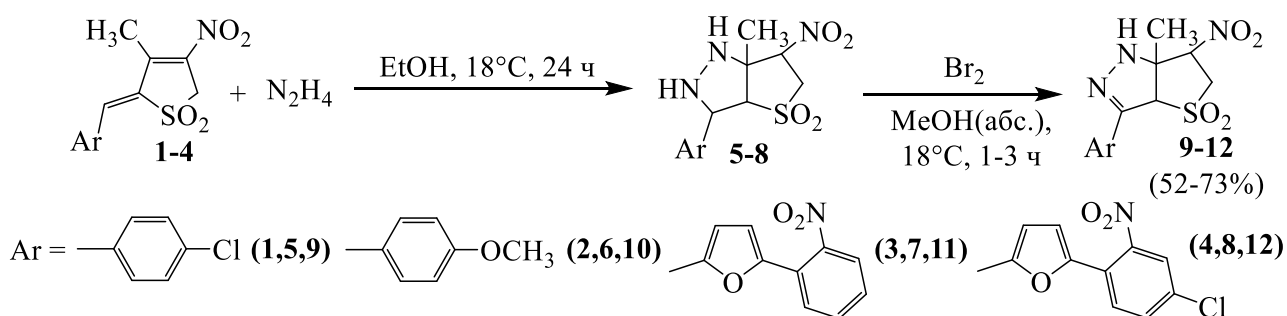
*Герасимов Д.Р., Эленбергер Е.В., Озерова О.Ю.*

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*kohrgpu@yandex.ru*

Производные пиразола и его гидрированных форм представляют собой ключевые структурные фрагменты разнообразных биологически активных соединений [1]. Наиболее труднодоступными среди соединений данного ряда являются бициклические производные пиразолина, в частности структуры, содержащие конденсированные циклы пиразолина и сульфолана, получаемые на основе 1,3-диполярного циклоприсоединения.

Нами исследован оригинальный способ синтеза сульфоланопиразолинов путем окисления пиразолидинсодержащих предшественников **5-8**, получаемых в результате взаимодействия нитросульфодиенов **1-4** ряда тиолен-1,1-диоксида с гидразином [2]. Установлено, что введение в структуры исходных диенов **3,4** объемных 1-фурилзамещенных групп не препятствует формированию бициклов **7,8**, полученных впервые.



Окисление соединений **5-8** двукратным избытком брома в мягких условиях (MeOH, 18°C, 1-3 ч) осуществлялось по фрагменту CH-NH с образованием тетрагидро-1H-тиено[3,2-с]пиразол-4,4-диоксидов **9-12** в виде одного диастереомера (выходы 52-73%).

Соединения **9-12** представляют собой бесцветные кристаллические вещества, устойчивые при хранении. Их строение установлено на основании данных спектроскопии ИК, ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ , с использованием гомо- и гетерокорреляционных экспериментов НМРС, НМВС, NOESY.

### Список литературы

1. Ivanova A.E., Burgart Y.V., Saloutin V.I., Orshanskaya Y.R., Zarubaev V.V. // Mendeleev Commun. 2018. Vol. 28. N 1. P. 52.
2. Ефремова И.Е., Серебрянникова А.В., Беляков А.В., Лапшина Л.В. // ЖОХ. 2019. Т. 89. № 3. С. 468.

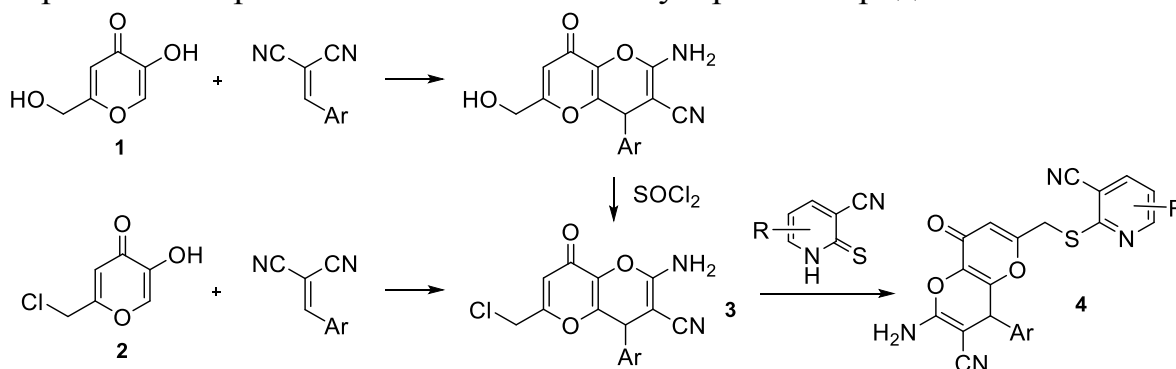
## ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 2-АМИНО-4,8-ДИГИДРОПИРАНО[3,2-*b*]ПИРАН-3-КАРБОНИТРИЛА

Гузь Д.Д., Степанова С.Ф., Доценко В.В.

КубГУ, Краснодар

didiana2@mail.ru

В настоящее время актуальной задачей является поиск и синтез новых биологически активных молекул, с последующей разработкой на их основе лекарственных препаратов. Спектр биологической активности койевой кислоты весьма обширен и включает антимикробную, противодиабетическую, противораковую, инсектицидную активность [1]. В связи с этим койевая кислота **1** была выбрана в качестве исходного соединения для получения новых биологически активных соединений. Реакция койевой кислоты с различными альдегидами и малонитрилом в присутствии  $\text{Et}_3\text{N}$  в  $\text{EtOH}$  при  $25\text{ }^\circ\text{C}$  с последующей обработкой  $\text{SOCl}_2$  приводила к образованию пиранопиранов **3** [2]. Эти же соединения в одну стадию были синтезированы из хлоркойевой кислоты **2**. Соединения **3** вводились в реакции доступными 2-меркаптопиридин-3-карбонитрилами в присутствии  $\text{KOH}$  в ДМФА с образованием ранее не описанных молекулярных гибридов **4**.



Полученные соединения **4** представляются интересными субстратами для проведения дальнейшей изомеризации по Торпу-Циглеру с выходом на новые соединения, содержащие два фармакофорных фрагмента – остаток тиено[2,3-*b*]пиридина и 4*H*-пирана.

### Список литературы

1. Mutlu D. A., G. Karakaya. Kojic Acid Derivatives // J. Res. Pharm. 2019. Vol. 23. №4. P. 596-607.
2. Maedeh S., Roghieh M., Ebrahim B. et al. // Bioorganic chemistry. 2021. Vol. 109. Paper ID 104703.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта Н-21.1/15 “Высокофункционализированные 4*H*-пираны: синтез, свойства и биологическая активность”.*



## ОКИСЛЕНИЕ 2-ЦИАНОТИОАКРИЛАМИДОВ НИТРИТОМ НАТРИЯ

Дахно П.Г., Левченко А.Г., Доценко В.В.

КубГУ, Краснодар

p.dahno@yandex.ru

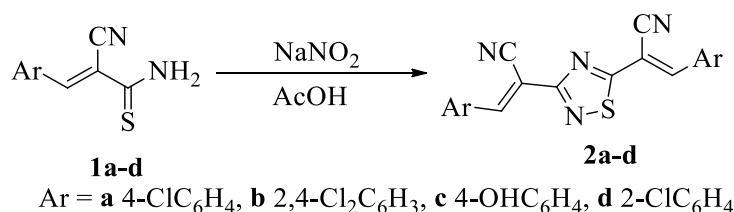
Образование производных 1,2,4-тиадиазола из первичных тиоамидов хорошо известно и является результатом окислительной димеризации, протекающей под действием широкого спектра окислителей.

Следует отметить, что среди производных 1,2,4-тиадиазола найдено много биологически активных веществ, поэтому получение новых производных данной гетероциклической системы является перспективным направлением исследований.

Так, установлено [1], что реакция 2-цианотиоакриламидов **1** с бромнитрометаном приводит к образованию продуктов окислительной димеризации **2** строение которых подтверждено встречным синтезом – окислением 2-цианотиоакриламидов в системе ДМСО–НСl.

Данные реакции толерантны к субстратам как донорными, так и с акцепторными заместителями в ароматическом кольце.

В реакцию окисления с  $\text{NaNO}_2$  были введены 2-цианотиоакриламиды **1** с различными заместителями. Соединения **1** вводили в реакцию с водным раствором нитрита натрия в среде уксусной кислоты.



Установлено, что данная реакция с успехом реализуется только для тиоамидов **1** с электроакцепторными заместителями (**1a,b,d**) в ароматическом цикле. В случае тиоамидов **1** с электронодонорными заместителями (**1c**) наблюдается осмоление реакционной смеси, вероятно, из-за побочной реакции нитрозирования ароматических субстратов. Поэтому, несмотря на достаточно высокие выходы продуктов, новый метод все же нельзя считать оптимальным для получения тиадиазолов **2**.

Строение полученных соединений **2** подтверждено спектральными методами. Так, в спектрах ЯМР <sup>1</sup>H полученных соединений обнаруживается удвоенный набор сигналов ароматического заместителя и два сигнала протонов СН акрилонитрильного фрагмента в интервале 8,36–8,83 м.д. В ИК-спектрах присутствуют интенсивные полосы поглощения при 2208–2225 см<sup>-1</sup>, соответствующих валентным колебаниям сопряженных групп C≡N.

### Список литературы

1. Доценко В.В., Кривоколыско С.Г. // ХГС. 2013. № 4. С. 682

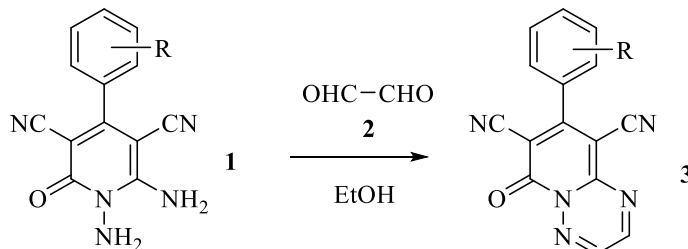
## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 1,6-ДИАМИНО-4-АРИЛ-2-ОКСО-1,2-ДИГИДРОПИРИДИН-3,5-ДИКАРБОНИТРИЛОВ С ГЛИОКСАЛЕМ

*Долганов А.А., Чикава А.Р., Доценко В.В.*

*КубГУ, Краснодар*

*alexsm2004@gmail.com*

Замещенные 1,6-диамино-2-оксо-1,2-дигидропиридин-3,5-дикарбонитрилы **1**, легко доступные в результате трехкомпонентной конденсации цианоацетидразида с малононитрилом и альдегидами [1], являются удобными исходными реагентами для получения широкого спектра полиазагетероциклов с мостиковым азотом [2]. Наличие двух аминогрупп в структуре молекулы 1,6-диамино-4-арил-2-оксо-1,2-дигидропиридин-3,5-дикарбонитрила открывает богатые синтетические возможности для использования соединений в качестве субстрата в реакциях аминометилирования. Результатом аминометилирования следует ожидать образование новых гетероциклических продуктов. Нами установлено, что при обработке соединений **1** небольшим избытком избытком глиоксаля **2** в растворе DMF и этаноле образуются соединения **3**. Реакция протекает, очевидно, через образование полуаминалей с последующей дегидратацией. Продукты представляют собой темноокрашенные порошки, легко растворимые в ацетоне и этилацетате.



Строение соединений **3** установлено на основании анализа данных ИК и ЯМР-спектров. Так, в ИК-спектре соединения **3** (R = 4-F) обнаруживаются полосы поглощения, соответствующие валентным колебаниям сопряженных CN-групп при  $2214\text{ см}^{-1}$ , но при этом отсутствуют полосы поглощения O–H или N–H, которые следовало бы ожидать при иной структуре продукта конденсации.

### Список литературы

1. Soto J. L., Seoane C., Zamorano P., Cuadrado F. J. // *Synthesis*. 1981. N 7. P. 529.
2. Ibrahim M. A., El-Gohary N. M. // *Heterocycles*. 2014. Vol. 89. N 5. P. 1125.

## СИНТЕЗ ФОСФОРИЛИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 1,3,4-ОКСАДИАЗОЛОВ С ЖИРНОАЛИФАТИЧЕСКИМ ФРАГМЕНТОМ

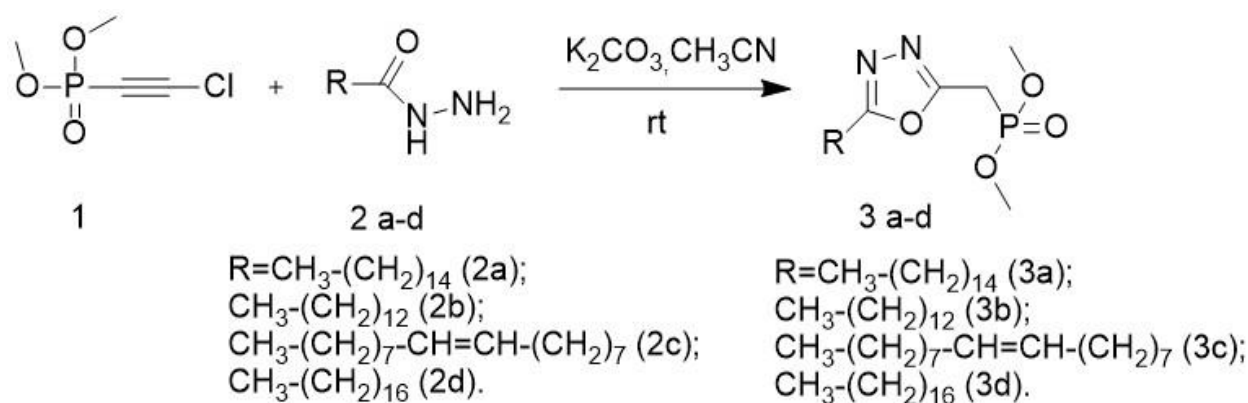
*Епифанцева В.Э., Герасимова Е.А., Егоров Д.М., Догадина А.В.*

*СПбГТИ(ТУ), Санкт-Петербург*

*lera.epifantseva@mail.ru*

1,3,4-Оксадиазолы и их производные имеют широкий спектр биологической активности: противовоспалительной, антибактериальной, противотуберкулезной и противомаларийной, являются эффективными фунгицидами, инсектицидами и антидепрессантами. Их применяют при получении термостойких полимерных материалов, в производстве растворителей для полимеров и фотоматериалов с повышенной термической стабильностью. Также производные 1,3,4-оксадиазолов – сцинтилляторы, люминофоры, красители, фотохромные препараты. Поэтому разработка новых подходов к синтезу 1,3,4-оксадиазолов является актуальной задачей в современной органической химии.

Взаимодействием диметилхлорэтинилфосфоната с гидрамидами жирных кислот нами были получены новые фосфорилированные 1,3,4-оксадиазолы. Реакция проводилась при комнатной температуре в ацетонитриле в присутствии карбоната калия и полностью протекала в течении 8 часов с высокой селективностью, приводя к соответствующим фосфорилированным производным 1,3,4-оксадиазолов.



Контроль реакции осуществляли по данным ЯМР-спектроскопии на ядрах <sup>31</sup>P. Исходный фосфонат **1** имеет химический сдвиг -5.6 м.д., продукты **3 a-d** выходят в характерной области ~20 м.д.

*Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания Министерства образования (№ 785.00.X6019) с использованием оборудования ИЦ СПбГТИ (ТУ).*

## СИНТЕЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ТИАЗОЛА, СОДЕРЖАЩИХ КУМАРИНОВЫЙ ЦИКЛ

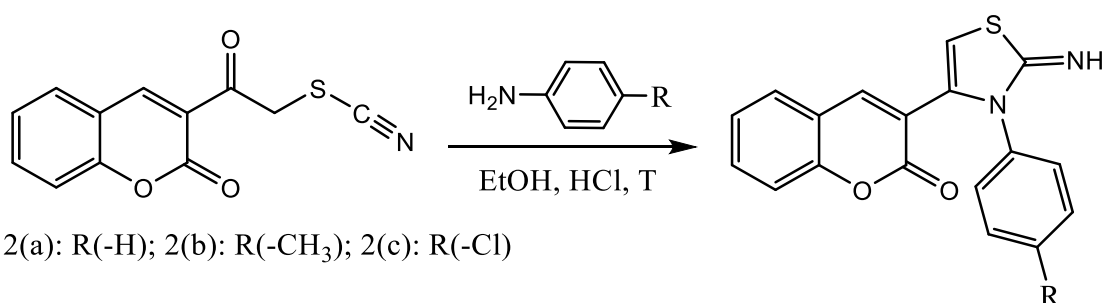
Зефирова А.А., Беспалов А.В.

КубГУ, Краснодар

nasya.zefirova17@mail.ru

$\alpha$ -Роданокарбонильные соединения обладают высокой реакционной способностью и могут применяться в качестве реагентов в тонком органическом синтезе для получения различных гетероциклических соединений, среди которых особый интерес представляют замещённые тиазолы, что связано с их высокой биологической активностью. Известно, что введение кумаринового фрагмента в подобные системы позволяет получать перспективные средства защиты растений, обладающие рострегулирующим и антидотным эффектом [1, 2].

Целью представленной работы было получение ряда замещённых тиазолов путем кислотно-катализируемой реакции 3-(роданоацетил)кумарина с ароматическими аминами.



В результате был получен ряд функциональных производных, содержащих кумариновый фрагмент в положении 4 тиазольного цикла, строение которых было подтверждено данными ИК, ЯМР <sup>1</sup>H и ЯМР <sup>13</sup>C спектроскопии. Наличие реакционноспособной иминной группы в структуре полученных соединений открывает возможность для дальнейшей функционализации с целью введения дополнительных функциональных групп, обладающих биологической активностью, что может привести к созданию эффективных полифункциональных средств защиты растений.

### Список литературы

1. Chunduru V.S.R., Rao R.V. // Journal of Chemical Research. 2010. Vol. 34. N 1. P. 50.
2. Sahu S.K., Behera R.K. // Indian Journal of Heterocyclic Chemistry. 1996. Vol. 6. N 4. P. 91.

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АЛКИЛЗАМЕЩЕННЫХ ТЕТРААЗАЦИКЛОТЕТРАДЕКА-4,11- И ОКТАДЕКА-4,13-ДИЕНОВ С ХЛОРАНГИДРИДАМИ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Зоркина П.Д.,<sup>1,2</sup> Мелькова Д.А.,<sup>1</sup> Анисимова Н.А.<sup>1,2</sup>

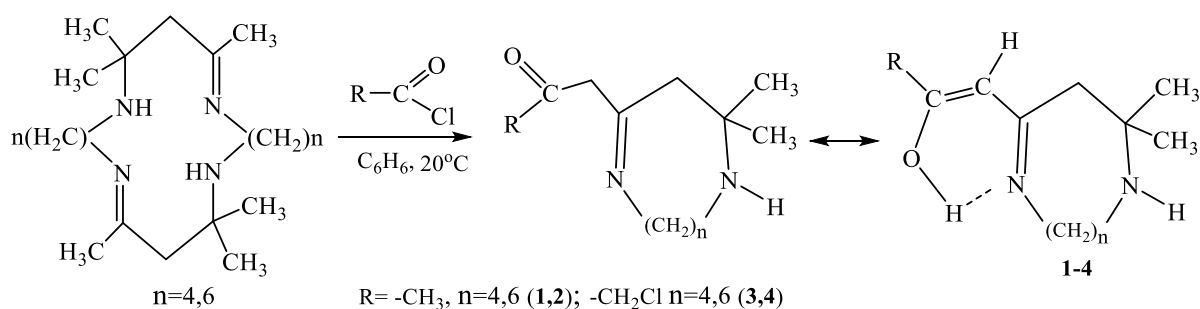
<sup>1</sup>РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>СПбГУПТД, Санкт-Петербург

zorkina.polya@yandex.ru

Интерес к азамacroциклическим соединениям обусловлен широким спектром их практического применения. Они используются в качестве органических лигандов, ионофоров, хелатных соединений для извлечения благородных металлов, а также в качестве структурной основы флуоресцентных сенсоров и перспективных лекарственных препаратов [1].

Нами исследовано взаимодействие 18-ти и 22-х членных азамacroциклических соединений с хлорангидридами уксусной и хлоруксусной кислот. Показано, что реакция завершается образованием соответствующих С-ацилзамещенных 9-ти и 11-ти членных азамacroциклов (1-4). Формирование последних, по-видимому, можно объяснить, как результат гидролиза азометиновых связей под действием выделяющейся в процессе реакции соляной кислоты. Показано, что первично образующиеся diazepины подвергаются кето-енольной таутомерии и существуют в енольно-иминной форме. Большая устойчивость которой связана с сопряжением азометинового и винильного фрагментов, а также возникновением сильной внутримолекулярной водородной связи.



Строение синтезированных соединений установлено с использованием комплекса современных физико-химических методов исследования ИК, ЯМР <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C спектроскопии и двумерных гетероядерных экспериментов ЯМР <sup>1</sup>H-<sup>13</sup>C NMQC, NMBC, <sup>1</sup>H-<sup>1</sup>H COSY.

### Список литературы

1. Amatori S., Ambrosi G., Borgogelli E., Fanelli M., Formica M., Fusi V., Giorgi L., Macedi E., Micheloni M., Paoli P., Rossi P., Tassoni A. // Inorganic chemistry. 2014. Vol. 53. N 9. P. 4560.

## СИНТЕЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЗМОЖНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НОВЫХ ГИБРИДНЫХ МОЛЕКУЛ С ФРАГМЕНТАМИ ТИЕНОПИРИДИНА И 2-ИМИНОТИАЗОЛИНА

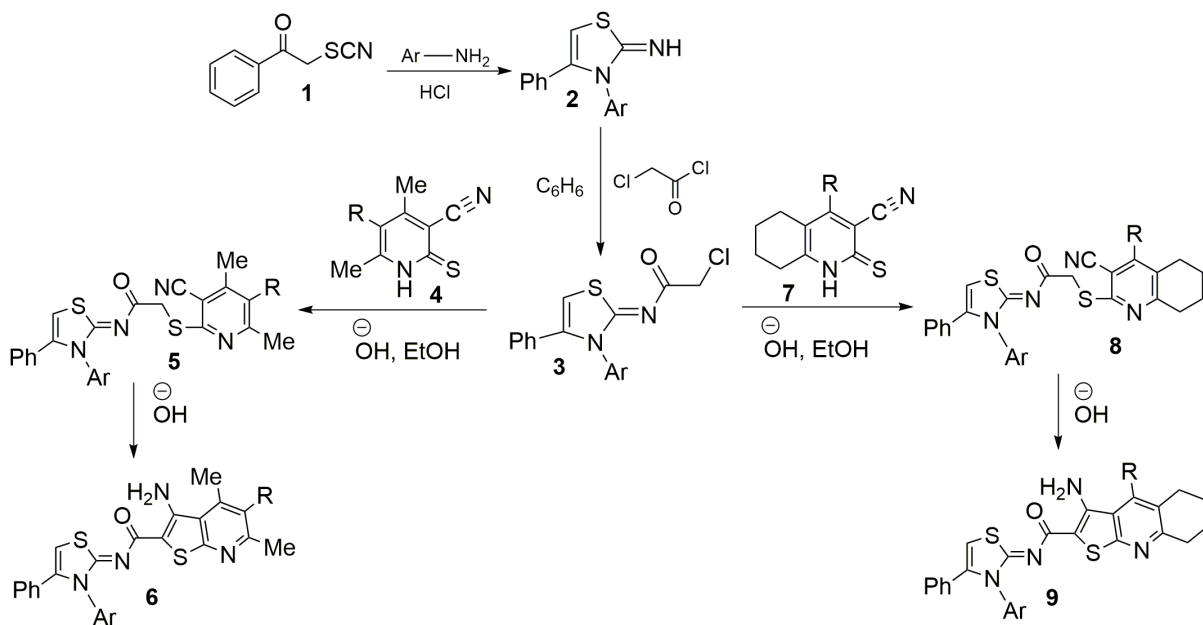
*Киндон Вяч.К., Киндон Влад.К., Беспалов А.В., Доценко В.В.*

*КубГУ, Краснодар*

*Slavakindop@mail.ru*

Исходя из альфа-роданоацетофенона **1** были синтезированы хлорацетамиды **3**, в дальнейшем введенные в реакцию с производными 3-цианопиридин-2(1*H*)-тионами (**4** и **7**) при основном катализе. В итоге были синтезированы не описанные в литературе продукты *S*-алкилирования (**5** и **8**) с достаточно высокими выходами.

При этом, прибавление избытка основания и нагрев реакционной смеси приводит к гетероциклизации по Циглеру-Торпу. Было обнаружено, что это приводит к образованию ранее не описанных [1, 2] производных тиено[2,3-*b*]пиридина (**6** и **9**), соединенных с ядром тиазолина **2**. Мы считаем, что это может потенциально повышать их фармакологическую активность, поскольку наличие фармакофорного тиено[2,3-*b*]пиридинового фрагмента должно приводить к большей вариативности направлений связи с рецепторами.



Структура синтезированных соединений **6** и **9** подтверждена данными ЯМР спектроскопии, ИК-спектрофотометрии и рентгеноструктурного анализа.

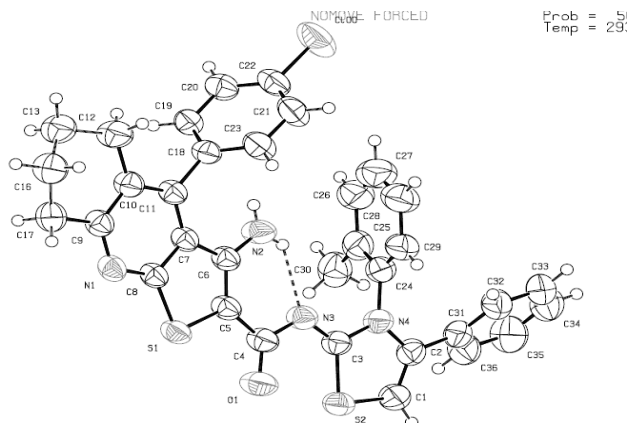


Рис. 1. Результаты рентгеноструктурного анализа для одного из полученных соединений.

Для синтезированных веществ были спрогнозированы протеиновые мишени. Для этого нами был использован протокол протеин-лигандного докинга *GalaxyWeb Sagittarius*.

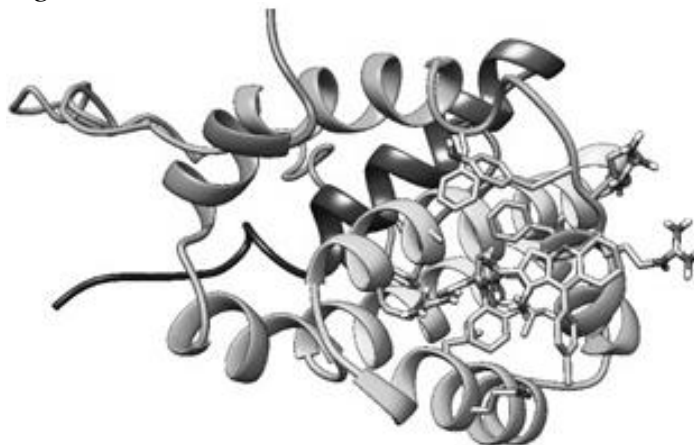


Рис. 2. Модель связывания одного из полученных соединений с активным сайтом белка человека (3zlo)

Вероятные протеиновые мишени обозначены с помощью ID-идентификаторов в Protein Data Bank (PDB). Синтезированные соединения могут обладать сродством к большой группе белков (таблица 1).

Таблица 1. Результаты прогнозирования связывания.

Структура	PDB ID	Predock score	Docking score	Score
	3ZLO	0.462	-27.025	0.732
	5E2P	0.378	-23.645	0.614
	2O22	0.341	-22.221	0.563

#### Список литературы

1. Litvinov V.P., Dotsenko V.V., Krivokolysko S.G. // Russ. Chem. Bull. 2005. Vol. 54. N 4. P. 864.
2. Litvinov, V.P., Dotsenko, V.V., Krivokolysko, S.G // Adv. Heterocyclic Chem. 2007. Vol. 93. P. 117.

**(3*R*\*,4*S*\*)-4-ИНДОЛИЛ-5-СПИРО[ПИРАЗОЛИДИН-3,5-ДИОН-4-ИЛ]-  
2-ПИРРОЛИДОН-3-КАРБОГИДРАЗИДЫ  
В РЕАКЦИЯХ С АЦЕТОНОМ**

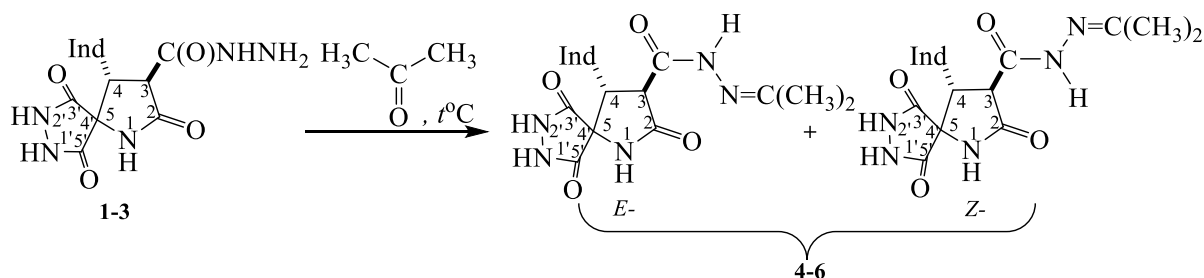
***Ковалева Е.А., Никитина Н.А., Остроглядов Е.С., Васильева О.С.***

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*kohrgpu@yandex.ru*

В реестре лекарственных средств довольно широко представлены препараты, содержащие такие фармакофорные гетероциклы как 2-пирролидон, индол и пиразолидин-3,5-дион. Вместе с тем, в структуре молекул ряда болеутоляющих, жаропонижающих и антибактериальных лекарственных средств присутствует алкил(арил)иденовый фрагмент. В связи с этим синтез субстанций, в составе молекул которых одновременно присутствуют лактамный, индольный, пиразолидиновый циклы и алкилиденовый фрагмент, представляет несомненный интерес. Известно, что одним из удобных методов синтеза подобных соединений могут быть реакции 2-пирролидон-3-карбогидразидов с ацетоном.

Нами изучено взаимодействие препаративно доступных диастереооднородных (3*R*\*,4*S*\*)-4-индолил-5-спиро[пиразолидин-3,5-дион-4-ил]-2-пирролидон-3-карбогидразидов (**1-3**) с ацетоном. Оптимальными условиями проведения этих реакций является кипячение гидразидов (**1-3**) в избытке ацетона в течение 1 часа. Выход целевых (3*R*\*,4*S*\*)-*N'*-изопропилиден-4-индолил-2-пирролидон-3-карбогидразидов (**4-6**) составил 70-75 %.



Ind = индол-3-ил (**1,4**), 1-метилиндол-3-ил (**2,5**), 1-бензилиндол-3-ил (**3,6**).

Соединения (**4-6**) – это стабильные бесцветные кристаллические вещества с высокими температурами плавления, умеренно или очень мало растворимые в воде. Строение их подтверждено данными методов ИК, ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$  спектроскопии с привлечением  $^1\text{H}$ - $^{13}\text{C}$  НМРС,  $^1\text{H}$ - $^{13}\text{C}$  НМВС экспериментов. Установлено, что *N'*-изопропилиденкарбогидразиды (**4-6**) в растворе ДМСО- $d_6$  существуют в виде смеси *Z*- и *E*-конформеров (относительно (O)C-NH связи) в разном соотношении, при чём, *Z*-конформеры преобладают. В молекулах соединений (**4-6**) протоны при атомах лактама ( $\text{C}^3$  и  $\text{C}^4$ ) имеют *транс*-расположение, что соответствует относительной конфигурации хиральных центров 3*R* и 4*S*.



## СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ 3-АЛКОКСИКАРБОНИЛЭТИЛ-4-ГЕТ(АРИЛ)-2-ПИРРОЛИДОН-3-КАРБОКСИЛАТОВ

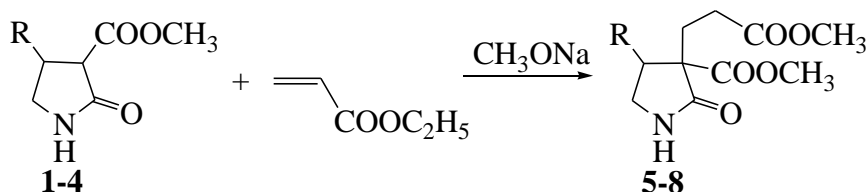
*Короткова П.Ю., Остроглядов Е.С., Васильева О.С.*

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*kohrgpu@yandex.ru*

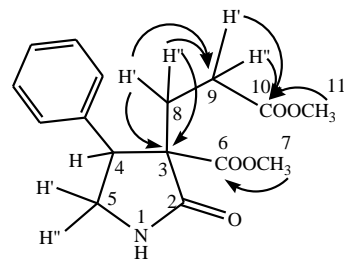
Известно, что реакции 4-гет(арил)-2-пирролидон-3-карбоксилатов с гет(арил)нитроэтенами протекают по С<sup>3</sup> нуклеофильному центру, а с более стерически загруженными 2-гет(арил)-1,1-диметоксикарбонилэтенами – по атому азота лактамного цикла. Поэтому, представляет интерес изучить взаимодействие 2-пирролидон-3-карбоксилатов со стерически менее загруженными эфирами непердельных кислот – этилакрилатом.

Нами изучены реакции диастереооднородных метил (3*R*\*,4*S*\*)-4-гет(арил)-2-пирролидон-3-карбоксилатов (**1-4**) с этиловым эфиром акриловой кислоты. Найдены оптимальные условия их проведения: соотношение пирролидонкарбоксилат : этилакрилат = 1.5 : 1, в присутствии метилата натрия в растворе метанола. Процесс сопровождался переэтерификацией сложноэфирной группы и завершался образованием продуктов нуклеофильного присоединения по С<sup>3</sup>-атому лактамного цикла – метил-4-гет(арил)-2-пирролидон-3-метоксикарбонилэтил-3-карбоксилатов (**5-8**). Выход веществ (**5-8**) составил от 56 % до 87 %.



R = фенил (**1, 5**), 4-хлорфенил (**2, 6**), 4-метоксифенил (**3, 7**), пиридил-3 (**4, 8**).

Строение соединений (**5-8**) охарактеризовано данными физико-химических методов исследования (ИК, ЯМР <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C{<sup>1</sup>H} и <sup>1</sup>H-<sup>13</sup>C НМРС, <sup>1</sup>H-<sup>13</sup>C НМВС). Корректность отнесения сигналов протонов метильных и метиленовых групп боковой цепи, а также карбонильных атомов углерода лактама и сложного эфира в спектрах ЯМР<sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C соединений (**5-8**) подтверждена результатами эксперимента <sup>1</sup>H-<sup>13</sup>C НМВС. В спектре <sup>1</sup>H-<sup>13</sup>C НМВС соединения (**5**), наблюдаются кросс-пики между протонами С<sup>11</sup>H<sub>3</sub> (3.68 м.д.), С<sup>9</sup>H' (2.37 – 2.52 м.д.), С<sup>9</sup>H'' (2.78 – 2.89 м.д.) и атомом С<sup>10</sup> (173.81 м.д.), протонами С<sup>7</sup>H<sub>3</sub> (3.41 м.д.) и атомом С<sup>6</sup> (169.63 м.д.), а также протонами С<sup>8</sup>H' (2.12 – 2.23 м.д.), С<sup>8</sup>H'' (2.37 – 2.52 м.д.) и атомами С<sup>3</sup> (59.55 м.д.) и С<sup>9</sup> (29.23 м.д.).



Метил-4-гет(арил)-2-пирролидон-3-нитроэтил-3-карбоксилаты представляют интерес как перспективные прекурсоры в синтезе потенциально биологически активных производных ГАМК и 2-пирролидона.

## АЛКИЛ-3-НИТРОАКРИЛАТЫ В РЕАКЦИИ [3+2] ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЯ С АЗОМЕНИЛИДАМИ

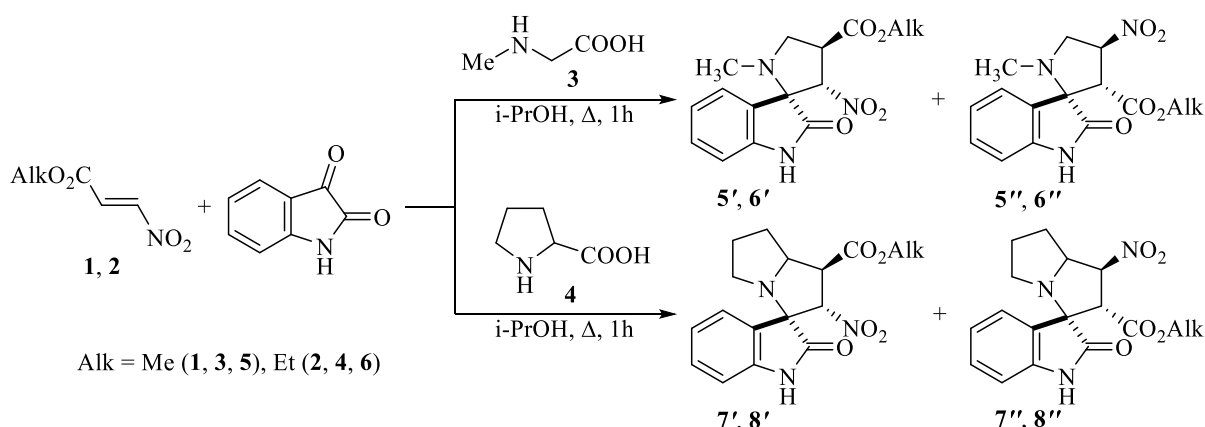
***Костина О.В., Пелипко В.В., Байчурин Р.И., Макаренко С.В.***

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*kohrgpu@yandex.ru*

Нитроалкены, за счет своей высокой реакционной способности широко используются в реакции [3+2] циклоприсоединения, в том числе с азометинидами [1]. В свою очередь, среди представителей спироконденсированных оксиндолов, образующихся в данной реакции с различной степенью регио- и стереоселективности, найдены структуры, входящие в состав природных алкалоидов, а также проявляющие различные виды биологической активности, в том числе антибактериальную и противораковую [2].

Нами показано, что кипячение алкил-3-нитроакрилатов **1**, **2** с изатином и аминокислотами (саркозином **3** или пролином **4**) в изопропиловом спирте приводит к образованию смеси ранее неизвестных региоизомерных спироконденсированных оксиндолов **5-8** с выходом 52-71%.



Строение синтезированных спироконденсированных оксиндолов **5-8** доказано методами спектроскопии ИК, ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  с привлечением гомо- и гетероядерных экспериментов ( $^1\text{H}$ - $^1\text{H}$  COSY,  $^1\text{H}$ - $^1\text{H}$  NOESY,  $^1\text{H}$ - $^{13}\text{C}$  HMQC,  $^1\text{H}$ - $^{13}\text{C}$  HMBC).

### Список литературы

1. Lashgari N., Ziarani G.M. // ARKIVOC. 2012. N 1. P. 277.
2. Barkov A. Y., Zimnitskiy N. S., Korotaev V. Y., Kutyashev I. B., Moshkin V. S., Sosnovskikh V. Y. // Tetrahedron. 2016. Vol. 72. N 43. P. 6825.

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭТИЛ (*E*)-3-(4-ОКСО-4Н-ХРОМЕН-3-ИЛ)-2-ЦИАНАКРИЛАТОВ С 1,2-БИНУКЛЕОФИЛЬНЫМИ РЕАГЕНТАМИ

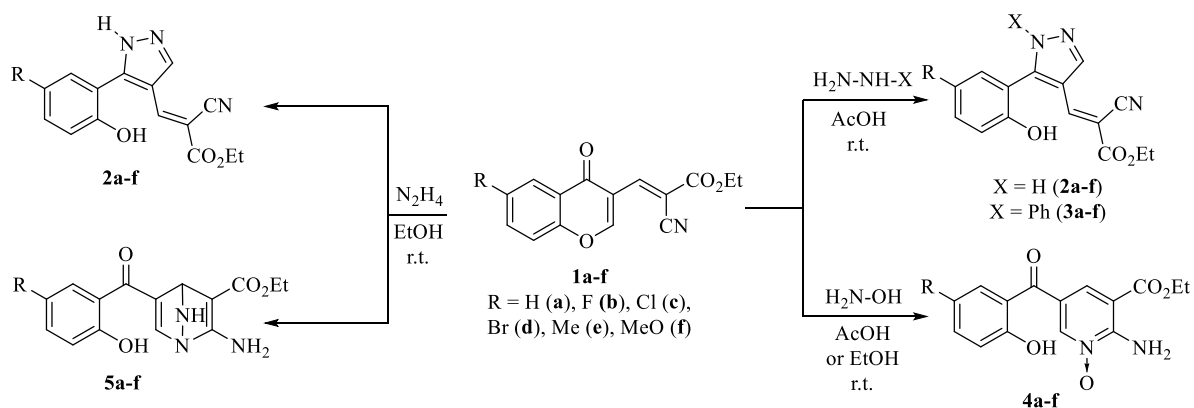
**Кустин Р.П., Чернов Н.М.**

СПХФУ, Санкт-Петербург

kustin.roman@spcpu.ru

Электронодефицитные 3-винилхромоны – полиэлектрофильные структуры с широким синтетическим потенциалом [1]. В то же время, по данным литературы, данный потенциал в реакциях с 1,2-бинуклеофилами остаётся нераскрытым.

Нами изучены реакции таких хроменилцианакрилатов с представителями 1,2-бинуклеофилов – гидразином, фенилгидразином и гидроксиламином.



Взаимодействие цианакрилатов **1** с гидразином и фенилгидразином в ледяной уксусной кислоте приводит к образованию соответствующих пиразолов **2** и **3** с выходами 79-97%. Данный путь протекания реакции также характерен для 3-винилхромонов с одной сложноэфирной группой в составе винильного фрагмента [2]. В случае реакций с гидроксиламином были выделены N-оксиды пиридина **4** с выходами 75-89%. Также было установлено, что замена ледяной уксусной кислоты на этанол при введении в реакцию гидроксиламина или фенилгидразина приводит к ускорению протекания реакции и не приводит к образованию иных продуктов реакции.

При проведении реакции **1** с гидразином в этаноле образуются два продукта реакции – пиразолы **2** и необычные соединения **5**, которые были нами идентифицированы как производные 1,7-дизабицикло[2.2.1]гепта-2,5-диена.

Строение полученных соединений **2-5** охарактеризовано данными спектроскопии ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ , спектрами НМРС, НМВС и NOESY.

### Список литературы

1. Sosnovskikh V.Y. // SynOpen. 2021. Vol. 5. N 3. P. 255.
2. Kustin R.P., Chernov N.M., Shutov R.V., Yakovlev I.P. // Russ. J. General Chem. 2022. Vol. 92. N 9. P. 1604.

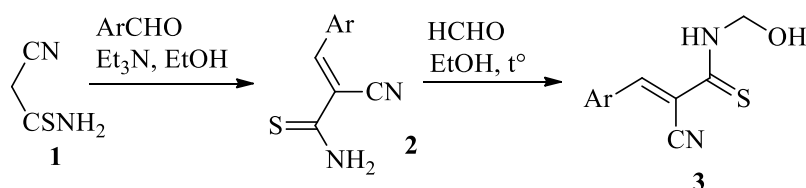
## ПОЛУЧЕНИЕ *N*-(МЕТИЛОЛ)ТИОАМИДОВ ПУТЁМ *N*-ГИДРОКСИМЕТИЛИРОВАНИЯ 2-ЦИАНОТИОАКРИЛАМИДОВ

Левченко А.Г., Дахно П.Г., Доценко В.В.

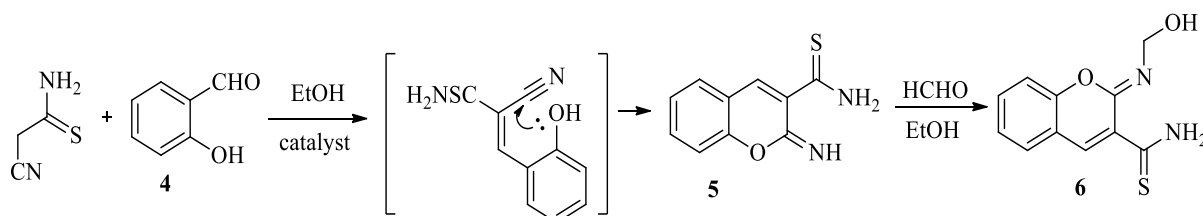
КубГУ, Краснодар

levchenko.arin@yandex.ru

Целью данного исследования являлся получение производных цианотиоацетамида - *N*-(гидроксиметил)-тиоакриламидами и оценка их возможной биологической активности *in silico*. Цианотиоацетамид **1** зарекомендовал себя как удобный реагент для получения кислород-, серо- и азотсодержащих гетероциклов [1]. Полученные производные цианотиоацетамида **1** тиоакриламиды **2** были введены в реакцию с 37%-ным HCHO в водно-спиртовой среде [2, 3]. Выход составил в среднем 55-65%. Полученные соединения отличаются повышенной гидрофильностью и более интенсивной окраской в сравнении с исходными соединениями **2**. Для подтверждения строения полученных соединений **3** были использованы методы ИК- и <sup>1</sup>H/<sup>13</sup>C ЯМР-спектроскопии.



В ходе работы было выявлено, что салициловый альдегид **4** в процессе конденсации с цианотиоацетамидом претерпевает внутримолекулярную конденсацию, продуктом которой является производное 2-иминохромена **5**, который в свою очередь, реагирует с раствором формалина в водно-спиртовой среде, образуя продукт **6**. Полученный продукт также обладает повышенной гидрофильностью. Строение полученного соединения подтверждено данными ИК- и <sup>1</sup>H/<sup>13</sup>C ЯМР-спектроскопии.



Для прогнозирования возможной биологической активности полученных соединений **3** был использован сервис Pass Online.

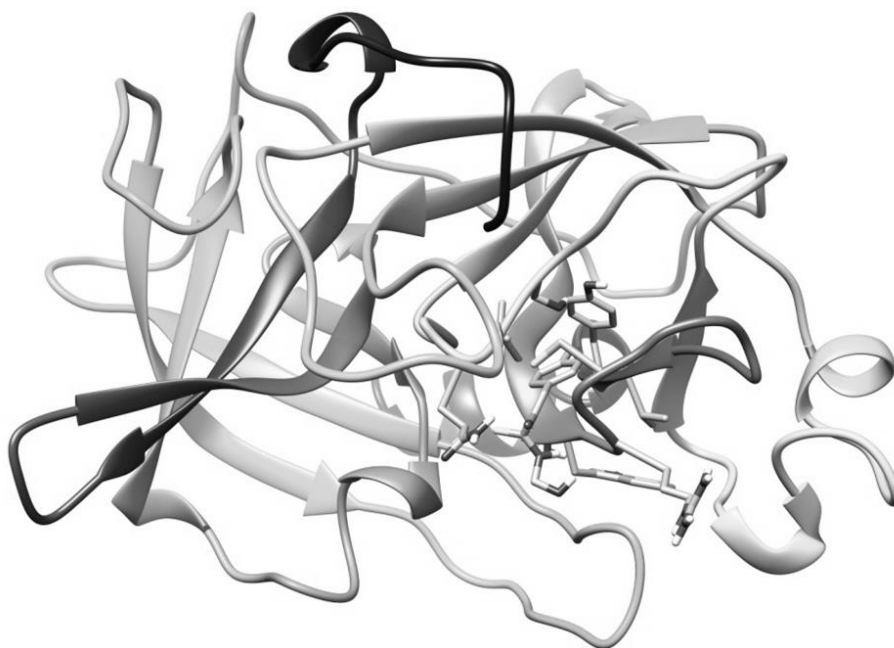
*N*-(Гидроксиметил)тиоамиды **3** с большей вероятностью проявляют свойства ингибиторов тирозинкиназ (87,4%), *S*-метилтрансферазы гомоцистеина (78,2%) и протеинкиназ (70,0%), также они могут проявлять противоопухолевые свойства (78,8%) и в меньшей степени –

антипсориазные свойства (57,3%). К нежелательным эффектам прогноз относит гипоплазию коры надпочечников (67,9%) и анемию (53,8%).

Соединение **6** с большей вероятностью проявляет свойства спазмолитика, мочевыделительного средства (62,6%), агониста целостности мембран (53,9%) и противогрибковое средство (44,5%), также является противотуберкулёзным средством (42,8%). К негативным эффектам можно отнести вызывание угревой сыпи (73,2%), аллергии разного характера (55,7%) и канцерогенный характер (для мышей – 63,8%).

Молекулярный докинг с целью поиска возможных протеиновых мишеней для полученных соединений **3** проведен с использованием нового протокола протеин-лигандного докинга GalaxySagittarius на базе веб-сервера GalaxyWeb. На Рис. 1 показана визуализация комплекса соединения **3** ( $\text{Ar} = 4\text{-ClC}_6\text{H}_4$ ) с урокиназой (сериновой протеазой uPA –урокиназным активатором плазминогена (PDB ID 1C5Z, Uniprot ID P00749)).

В целом полученные *N*-(гидроксиметил)тиоамиды представляют интерес как потенциальные противоопухолевые агенты.



#### Список литературы

1. Litvinov V.P. // Russ. Chem. Bull. 1998. Vol. 47. N 11. P. 2053.
2. Dotsenko V.V., Frolov K. A., Krivokolysko S. G., Chernega A. N., Litvinov V. P. // Monatsh. Chem. – Chem. Monthly. 2006. Vol. 137. N 8. P. 1089.
3. Доценко В.В., Чигорина Е.А., Кривоколыско С.Г. // ЖОХ. 2020. Т. 90. № 8. С. 1199.

## СИНТЕЗ (Z)-(2-ХЛОРО-2-ФЕНИЛВИНИЛ)(ДИАМИН)ФОСФИН ОКСИДОВ

Лобова А.М.<sup>1</sup> Егорова А.В.<sup>1,2</sup> Маньшина А.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>СПбГТИ (ТУ), Санкт-Петербург

<sup>2</sup>ФИЦ РАН, Санкт-Петербург

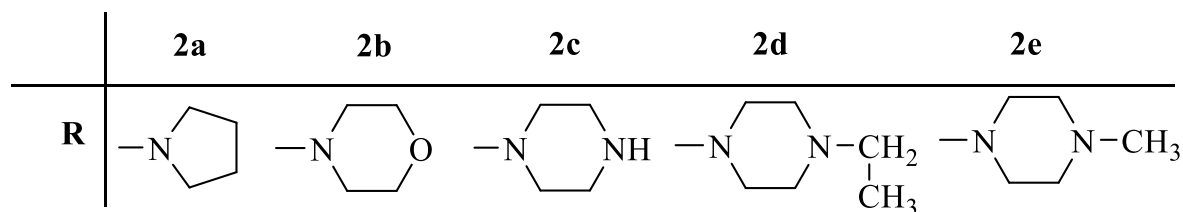
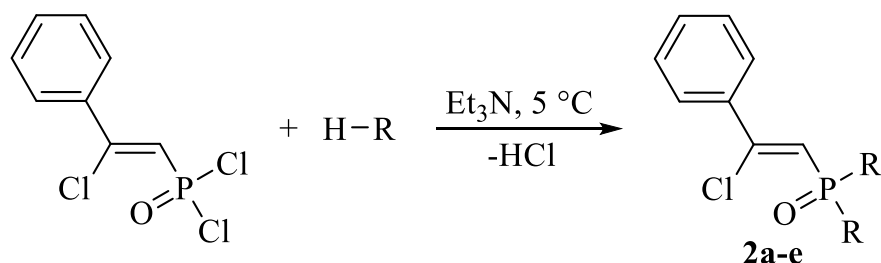
<sup>3</sup>СПбГУ, Санкт-Петербург

anlbv9500@mail.ru

В настоящее время спрос фундаментальной науки и медицины к поиску новых фосфор-содержащих соединений, которые будут иметь высокую биологическую активность, при этом обладающих низкой токсичностью, и применяться для лечения нейродегенеративных расстройств, высок.

В данной работе представлен новый селективный синтез ряда ранее не описанных (Z)-(2-хлоро-2-фенилвинил)(диамин)фосфин оксидов **2**.

Протекание реакции контролировали по данным ЯМР-спектроскопии на ядрах <sup>31</sup>P до полного исчезновения в реакционной смеси пика исходного продукта. Строение полученных соединений охарактеризовано данными физико-химических методов ИК, ЯМР <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C, <sup>31</sup>P. Спектр ЯМР <sup>1</sup>H серии **2** содержит один набор сигналов протонов всех структурных фрагментов молекулы, свидетельствуя о его конфигурационной однородности. Z-конфигурации кратной C=C связи была подтверждена с помощью двумерной ядерной магнитно-резонансной спектроскопии NOESY.



Вводимые в реакцию N-гетероциклические соединения были выбраны из-за своего широкого распространения, как в природе, так и в лекарственных препаратах нового поколения.

Работа выполнена при поддержке проекта РФФ 22-13-00082.

## СИНТЕЗ 4,4а-ДИГИДРОКСАНТОНОВ С НЕКИСЛОТНЫМИ ЭЛЕКТРОНОАКЦЕПТОРНЫМИ ГРУППАМИ

*Лукьяненко В.И., Пыла Ю.В., Чернов Н.М.*

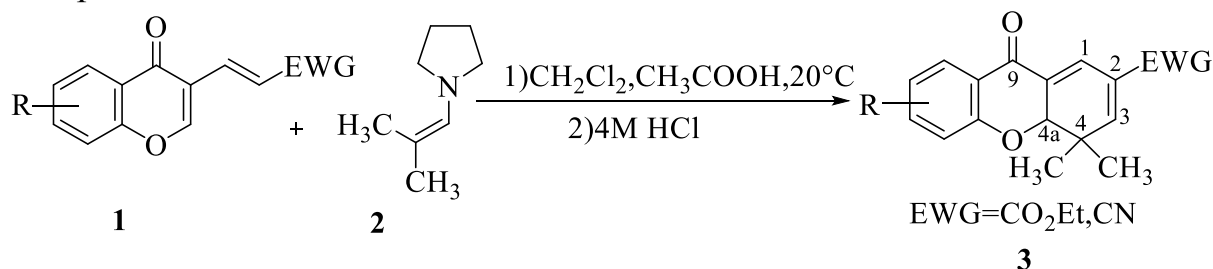
*СПХФУ, Санкт-Петербург*

*vladislav.lukyanenko@pharminnotech.com*

Одним из малоизученных классов гетероциклических соединений, являются 4,4а-дигидрооксантионы, которые проявляют широкий спектр фармакологических свойств[1].

Основным подходом к синтезу 4,4а-дигидрооксантионов является реакция [4+2]-циклоприсоединения [2][3]. В качестве диенов используется производное хромоакриловой кислоты **1**, в качестве диенофилов – енаминовое производное пирролидина **2**. В случае кислот реакция приводила к 4,4а-дигидрооксантионам **3**. С другими производными происходит [1,5]-сигматропный сдвиг, приводящий к образованию изомерных 3,4-дигидрооксантионов.

Нами был разработан способ получения 4,4а-дигидрооксантионов, содержащих некислотные электроноакцепторные группы. Путем добавления в реакционную массу ледяной уксусной кислоты удалось избежать [1,5]-сигматропного сдвига.



Строение полученных соединений охарактеризовано методами ЯМР <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C спектроскопии. В спектрах <sup>1</sup>H в области 1-1.5 м.д. 4,4а-дигидрооксантионов **3** присутствуют 2 синглета неэквивалентных метильных групп в положении 4. Характеристичным для 4,4а-дигидрооксантионов **3** является сигнал протона Н-4а в области 5.3-5.5 м.д. Аналогично, в спектрах ЯМР <sup>13</sup>C неэквивалентные метильные группы имеют 2 сигнала в области 14-17 м.д у эфиров и 17-25 м.д. у нитрилов. Также характеристичным является сигнал в области 178-179 м.д атома С-9, имеющего большее сходство с кетонной группой. В спектрах 3,4-дигидрооксантионов метильные группы эквивалентны и дают один сигнал, а сигнал С-9 из-за возникновения пириновой системы смещается в область 172-175 м.д.

### Список литературы

1. Tatsuta K., Yoshihara S., Hattori N., Yoshida S., Hosokawa S. // J Antibiot. 2009. Vol. 62. P. 469.
2. Bodwell G.J., Hawco K.M., da Silva R.P. // Synlett. 2003. N 2. P. 179.
3. Chernov N.M., Shutov R.V., Barygin O.I., Dron M.Y., Starova G.L., Kuz'mich N.N., Yakovlev I.P. // Eur. J. Org. Chem. 2018. N 45. P. 6304.

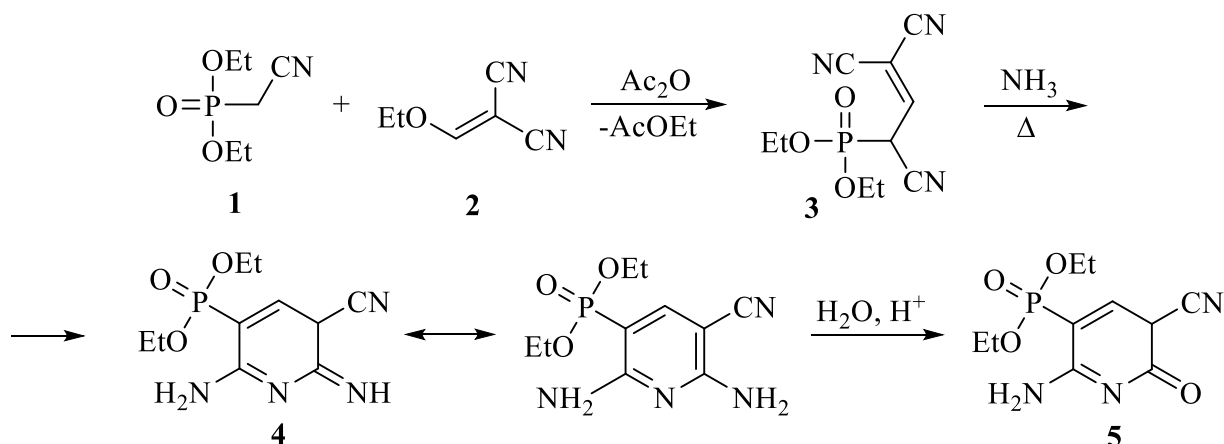
## СИНТЕЗЫ ЦИАНОСОДЕРЖАЩИХ ГЕТЕРОЦИКЛОВ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ ДИЭТИЛ(ЦИАНОМЕТИЛ)ФОСФОНАТА

*Макимова А.В., Васильев А.Н., Лыщиков А.Н., Насакин О.Е.*

*ЧувГУ им. И. Н. Ульянова, Чебоксары*

*polysyan@mail.ru*

Современная органическая химия в последнее время ставит задачу в поиске соединений, которые определяют малостадийные методы, приводящие к возможности синтеза соединений с активным функциональным окружением [1]. Увеличение фармакологической активности возможно путем введения фосфорсодержащих фрагментов в структуру гетероциклов [2]. Особую перспективность в частности представляет реакция метиленактивного фосфоната **1** с этоксиметилиден производным малонитрила **2**, приводящие к образованию диэтил (1,3,3-трицианаллил)фосфоната **3**.



Полученный фосфонат **3** в реакции с амиаком приводит к формированию пиридина **4**, способный к амид-имидольной таутомеризации. Мягкий гидролиз пиридина **4** приводит к образованию пиридона **5**. Полученные нами пиридины **4**, **5** представляют определенный интерес с точки зрения дальнейшей их химической модификации, благодаря наличию нитрильного, аминного, енаминитрильного групп, что позволит в дальнейшем синтезировать более сложные аннелированные системы.

### Список литературы

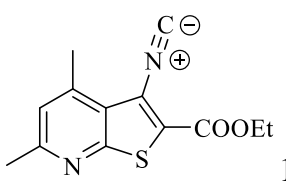
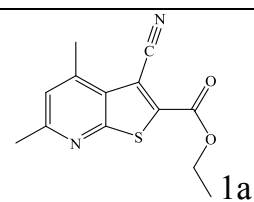
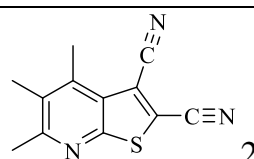
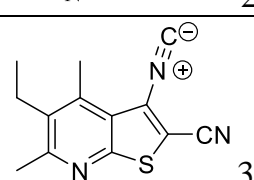
1. Васильев А.Н., Лыщиков А.Н., Насакин О.Е. // Химия и химическая технология: достижения и перспективы: сборник материалов III Всероссийской конференции. Кемерово. 2016. С. 47.
2. Васильев А.Н., Лыщиков А.Н., Насакин О.Е. // Химия и современность: сборник научных статей.. Чебоксары: «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева». 2015. С. 16.





Нами было проведено квантово-химическое исследование механизма изонитрил-нитрильной перегруппировки для исследуемых субстратов, в результате которого была рассчитана энергия активации данного процесса. Расчет осуществляли в рамках теории DFT на уровне B3LYP-D3BJ/6-311+G(d,p). Полученные расчетные значения энергии активации (36,2-36,3 ккал/моль) хорошо коррелируют с литературными данными для других изонитрилов [3]. Полученные данные говорят о том, что изонитрил-нитрильная перегруппировка протекает довольно легко в растворе, что подтверждается экспериментально.

Таблица 1. Структура и данные ЯМР- и ИК-спектроскопии полученных соединений

Структура полученного соединения	<sup>1</sup> H ЯМР-спектр σ, м.д	<sup>13</sup> C ЯМР-спектр σ, м.д.	ИК- спектр, см <sup>-1</sup>
 1	1.37-1.33 (3H, м, CH <sub>3</sub> ); 2.57-2.55 (3H, м, CH <sub>3</sub> ); 2.78 (3H, с, CH <sub>3</sub> ); 4.33-4.30 (2H, м, CH <sub>2</sub> ); 7.13(1H, с, CH);	166.36 (N≡C); 160.12 (C=O); 150.56 (-N-C-S-); 145.60 (C <sub>трет</sub> ); 122.30 (-C-N≡C); 62.82 (C <sub>трет</sub> ); 60.50 (CH <sub>2</sub> ); 24.53 (CH <sub>3</sub> ); 14.91 (CH <sub>3</sub> )	2978ν <sub>CH</sub> 2918ν <sub>CH</sub> 2116ν <sub>NC</sub> 1666ν <sub>C=O</sub>
 1a			3446 ν <sub>NH</sub> 2984 ν <sub>CH</sub> 2216 ν <sub>CN</sub> 1730ν <sub>C=O</sub>
 2	—	—	2969ν <sub>CH</sub> 2932ν <sub>CH</sub> 2192ν <sub>CN</sub>
 3	—	—	3053ν <sub>CH</sub> 2119ν <sub>NC</sub>

Строение полученных соединений **1**, **1a**, **2**, **3** было охарактеризовано физико-химическими методами ИК, ЯМР <sup>1</sup>H и ЯМР <sup>13</sup>C спектроскопии.

#### Список литературы

1. Hofmann A.W. // Lieb. Ann. 1867. Bd. 144. Hf 1. S. 114.
2. Литвинов В.П., Доценко В.В., Кривоколыско С.Г. Химия тиенопиридинов и родственных систем Наука. 2006. 406 с.
3. Meier M., Muller B., Richard C. The Isocyanide - Cyanide Rearrangement ; Mechanism and Preparative Applications JОH 1987. 52. 648.

## СИНТЕЗ С- И N-АЦИЛ-2,3,6,7-ТЕТРАГИДРО-1,4-ДИАЗЕПИНОВ

Мелькова Д.А.,<sup>1,2</sup> Анисимова Н.А.<sup>1,2</sup>

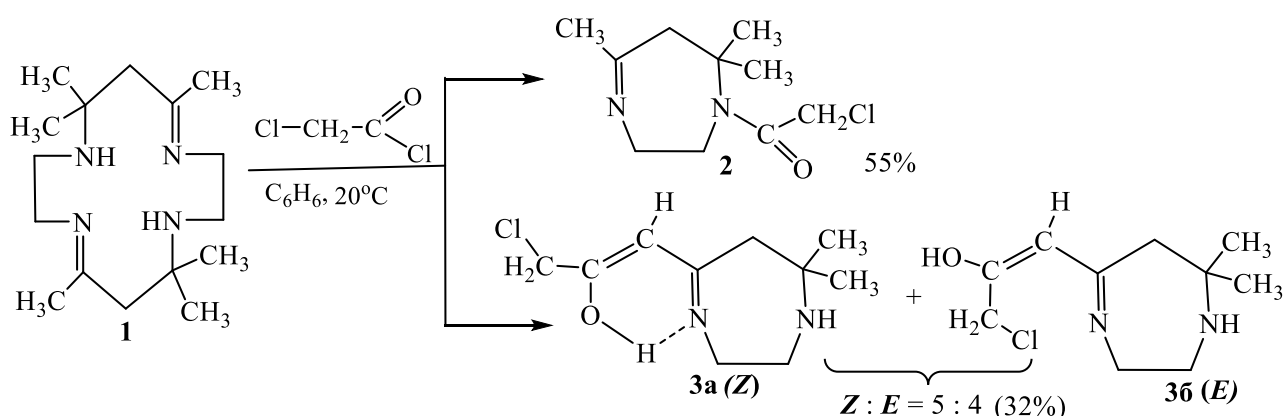
<sup>1</sup>РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>СПбГУПТД, Санкт-Петербург

mall30@mail.ru

Диазепины составляют важный класс гетероциклических соединений. Они выполняют роль структурных фрагментов биологически активных природных (стрептокарбазолы А и В1) и синтетических соединений. На их основе получено более трех десятков лекарственных препаратов, которые являются эффективными транквилизаторами (диазепам, лоразепам), снотворными средствами (бромазепам, феназепам) и депрессантами ЦНС [1].

Ранее нами сообщалось [2] о получении первых представителей С- и N-ацилдиазепинов. В настоящей работе расширен ряд полученных ацилдиазепинов взаимодействием 5,7,7,12,14,14-гексаметил-1,4,8,11-тетраазациклотетрадека-4,11-диена (**1**) с хлорангидридом хлоруксусной кислоты. Реакция сопровождалась разрывом обеих C=N связей и завершалась формированием соответствующих N-(**2**) и С-(**3а,б**) ацилзамещенных диазепинов. Диазепины **2**, **3** разделены методом колоночной хроматографии.



Установлено, что N- и С-ацилдиазепины (**2**, **3а,б**) в растворе DMSO-*d*<sub>6</sub> подвергаются прототропным перегруппировкам (енамино-иминная, кето-енольная). Строение образующихся продуктов установлено с использованием комплекса современных физико-химических методов исследования ИК, ЯМР <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C спектроскопии и двумерных гетероядерных экспериментов ЯМР <sup>1</sup>H-<sup>13</sup>C НМҚС, НМВС, <sup>1</sup>H-<sup>1</sup>H COSY. Состав подтвержден масс-спектрометрией.

### Список литературы

1. Meanwell N.A., Walker M.A. // Comprehensive Heterocyclic Chemistry III. 2008. Vol. 13. P. 183.
2. Анисимова Н.А., Мелькова Д.А. // ЖОХ. 2023. Т. 93. №1. С. 50.

## **N-ИЗОНИКОТИНОИЛ-1H-ФЕРРОЦЕНИЛДИАЗОЛЫ – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ АНТИМИКОБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА**

**Мурзюкова А.С.,<sup>1,2</sup> Романов И.С.,<sup>1,2</sup> Куликов В.Н.<sup>2</sup>**

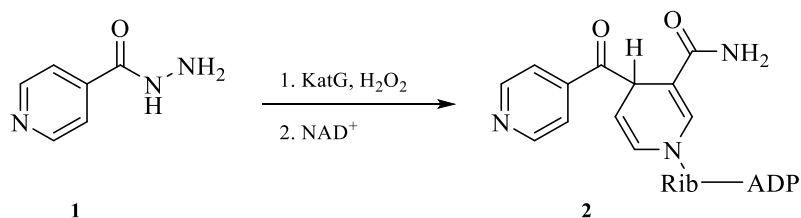
<sup>1</sup>РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва

<sup>2</sup>ИНЭОС РАН им. А.Н. Несмеянова, Москва

*murziukova.a.s@mustr.ru*

Туберкулёз – инфекционное заболевание, которое входит в десятку наиболее распространённых причин смертности в мире и чаще других инфекционных возбудителей становится причиной смерти [1]. Наиболее опасным для человека является вид *M. tuberculosis* (МТБ), передающийся воздушно-капельным путем. Быстрое распространение туберкулёза с широкой (ШЛУ-ТБ) и множественной (МЛУ-ТБ) лекарственной устойчивостью всё больше осложняет борьбу с туберкулёзом и представляет собой растущую проблему общественного здравоохранения [2].

Изониазид (INH) – один из самых активных на данный момент антимикобактериальных препаратов, однако его применение становится всё менее эффективным из-за большего распространения МЛУ-ТБ и ШЛУ-ТБ. Наиболее частой причиной устойчивости возбудителя туберкулёза к INH является мутация в гене микобактерий, кодирующем каталазу-пероксидазу KatG. Данный фермент переводит INH **1** в его активную форму – ковалентный аддукт с NADH **2**.

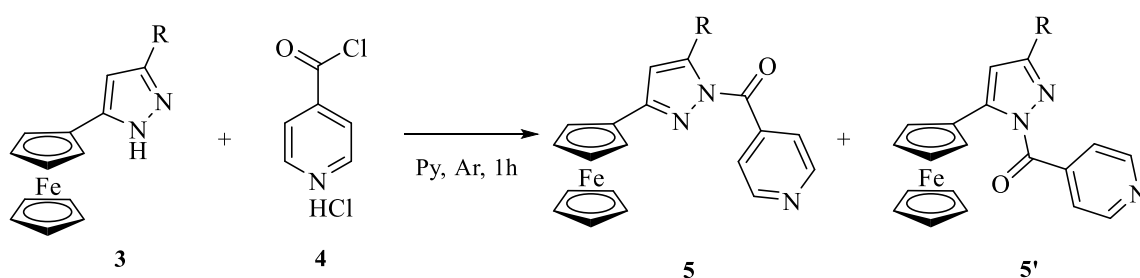


Продукт реакции блокирует микобактериальную еноил-АПБ-редуктазу InhA, нормальным кофактором для которой является восстановленная форма NADH. Блокировка InhA приводит к прекращению синтеза миколовых кислот и вызывает сначала бактериостатический, а затем бактерицидный эффект [3].

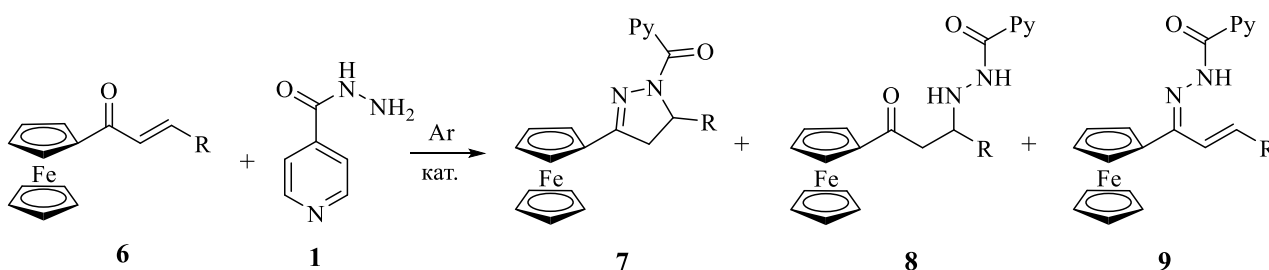
В связи с этим большой интерес представляет поиск соединений, которые смогут достаточно легко элиминировать изоникотиноильный или структурно близкий к нему фрагмент и в последующем активироваться либо мутантными вариантами KatG, либо параметаболически.

Обнаружено, что полученные по представленной ниже схеме N-изоникотиноилферроценилпиразолы **5** нестабильны в кислых условиях и легко отщепляют изоникотиноильный фрагмент. Однако выраженная нестабильность **5** и **5'** не позволяет рассматривать их как потенциальные

антимикобактериальные действующие вещества из-за вероятности их разложения *in vivo* ранее, чем они достигнут мишени.



Поэтому следующим этапом работы стал синтез *N*-изоникотиноил-1*H*-ферроценилпиразолинов **7**, для которых можно ожидать большую стабильность в кислых средах из-за энергетической невыгодности перераспределения электронной плотности при протонировании.



При взаимодействии ферроценилхалконов **4** с INH **1** в условиях кислотного катализа (TFA) наблюдается значительное окисление ферроценового фрагмента и постепенное разложение компонентов реакционной смеси, причём образования целевого продукта или стабильных интермедиатов не наблюдается. При проведении реакции в кипящем EtOH и катализе 1,5-лутидином, TEA, DIPEA, DABCO и DBU наблюдается образование продуктов **7-9** в различных соотношениях в зависимости от использованного катализатора. Полученные пиразолины **7** постепенно окисляются на воздухе образуя, предположительно, пиразолы строения **5**, что позволяет рассчитывать на возможность их окисления *in vivo* с дальнейшим лёгким элиминированием изоникотиноильного фрагмента, в том числе, и в кислой среде микобактериальных клеток.

#### Список литературы

1. Global tuberculosis report 2022. Geneva: World Health Organization; 2022.
2. Gandhi N.R., Nunn P., Dheda K., Schaaf H.S., Zignol M., van Soolingen D., Jensen P., Bayona J. // Lancet. 2010. Vol. 375. N 9728. P. 1830.
3. Unissa A.N., Subbian S., Hanna L.E., Selvakumar N. // Infection, Genetics and Evolution. 2016. Vol. 45. P. 474.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Договор/договор № 075-00697-22-00).

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ПОРФИРИНОВ

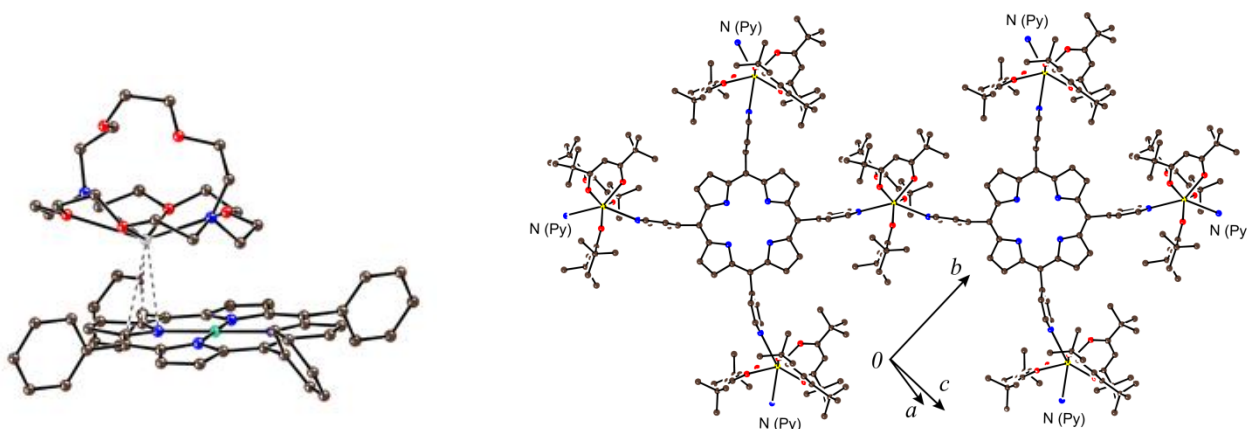
Назаров Д.И., Фараонов М.А., Конарев Д.В.

ФИЦ ПХФ и МХ РАН, Черноголовка

*dima10031997@mail.ru*

Порфирины представляют собой большое семейство тетрапиррольных макрогетероциклов, называемых «пигментами жизни». Эти гетероциклические соединения являются важными биомолекулами, так как находят свое широкое применения в различных технологических областях. Это объясняется широким спектром свойств порфиринов и их металлокомплексов, которые варьируются введением атомов металла в центр макроцикла, а также заместителей на периферии макроцикла. Окисление или восстановление макрогетероциклов может обеспечить появление на них неспаренных электронов, которые могут участвовать в магнитной связи спинов или высокой проводимости. Химия окисления порфиринов интенсивно развивается в течение длительного времени, однако восстановленные порфирины на данный момент практически не изучены.

В данной работе были исследованы различные восстановления порфиринов и получены кристаллические комплексы на их основе в виде монокристаллов, пригодных для установления кристаллической структуры, а так же исследования магнитных и проводящих свойства. Восстановлением исходных металлопорфиринов антраценидом цезием были получены как металцентрированные так и восстановленные по макроциклу кристаллические соединения. В которых исходный макроцикл тетрафенилпорфирина находился в трианион-радикалом ( $\text{TPP}^{\bullet 3-}$ ) и тетраанионом  $\text{TPP}^{4-}$  состояниях. Так же методом промежуточного восстановления был получен и исследован гибридный органо-неорганический двумерный координационный полимер тетра(4-пиридил)порфирина с тристетраметилгептандионатом тербия.



*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Российского научного фонда (проект №21-13-00221).*

## СИНТЕЗ 3-ДИМЕТОКСИФOSФОРИЛ-7-МЕТИЛ-5-АРИЛ-ДИГИДРОТИАЗОЛО[3,2-а]ПИРИМИДИН КАРБОКСИЛАТОВ

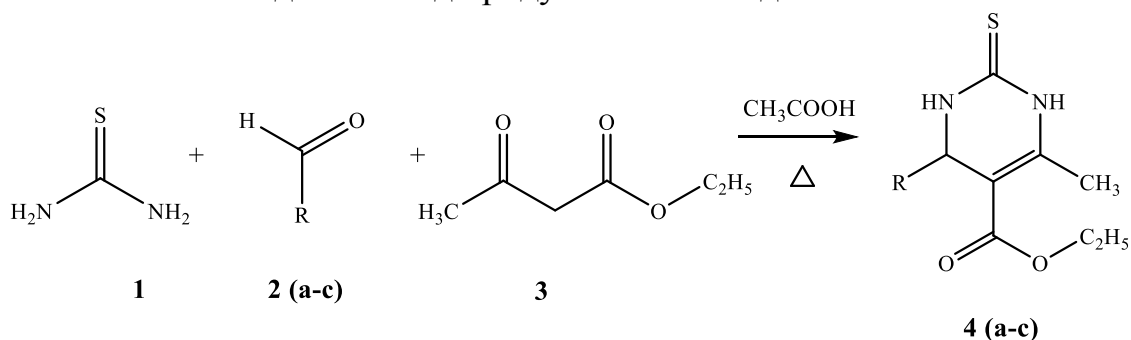
*Носова Н.А., Егоров Д.М., Догадина А.В.*

*СПбГТУ(ТИ), Санкт-Петербург*

*nataliaauer2017@gmail.com*

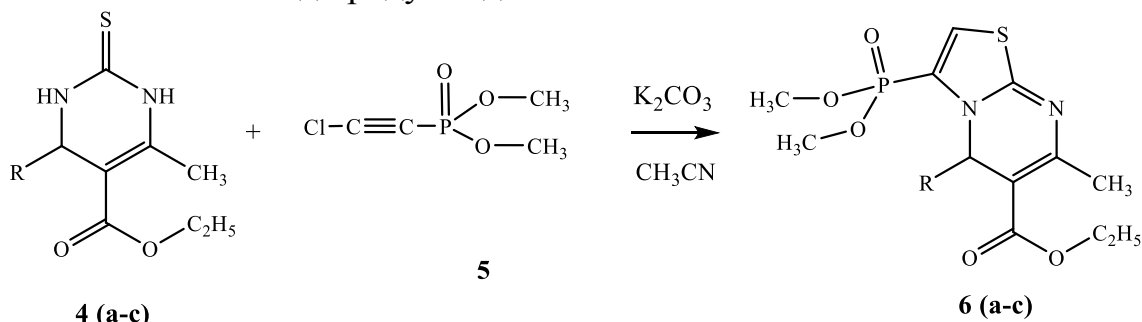
Производные дигидропиримидинов представляют собой класс соединений, обладающих широким спектром биологической активности. В литературе представлены обширные результаты исследования их в качестве противоопухолевых, противомикробных и противовирусных препаратов.

Взаимодействием эквимольным количеством тиомочевины **1** с производными бензальдегида **2 (a-c)** и ацетоуксусным эфиром **3** в ледяной уксусной кислоте был получен ряд производных 6-арил-2-меркапто-4-метилдигидропиримидинов **4 (a-c)**. Реакция проходит при кипячении в течение 24 часов. Реакционную смесь выливаем в холодную воду для получения белого кристаллического осадка. Выход продукта после выделения составил 87-90%.



R = 3-OCH<sub>3</sub>-4-(CH<sub>2</sub>Ph)-Ph (a); C<sub>4</sub>H<sub>3</sub>S (b); 4-*i*-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>-Ph (c)

Получили ряд производных 3-диметоксифосфорил-7-метил-5-арилдигидротиазоло[3,2-а]пиримидин карбоксилатов **6(a-c)** из дигидропиримидинов **4(a-c)** взаимодействием с диметилхлорацетиленфосфонатом **5** в безводном ацетонитриле. Реакция проходит при комнатной температуре в течение 8-16 часов в присутствии карбоната калия. Выход продукта до 80%.



R = 3-OCH<sub>3</sub>-4-(CH<sub>2</sub>Ph)-Ph (a); C<sub>4</sub>H<sub>3</sub>S (b); 4-*i*-C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>-Ph (c)

Строение полученных соединений охарактеризовано данными физико-химических методов ЯМР-спектроскопии на ядрах <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C, <sup>31</sup>P.

## НОВЫЙ ПОДХОД К СИНТЕЗУ ПРОИЗВОДНЫХ 3-АРОИЛ-1*H*-ПИРАЗОЛО[4,3-*b*]ПИРИДИНОВ

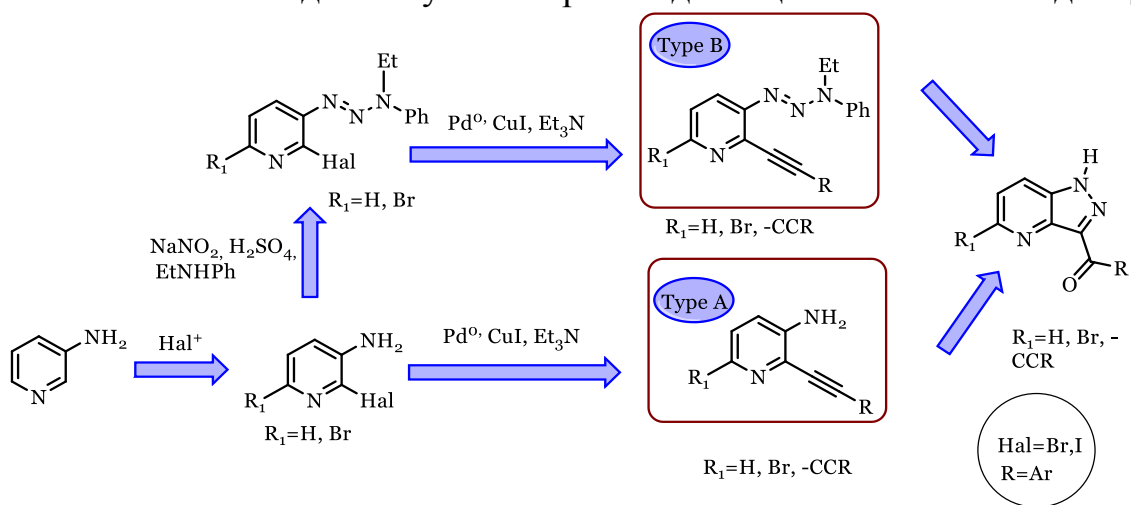
Огурцова А.Д., Михайлов В.Н., Сорокоумов В.Н., Балова И.А.

СПбГУ, Санкт-Петербург

anya-ogurtsova87@mail.ru

На сегодняшний день наибольший интерес для органического синтеза представляет разработка новых эффективных методов построения сложных гетероциклических структур и дальнейшая их модификация.

Производные 3-ароил-1*H*-пиразоло[4,3-*b*]пиридинов представляют интерес как потенциальные биологически активные вещества. На данный момент основные методы получения пиразоло[4,3-*b*]пиридинового ядра заключаются во взаимодействии 5-аминопиразолов с  $\alpha,\beta$ -ненасыщенными кетонами и их производными. В настоящей работе предложен альтернативный подход к синтезу данного гетероциклического ядра из коммерчески доступного источника – 3-аминопиридина через циклизацию Рихтера. Эта реакция, открытая более 100 лет назад [1] представляет собой последовательность из диазотирования *виц*-алкинилфункционализированных ароматических аминов и циклизации полученной диазониевой соли. Ранее циклизация Рихтера использовалась только для получения производных циннолинона и индола[2,3].



В данной работе будут представлены две различные стратегии для получения производных 3-ароил-1*H*-пиразоло[4,3-*b*]пиридинов при помощи циклизации Рихтера, рассмотрены ограничения и преимущества каждой из них.

### Список литературы

1. Richter V. // Ber. 1883. Bd. 16. Hf. 1. S. 677.
2. Porter A.E.A. Diazines and Benzodiazines // Comprehensive Organic Chemistry / Ed.: Barton D.H.R., Ollis W.D. Pergamon Press: Oxford, 1979. Vol. 4. P. 122.
3. Zol'nikova N.A., Fedenok L.G., Peresyphkina E.V., Virovets A.V. // Russ. J. Org. Chem. 2007. Vol. 43. N 5. P. 790.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФ (проект № 21-73-00170).



## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ФЕРМЕНТОМ ЛИПАЗА**

**Одинцова С.Е., Светлолов А.Ю., Федоскин И.А., Тараченкова М.Н., Липин В.А.**

*СПбГУПТД ВШТЭ, Санкт-Петербург*

*svetla1209@gmail.com*

В настоящее время для сохранения целостности окружающей среды невозможно обойтись без применения «зеленых технологий». Одним из примеров данных технологий является использование ферментов, которые представляют собой перспективное, а также уже внедренное во многие отрасли химической промышленности сырье. Вследствие этого спрос на ферменты возрастает с каждым годом и рынок данных препаратов исчисляется сотнями тонн в год. Липаза – один из перспективных ферментов, который уже нашел применение во многих отраслях промышленности, в том числе, и в целлюлозно-бумажной. Было доказано, что применение липазы в качестве предварительного делигнифицирующего реагента позволяет снижать число Каппа, численно выражающее содержание лигнина в целлюлозе. Это в свою очередь ведет к снижению расхода дорогостоящих импортных реагентов, уменьшению вредных сбросов в окружающую среду и повышению выхода целлюлозы. Однако, было предположено, что добавка поверхностно-активного вещества к ферменту липаза при предварительной обработке целлюлозы может повысить эффективность этого процесса [1-2].

Таким образом, целью исследования являлось повышение эффективности использования липазы в отбелке целлюлозы и уменьшение ее расхода с помощью добавки ПАВ, представленного производной оксиэтилированной высшей жирной кислоты - пентаоксиэтилированный эфир моноэтаноламида тридекановой кислоты. Исследовалось влияние синергетического эффекта смеси фермента и ПАВ на степень делигнификации целлюлозы. В ходе исследования было выявлено, что добавка ПАВ к ферменту липаза позволяет увеличивать степень делигнификации целлюлозы. Также было установлено, что оптимальным значением соотношения липазы и ПАВ в растворе составляет 1:4. При добавке ПАВ число Каппа снижается с 25 до 17,3 ед.

### **Список литературы**

1. Липин В.А., Федоскин И.А., Софронова Е.Д. Технология сульфатной отбелки при переработке древесного сырья в 21 веке // Сборник мат-лов XXV Международного Биос-форума и Молодежной Биос-олимпиады 2020. Кн. 2. СПб: СПбНЦ РАН, Изд-во «Любавич». 2020. С. 124.
2. Липин В.А., Федоскин И.А., Тараченкова М.Н., Эрнандес Гарсиа Д.Д., Софронова Е.Д. Отбелка целлюлозы с помощью ферментов класса эстераз // Материалы XVIII Международной научно-практической конференции «Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения». Нальчик: Изд-во «Принт Центр». 2022. С. 194.

## СИНТЕЗ ТИОПРОИЗВОДНЫХ АЛЛОБЕТУЛИНА

Осадчая В.К.,<sup>1,2</sup> Вахрушева Е.Д.,<sup>2</sup> Тришин Ю.Г.,<sup>2</sup> Анисимова Н.А.<sup>1,2</sup>

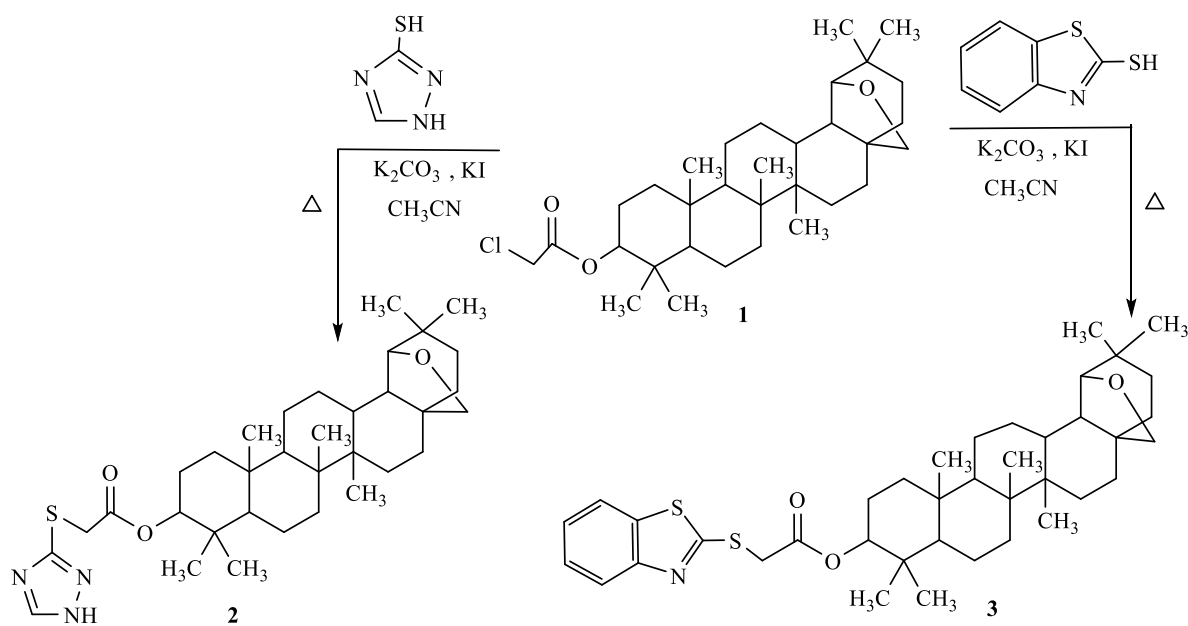
<sup>1</sup>РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>СПбГУПТД, Санкт-Петербург

e-mail: nadia-an@mail.ru

Интерес к функционализированным производным аллобетулина обусловлен широким спектром их биологической активности. Они обладают противораковой, противовоспалительной, антибактериальной, а также фунгицидной активностью, что делает их интересными объектами современных исследований [1].

Нами впервые исследовано взаимодействие 3-О-монохлорацетата аллобетулина (**1**) с некоторыми гетероциклическими тиолами. Реакция протекает при кипячении в ацетонитриле и завершается образованием соответствующих тиопроизводных аллобетулина (**2**, **3**).



Строение синтезированных соединений установлено с использованием физико-химических методов исследования ИК, ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  и  $^{13}\text{C}$  DEPT.

### Список литературы

1. Flekhter O.B., Medvedeva N.I., Karachurina L.T., Baltina L.A., Galin F.Z., Zarudii F.S., Tolstikov G.A. // Pharm Chem J. 2005. Vol. 39. N 8. P. 401

## СИНТЕЗ ПЕРИФЕРИЙНОЗАМЕЩЕННЫХ ТЕТРАПИРАЗИНОПОРФИРАЗИНОВ В АНИОННЫХ СОСТОЯНИЯХ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Осипов Н.Г., Романенко Н.Р., Фараонов М.А., Конарев Д.В.

ФИЦ ПХФ и МХ РАН, Черноголовка

*nikita.mr.osipov@mail.ru*

Тетрапиррольные макроциклы (порфирины, фталоцианины, корролы, тетрапиразинопорфиразины и др.) представляют собой органические молекулы, способные образовывать комплексы с металлами. Уникальная структура и свойства этих металломакроциклов обусловили их применение в качестве красителей, пигментов и материалов для катализаторов, оптических и фотоэлектронных устройств. Разработанные методы синтеза макрогетероциклов позволяют успешно регулировать их свойства путем модификации молекулярной структуры. Это может быть достигнуто как введением различных периферийных функциональных групп, так и варированием центральных ионов металлов. Окисление или восстановление – еще одна возможность получения материалов на основе макроциклов. Это обеспечивает появление на макроциклах неспаренных электронов, которые могут участвовать в магнитной связи спинов или высокой проводимости.

В текущей работе мы получили свободный тетрапиразинопорфиразин, а также его аналоги с различными заместителями по периферии (октаметил-, октаэтил-, тетрафенантрен-). Полученные макрогетероциклы были восстановлены или депротонированы, что позволило растворить их в органических растворителях и затем выделить в виде монокристаллов. Впервые установлены кристаллические и молекулярные структуры (рис. 1) изучаемых соединений, а также исследованы их оптические и магнитные свойства.

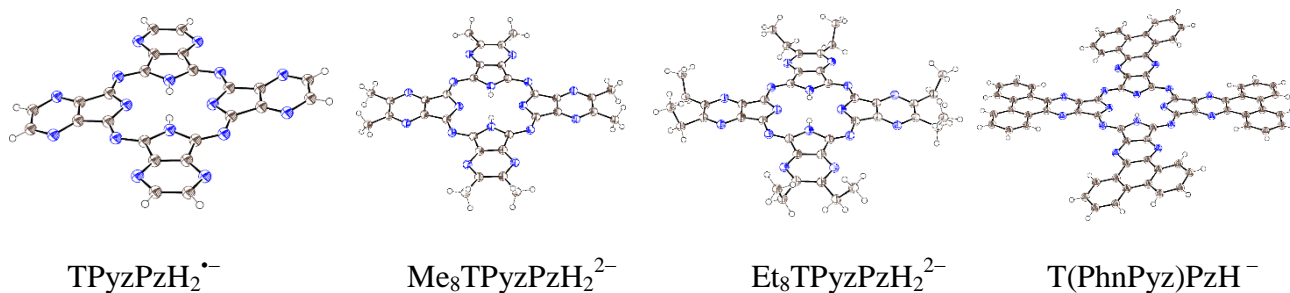


Рис. 1. Молекулярные структуры полученных анионных соединений замещенных тетрапиразинопорфиразинов

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 21-73-10207).*

## СИНТЕЗ И АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 1,3,4-ТИАДИАЗОЛА

*Паламарчук И.В., Кулаков И.В., Яшников А.В.*

ТюмГУ, Тюмень

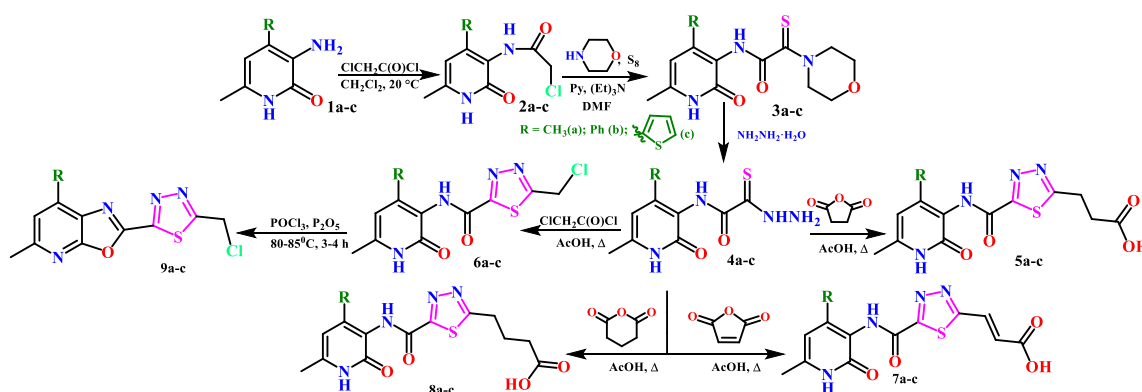
*i.v.palamarchuk@utmn.ru*

Патогенные микробы являются возбудителями различных видов тяжелых и даже смертельных инфекционных заболеваний, что является острой проблемой системы здравоохранения. Широкое применение антибиотиков в последнее десятилетие привело к устойчивости многих бактерий и грибов к противомикробным препаратам. Таким образом, возрастает интерес к разработке новых соединений с потенциальной антимикробной активностью.

Производные тиадиазола обратили на себя внимания из-за широкого спектра биологической активности: антибактериальная, противопаразитарная, антиоксидантная, антидепрессивная, противосудорожная и противоопухолевая активность. В частности, соединения, содержащие 1,3,4-тиадиазоловый фрагмент, обладают потенциальным действием против многих патогенных бактерий [1].

С целью расширения арсенала новых биологически активных веществ на основе синтезированных нами ранее 3-аминопиридонов **1a-c** нами была осуществлена их химическая модификация (схема 1) до производных монотиоксамидов **3,4a-c** [2] и далее под действием ангидридов (янтарный, глутаровый и малеиновый) в соответствующие 1,3,4-тиадиазолы **5,7, 8a-c**.

На примере хлорметильного производного 1,3,4-тиадиазола **6a-c** было показано, что под действием хлорокси фосфора они достаточно гладко претерпевают внутримолекулярную циклизацию в соответствующие производные оксазоло[5,4-*b*]пиридина **9a-c**.



Структуры всех полученных производных доказаны с помощью  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  ЯМР-спектроскопии и масс-спектрометрии высокого разрешения.

Все синтезированные производные монотиоксамидов **4-9a-c** были исследованы на антимикробную активность. Оценку антимикробной активности синтезированных производных проводили методом диффузии в

агар на плотной питательной среде путем сравнения и измерения размеров зон угнетения роста тест–штаммов микроорганизмов. Использовали следующие штаммы микроорганизмов: грамположительные бактерии - *Staphylococcus aureus* 209P, *Bacillus cereus* IP5832, грамотрицательные бактерии - *Pectobacterium carotovorum* VKM-B1247, *Escherichia coli* K12, дрожжеподобный грибок - *Candida albicans* ATCC 10231.

Результаты антимикробной активности представлены в таблице 1.

Таблица 1. Определение антимикробной активности химических соединений концентрацией 1 мг/мл \*

Химическое соединение	Штаммы микроорганизмов				
	<i>S. aur.</i>	<i>B. cer.</i>	<i>P. car.</i>	<i>E. coli</i>	<i>C. alb.</i>
<b>4a</b>	++	+++	-	-	++
<b>4b</b>	++	+++	-	-	++
<b>4c</b>	++	+++	-	-	++
<b>6a</b>	-	-	-	-	-
<b>6b</b>	-	-	-	-	+/-
<b>6c</b>	++	++	-	-	++
<b>7a</b>	+++	++	-	-	++
<b>7b</b>	-	-	-	-	-
<b>7c</b>	-	-	-	-	-
<b>8a</b>	-	-	-	-	-
<b>8b</b>	-	-	-	-	+/-
<b>8c</b>	-	-	-	-	-
<b>9a</b>	+++	++	-	-	++
<b>9b</b>	+++	++	-	-	++
<b>9c</b>	-	-	-	-	-
DMSO-100%	-	-	-	-	-

\* Наличие или отсутствие антимикробного эффекта оценивали по диаметру зон отсутствия роста: +++ высокая активность ( $\geq 10$  мм); ++ средняя активность (7-9 мм); + слабая активность (3-6 мм); +/- очень слабая активность (1-2 мм); - нет активности ( $< 1$  мм).

Наибольшую антимикробную активность в отношении грамположительных микроорганизмов – *S. aur.* и *B. cer.* демонстрируют образцы: **4a-c**, **6c**, **7a**, **9a,b**. В отношении грамотрицательных микроорганизмов *P. car.* и *E. coli*, исследуемые образцы не показали антимикробную активность. После повторного биоскрининга, с увеличением концентрации соединений до 5 мг/мл, активности в отношении грамотрицательных бактерий не наблюдалось.

Таким образом, почти все из исследованных производных 1,3,4-тиадиазола проявляли предпочтительную антибактериальную активность в отношении грамположительных бактерий.

#### Список литературы

1. Sahu S., Sahu T., Kalyani G., Gidwani B. // J. Pharmacopuncture. 2021. Vol. 24. N 1. P. 32.
2. Palamarchuk I.V., Shulgau Z.T., Dautov A.Y., Sergazy S.D., Kulakov I.V. // Org. Biomol. Chem. 2022. Vol. 20. N 45. P. 8962.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (№ 22-23-01015, <https://rscf.ru/project/22-23-01015/>).

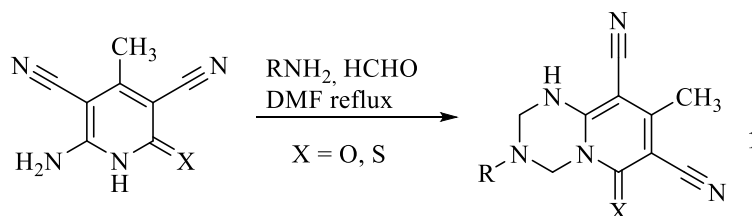
## СИНТЕЗ И АНТИДОТНАЯ АКТИВНОСТЬ ПИРИДО[1,2-*a*][1,3,5]ТРИАЗИН-7,9-ДИКАРБОНИТРИЛОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ГЕРБИЦИДУ 2,4-Д

Панаэтов А.О., Доценко В.В.

КубГУ, Краснодар

671404qweasd@gmail.com

На сегодняшний день в условиях интенсивного земледелия химическим средствам борьбы с сорной растительностью отводится одно из ведущих мест в мире. Одним из наиболее распространенных гербицидов является 2,4-дихлорфеноксисукусная кислота (2,4-Д). Помимо сорных растений от гербицидов страдают также и сельскохозяйственные культуры [1]. Соединения ряда пиридин-3,5-дикарбонитрилов зарекомендовали себя в качестве перспективных антидотов для 2,4-Д. В качестве объектов исследования нами были выбраны продукты аминотетрагидропиридинирования 6-амино-4-метил-2-(ти)оксо-1,2-дигидропиридин-3,5-дикарбонитрила первичными аминами (бензиламином, анилином, 2-аминобензонитрилом, 3-аминопиридином) и избытком HCHO - 8-метил-6-(ти)оксо-2,3,4,6-тетрагидро-1H-пиридо[1,2-*a*][1,3,5]триазин-7,9-дикарбонитрилы **1**. Аналоги таких соединений были ранее успешно получены по реакции Манниха, исходя из 6-амино-4-арил-2-оксо-1,2-дигидропиридин-3,5-дикарбонитрилов [2,3].



Для изучения антидотного действия полученных соединений **1** использовалась методика, описанная в работе [1]. В результате было обнаружено, что данные соединения проявляют хорошую антидотную активность к гербициду 2,4-Д на проростках подсолнечника сорта Мастер. Антидотная активность по корню составила 114-175%, а по гипокотилу – 114-164%.

### Литература

1. Стрелков В.Д., Дядюченко Л.В., Дмитриева И.Г. Синтез новых гербицидных антидотов для подсолнечника. Краснодар, Просвещение-Юг, 2014.
2. Хрусталева А.Н., Фролов К.А., Доценко В.В., Кривоколыско С.Г. // ЖОрХ. 2014. Т. 50. Вып. 12. С. 1823.
3. Доценко В.В., Фролов К.А., Чигорина Е.А., Хрусталева А.Н., Бибик Е.Ю., Кривоколыско С.Г. // Изв. АН. Сер. Хим. 2019. № 4. С. 691.

## АЛКИЛ-3-БРОМ-3-НИТРОАКРИЛАТЫ В СИНТЕЗЕ ПОЛИЦИКЛИЧЕСКИХ ФУРАН-3-КАРБОКСИЛАТОВ

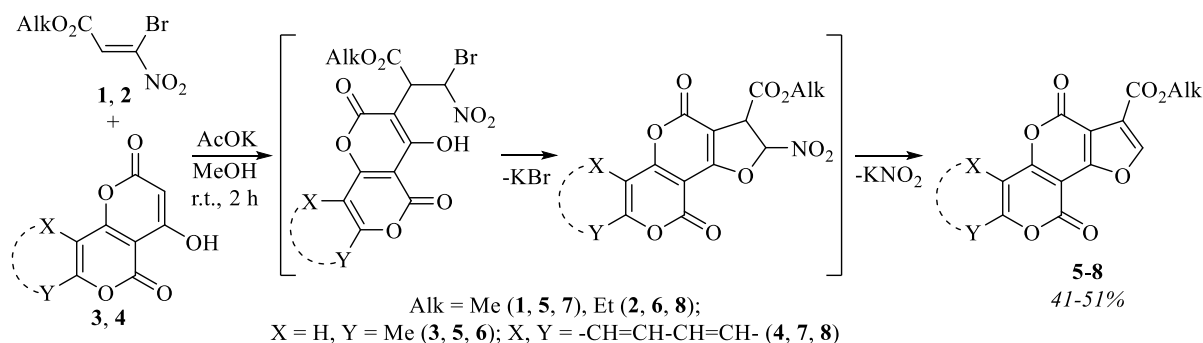
*Пилипенко И.А., Пелипко В.В., Байчурин Р.И., Макаренко С.В.*

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*irilipenko0608@gmail.com*

Алкил-3-бром-3-нитроакрилаты – оригинальные представители  $\beta$ -функционализированных гем-бромнитроалкенов, синтетический потенциал которых в реакциях с нуклеофильными реагентами в последнее время привлекает интерес широкого круга исследователей. Так, при взаимодействии бромнитроакрилатов с гетероциклическими СН-кислотами получены конденсированные производные пиранона и бензопиранона, содержащие в составе 3-алкоксикарбонилзамещённый фурановый цикл [1].

Расширяя ряд СН-кислот, мы изучили поведение бромнитроакрилатов **1, 2** во взаимодействии с замещёнными 2*H*,5*H*-пирано[4,3-*b*]пиран-2,5-дионом **3** и 2*H*,5*H*-пирано[3,2-*c*][1]бензопиран-2,5-дионом **4**. Тандемный процесс данной реакции протекает при использовании соотношения реагентов СН-кислота : бромнитроакрилат : плавленный АсОК = 1 : 1.5 : 1.5 при комнатной температуре и приводит к получению полигетероциклов **5-8**, содержащих фуран-3-карбоксилатный фрагмент.



Строение продуктов охарактеризовано данными спектроскопии ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ , ИК, УФ, флуориметрии, а также рентгеноструктурным анализом.

Стоит отметить, что фрагменты хроменона и пиранона, присутствующие в продуктах **5-8**, входят в состав молекул ряда биологически активных веществ [2], а участие ароматической  $\pi$ -системы в электронной организации молекул продуктов **7, 8** обуславливает их способность к флуоресценции.

### Список литературы

1. Pelipko V.V., Baichurin R.I., Lyssenko K.A., Dotsenko V.V., Makarenko S.V. Mendeleev Commun. 2022. Vol. 32. N 4. P. 454.
2. Luchini A.C., Rodrigues-Orsi P., Cestari S.H., Seito L.N., Witaicenis A., Pellizzon C. H., Di Stasi L.C. // Biol. Pharm. Bull. 2008. 31. N 7. P. 1343.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ НЕКОТОРЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Проскурина А.Д., Олейник А.С.

*НГПУ, Новосибирск*

*89139075592z@gmail.com*

Витамин Е или токоферол является биологически активным веществом липофильной природы, который входит в состав многих растительных и животных объектов. Витамин Е объединяет группу токохроманолов: токоферолы и токотриенолы ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -), ведущая роль отводится изомерам  $\alpha$ -токоферолу и  $\alpha$ -токотриенолу, поскольку они являются наиболее биологически активными формами. Главная причина, по которой витамин Е не дает утратить к нему интерес – это его действие в организме как биокатализатора и выраженная антиоксидантная активность (АОА) как *in vitro*, так и *in vivo*. Способность витамина Е ингибировать окисление имеет широкое практическое значение в пищевых, косметических, фармацевтических и даже машиностроительных промышленности.

Токоферолы и токотриенолы содержатся практически во всех продуктах, но главными поставщиками их в организм человека являются масличные культуры и орехи, обусловлено это значительным количеством липидов в их составе [1].

Целью данной работы является проведение оценки антиоксидантной активности растительных масел в модельной реакции окисления кумола при 60°C.

Используемые образцы масел.

1. Рапсовое масло «FREYA» рафинированное, дезодорированное высшего сорта
2. Масло подсолнечное «Щедрое лето», рафинированное, дезодорированное, вымороженное
3. Масло подсолнечное «Добрянка» нерафинированное
4. Масло подсолнечное «Добрянка» нерафинированное
5. Масло льняное «ЕЛЕЯ», нерафинированное, (холодный отжим)
6. Масло оливковое «El Alino», нерафинированное (холодный отжим)
7. Масло зародышей пшеницы Вишнякова ««Фермер-центр.рф» (холодный отжим)
8. Масло грецкого ореха «Фермер-центр.рф» нерафинированное высшего сорта (холодный отжим)
9. Масло кедровое «Магия трав», нерафинированное (холодный отжим)
10. Масло облепиховое ЭЛИТНОЕ
11. Масло облепиховое (*Pipporhae Rhamnoides oil*) «Миролла»

Исследование проводилось кинетическим методом, основанным на волюмометрическом измерении концентрации поглощенного кислорода в



манометрической установке типа Варбург, при инициированном окислении модельного субстрата – кумола. Построение кинетических кривых и их математическую обработку проводили в программе Origin 8.0.

Кинетические кривые окисления кумола, ингибированного добавками 5 мкл образцов пищевых (1-10) масел представлены на рисунке.

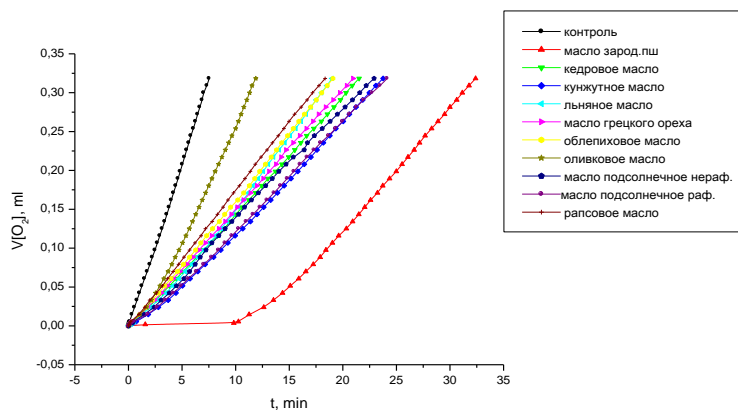


Рисунок. Кинетические кривые неингибированного окисления кумола и с добавками 5 мкл образцов исследуемых растительных пищевых масел

В данной модельной системе период индукции наблюдался только у образца №7 (масло зародышей пшеницы «Фермер-Центр. рф», ООО «СибТар») и составил 12,87 мин. Содержание витамина Е в 100 мл образца №7 составила 10,88 г.

Остальные образцы 1-6 и 8-11 масел на кинетических кривых поглощения кислорода не показали выраженного периода индукции, поэтому для них была определена степень ингибирования. Добавки данных образцов масел в окисляющуюся систему в количестве 5 мкл масла на 2 мл пробы снижали скорость окисления кумола в 1,17- 3,25 раза.

Показано, что максимальной эффективностью среди исследованных образцов пищевых растительных масел, обладало масло подсолнечное рафинированное, дезодорированное «Щедрое лето» от производителя АОА «Жировой комбинат» (образец 2), которое снижало скорость инициированного окисления кумола в 3,25 раза. Несколько хуже проявил себя образец № 3.

Хуже всего в данной модельной системе проявил себя образец №6 - масло оливковое «El Alino», нерафинированное (холодный отжим) («MERCAOLEO S.L.»), снижающее скорость окисления всего в 1,17 раза.

#### Список литературы

1. Нилова Л.П., Пилипенко Т.В., Потороко И.Ю. // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Пищевые и биотехнологии». 2021. Т. 9. № 1. С. 68.
2. Радченко Л.М., Цепалов В.Ф., Кончаловская М.Е., Шмидт А.А., Пастухова В.И., Козлова З.Г. Способ количественного определения ингибитора-токоферола в подсолнечном масле // А.с.761902. Б.И. 1980. № 33.

## **СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВИТАМИНОВ В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub> В ПРЕПАРАТЕ МИЛЬГАММА**

*Джек Даноби Вера Розмонд*

*ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород*

*laylakinvy02@gmail.com*

Витамины группы В относятся к важнейшим биологически активным веществам. Они не накапливаются в организме, их содержание следует постоянно пополнять. Для восполнения недостаточного поступления витаминов с рационом все чаще употребляют поливитаминные комплексы и пищевые добавки. Контроль качества и подлинности новых лекарственных препаратов, поливитаминных комплексов, биологически активных добавок, содержащих различные витамины, – актуальная задача аналитической химии.

Традиционно, для молекулярного анализа многокомпонентных смесей органических веществ, применяют хроматографические методы. Так, метод высокоэффективной жидкостной хроматографии позволяет определять одновременно до восьми водорастворимых витаминов группы В [1]. Однако проведение такого анализа обладает высокой себестоимостью. Анализировать несложные смеси можно и без разделения, используя экономичный и экспрессный метод, который может быть реализован в любой современной лаборатории, – спектрофотометрию.

Метод применен для определения витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub> и В<sub>12</sub>, в препарате Мильгамма для инъекций без предварительного их разделения. Спектры поглощения индивидуальных растворов витаминов регистрировались на спектрофотометре UV-1650pc фирмы Shimadzu в диапазоне длин волн 190–800 нм. Спектры частично перекрываются и не изменяют своих максимумов поглощения с изменением концентраций в кислотных растворах. В нейтральных и щелочных растворах наблюдается гипсохромный сдвиг максимума поглощения витамина В<sub>1</sub>. Спектрофотометрический анализ неразделенных смесей при наложении спектров поглощения компонентов можно проводить, применяя принцип аддитивности оптической плотности. Этот принцип может быть реализован в двух вариантах. Во-первых, методом Фирордта, во-вторых, методом множественной линейной регрессии. В данной работе была исследована возможность использования этих методов для определения витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub> и В<sub>12</sub> в водных растворах при совместном присутствии.

Максимумы поглощения витаминов наблюдаются как в ультрафиолетовой, так и в видимой части спектра. Для витамина В<sub>12</sub> была выбрана длина волны 550 нм, для витамина В<sub>1</sub> длина волны 248.5 нм, витамина В<sub>6</sub> длина волны 292 нм.

Раздельное определение витаминов В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub> и В<sub>12</sub> в водных растворах при совместном присутствии методом Фирордта сводится к измерению оптической

плотности анализируемого раствора при длинах волн 248,5 нм, 292 нм и 550 нм и расчету концентраций путем решения системы, состоящей из трёх уравнений, в основе которых лежит правило аддитивности оптической плотности и закон Бугера-Ламберта-Бера. Условные молярные коэффициенты светопоглощения вычислялись из градуировочных зависимостей индивидуальных стандартных растворов витаминов, построенных при выбранных длинах волн. Уравнения градуировочных графиков и коэффициенты корреляции рассчитывались методом наименьших квадратов.

В методе множественной линейной регрессии [2] для более точного нахождения концентраций учитывается поглощение анализируемого раствора не при отдельных длинах волн, как в методе Фирордта, а во всем спектральном диапазоне, в котором поглощают компоненты раствора.

Для определения всей группы витаминов В раствор препарата Мильгамма разбавляли в 100 раз 0.01 М раствором HCl и снимали спектр поглощения в диапазоне 200 – 600 нм с шагом 0.1 нм. С учетом принципа аддитивности и закона Бугера-Ламберта-Бера для смеси витаминов можно записать  $n$  уравнений вида:

$$A(\lambda_i) = \varepsilon(B_1, \lambda_i) \times C(B_1) + \varepsilon(B_6, \lambda_i) \times C(B_6) + \varepsilon(B_{12}, \lambda_i) \times C(B_{12}),$$

где  $A(\lambda_i)$  – оптическая плотность анализируемого раствора при длине волны  $\lambda_i$  нм;

$\varepsilon(B_1, \lambda_i)$ ,  $\varepsilon(B_6, \lambda_i)$ ,  $\varepsilon(B_{12}, \lambda_i)$  – молярные коэффициенты поглощения витаминов  $B_1$ ,  $B_6$  и  $B_{12}$  в водном растворе при длине волны  $\lambda_i$  нм, соответственно;

$C(B_1)$ ,  $C(B_6)$  и  $C(B_{12})$  – концентрации витаминов  $B_1$ ,  $B_6$  и  $B_{12}$  в анализируемом растворе, моль/л.

В этой системе уравнений  $A(\lambda_i)$  представляет собой зависимую переменную, а  $C(B_1)$ ,  $C(B_6)$  и  $C(B_{12})$  – независимые переменные.

В этом методе для более точного нахождения концентраций учитывается поглощение анализируемого раствора во всем спектральном диапазоне. Предварительно установлены молярные коэффициенты поглощения в интервале длин волн 200–600 нм по закону Бугера.

Метод был реализован с использованием программного пакета Microsoft Excel.

Содержание витаминов в препарате Мильгамма для инъекций соответствует заявленному. Случайная погрешность определения витаминов  $B_1$ ,  $B_6$  и  $B_{12}$  не превышает 10%.

#### Список литературы

1. Chen P., Wolf W.R. // Anal. Bioanal Chem. 2007. Vol. 387. N 7. P. 2441.
2. Власова И.В., Шелпакова А.С., Масякова Е.Н. // Аналитика и контроль. 2009. Т. 13. № 2. С. 86.

## ОПТИМИЗАЦИЯ СИНТЕЗА N-ФЕРРОЦЕНОИЛ-N-ИЗОНИКОТИНОИЛГИДРАЗОНОВ

Романов И.С.,<sup>1,2</sup> Мурзюкова А.С.,<sup>1,2</sup> Куликов В.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ИНЭОС РАН им. А. Н. Несмеянова, Москва

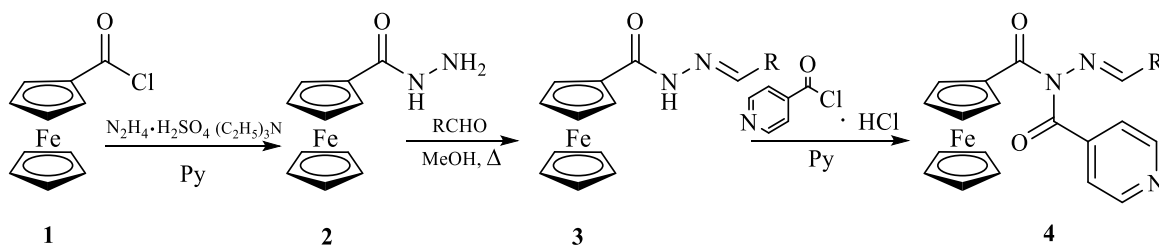
<sup>2</sup>РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва

asdds12217@gmail.com

Туберкулез – инфекционное заболевание, вызываемое группой бактерий *Mycobacterium tuberculosis complex*. Согласно данным ВОЗ, в настоящее время около четверти населения Земли являются носителями туберкулеза, и он остается одной из десяти основных причин смерти в мире, опережая ВИЧ и СПИД [1].

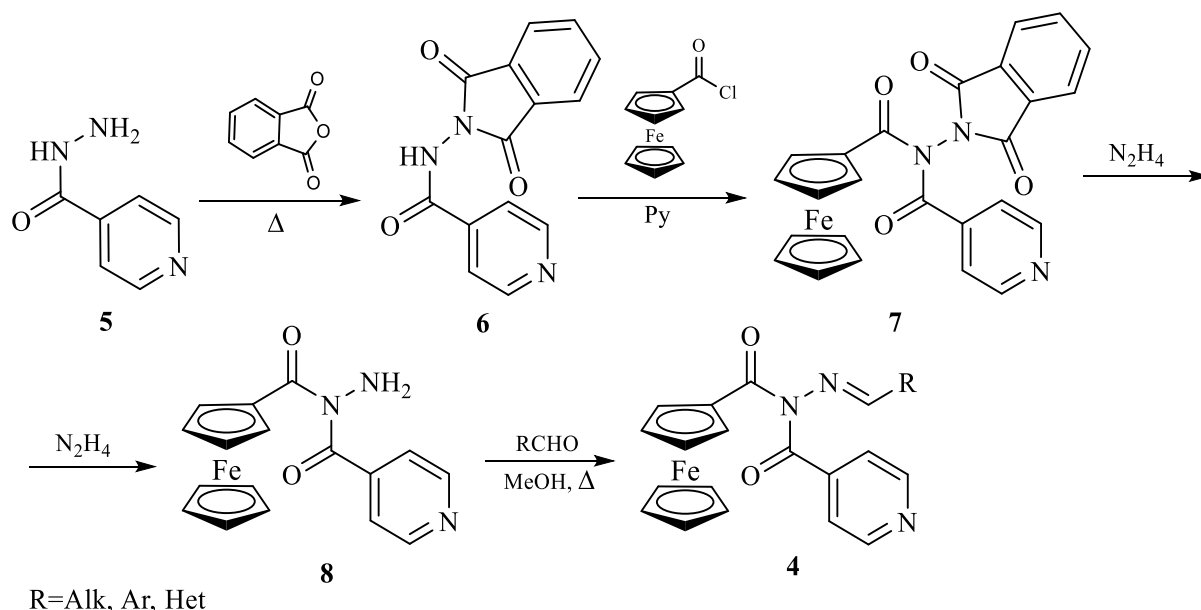
В связи с растущими показателями заболеваемости туберкулезом, а также увеличением числа случаев проявления резистентности штаммов микобактерий к известным антибиотикам, важное значение имеет разработка новых, более эффективных антимикобактериальных средств, обладающих высокой биологической активностью и низкой токсичностью для организма человека [1-2].

Известен метод синтеза N-ферроценоил-N-изоникотиноилгидразонов **4**, демонстрирующих активность в отношении устойчивых к изониазиду штаммов *M. Rubrum* [3].



R=Alk, Ar, Het

В данной работе предложен вариант оптимизации синтеза N-ферроценоил-N-изоникотиноилгидразонов **4** с применением фталоильной защиты изониазида **5** и последующим получением защищённого N-ферроценоил-N-изоникотиноилгидразина **7**. Данный подход позволяет избежать многократного повторения стадии изоникотиноилирования для каждого отдельного ферроценкарбогидразона **3**. Обработка **7** гидратом гидразина позволяет в мягких условиях снять фталоильную защиту и количественно получить **8** без образования изомерного N-ферроценоил-N'-изоникотиноилгидразина. Взаимодействие **8** с серией альдегидов приводит к целевым соединениям **4** с высокими выходами.



Выбор защитной группы для аминного азота гидразида **5** обусловлен особенностями промежуточного соединения **8** – наличием ферроценового фрагмента и способностью к изомеризации в N-ферроценоил-N'-изоникотиноилгидразин в условиях кислотного, либо основного катализа. Ферроценовый фрагмент чувствителен к воздействию сильных нуклеофилов, а также легко окисляется до солей феррициния, что может осложнить выделение **8** и ограничивает число приемлемых защитных групп. Снятие фталоильной защиты проходит в чрезвычайно мягких условиях – при обработке гидратом гидразина с охлаждением на ледяной бане.

Получение **8**, который образует целевые N-ферроценоил-N'-изоникотиноилгидразоны **4** в одну, легко реализуемую стадию, облегчает создание библиотеки этих соединений обычным способом либо методом комбинаторного синтеза и делает их более доступными для биологического тестирования.

#### Список литературы

1. WHO: сайт. – URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis> (дата обращения: 01.02.2023).
2. Kulikov V.N., Nikulin R.S., Arkhipov D.E., Rodionov A.N., Babusenko E.S., Kovalenko L.V., Belousov Yu.A. // Russ.Chem.Bull. 2017. Vol. 66. N 3. P. 537.
3. Kulikov V.N., Nikulin R.S., Rodionov A.N., Babusenko E.S., Babin V.N., Kovalenko L.V., Belousov Yu.A. // Russ.Chem.Bull. –2017. Vol. 66. N 6. P. 1122.

*Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Договор/договор № 075-00697-22-00).*

## ФОТОПОЛИМЕРИЗАЦИЯ МЕТИЛМЕТАКРИЛАТА ПО МЕХАНИЗМУ С ПЕРЕНОСОМ АТОМА В ПРИСУТСТВИИ 10-(1-НАФТИЛ)ФЕНОТИАЗИНА

*Рычкова В.И., Князева Н.А.*

*ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород*

*Unusial.bear@gmail.com*

В настоящее время развитие химии высокомолекулярных соединений связано с разработкой методов синтеза полимеров с заданными структурой и молекулярно-массовыми характеристиками. Одним из наиболее перспективных направлений в отмеченной области является фотополимеризация по механизму с переносом атома с использованием органических катализаторов – Metal Free Atom Transfer Radical Polymerization (MF ATRP). Существенным достоинством данного процесса является отсутствие загрязнений полимерных продуктов остатками металлсодержащего катализатора, традиционно используемого в катализе полимеризации по механизму с переносом атома. Это позволяет использовать полученные образцы в материалах, чувствительных к следовым количествам металлов, обычно применимых в таких областях, как микроэлектроника и медицина.

Одними из перспективных катализаторов процессов MF ATRP являются арильные производные фенотиазина [1]. В данной работе была исследована полимеризация метилметакрилата под действием 10-(1-нафтил)фенотиазина (Naph-PTZ). Для его синтеза проведена реакция сочетания фенотиазина с 1-бромнафталином в присутствии соединений палладия в качестве катализаторов (рис. 1).

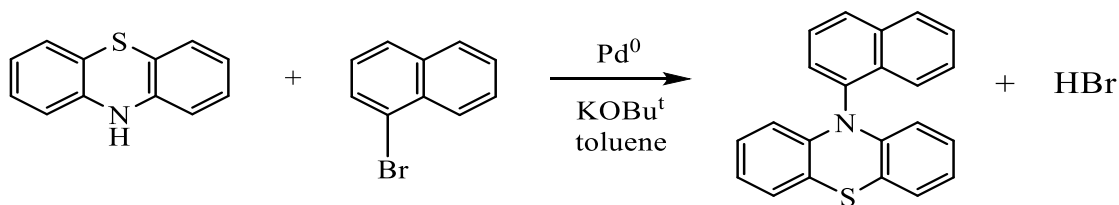


Рис. 1. Синтез Naph-PTZ

Полимеризацию проводили в дегазированных ампулах под действием светодиодного источника УФ-излучения с длиной волны ~ 365 нм. Протекание процесса сопровождается равномерным увеличением молекулярной массы с ростом конверсии. Реализация механизма MF ATRP также подтверждается обнаруженных методом масс-спектрометрии наличием на концах полимерных цепей атомов галогена, обуславливающих реиницирование полимеризации.

### Список литературы

1. Князева Н.А., Гришин И.Д. // ВМС. Сер. Б. 2022. Т. 64. № 5. С. 590.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СМЕШАННОГО НАНОРАЗМЕРНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ТЭОА МУНТ + CLOISITE 30В НА СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ КОМПОЗИЦИОННОГО ЯЧЕИСТОГО ПЕНОПЛАСТА НА ОСНОВЕ ПОЛИУРЕТАНА**

***Рябова Д.И., Власов Р.Р., Рябов С.А.***

*ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород*

*dasha.ryabova2017@yandex.ru*

Синтез полимерных нанокомпозитов является перспективным и на данный момент самым изученным способом получения материалов со значительно улучшенными функциональными свойствами. Полимерный композиционный материал – гетерофазная система, полученная из двух или более компонентов, где один компонент является полимерной матрицей, в объеме которой определенным образом распределены частицы наноразмерного наполнителя, отделённые границей раздела.

В нашем случае большой интерес представляют жёсткие полиуретановые пены, широко используемые в строительной индустрии и других отраслях в силу высоких физико-механических характеристик и теплоизоляционных свойств [1]. Однако стремительные темпы роста и развития промышленности дают толчок к созданию новых полимерных материалов, обладающих значительно улучшенными функциональными свойствами.

Существует большое число известных наноразмерных добавок, способных оказывать положительное влияние на микроструктуру ячеистых полимеров и тем самым улучшать их физико-механические и термические характеристики. Наибольшую известность в качестве армирующего наполнителя получили мел, сажа, диоксид титана, а также широкий ряд прочих оксидов и неорганических солей, однако некоторые из перспективных наполнителей, таких как углеродные нанотрубки и органоглины остаются недостаточно изученными [2].

В связи с этим в рамках настоящей работы исследовалось влияние малых количеств смешанного наполнителя, содержащего МУНТ, функционализированные триэтаноламином, и модифицированную органоглину Cloisite 30В. Подобные модификации наполнителей проводятся для повышения их сродства с полимерной матрицей и уменьшения степени агломерации, что способствует более равномерному их распределению в структуре материала [3].

Были проведены исследования прочности на сжатие по направлению вспенивания полученных жёстких композиционных полиуретановых пенопластов при помощи испытательной машины Roell/Zwick Z005, по результатам которых наблюдалось существенное увеличение механической прочности образцов. Наряду с улучшенными прочностными характеристиками отмечалось незначительное снижение плотности пен.

Изменения микроструктуры ячеек пенопластов были проанализированы посредством цифровой микроскопии, оценивались такие параметры, как

коэффициент анизотропии и средний размер ячеек. В результате упорядочивания микроструктуры наблюдалось выравнивание ячеек по размерам, что непосредственно приводило к эффективному уменьшению среднего размера ячеек.

Установлено, что именно улучшение морфологии ячеистой структуры и оказывает определяющее влияние на физико-механические параметры вспененных композитов, а также способствует снижению теплопроводности в результате уменьшения СРЯ.

Подводя итоги данной работы, введение в полиуретановую матрицу комбинированного наполнителя «ТЭОА МУНТ + Cloisite 30B» является эффективным способом, позволяющим в значительной степени улучшить важные для эксплуатации в различных условиях физико-механические, морфологические и другие свойства полиуретановых материалов.

#### Список литературы

1. Kim J.T., Kim B.K., Kim E.Y., Park H.C., Jeong H.M. // *React. Funct. Polym.* 2014. Vщд. 74. P. 16.
2. Widya T., Macosko C.W. // *J. Macromol. Sci. Part B.* 2005. Vol. 44. N 6. P. 897.
3. *Polyurethane Polymers. Composites and nanocomposites* / Ed: Thomas S., Datta J., Naponiuk J., Reghunadhan A. 1-st Ed. Elsevier, 2017. 591 p.



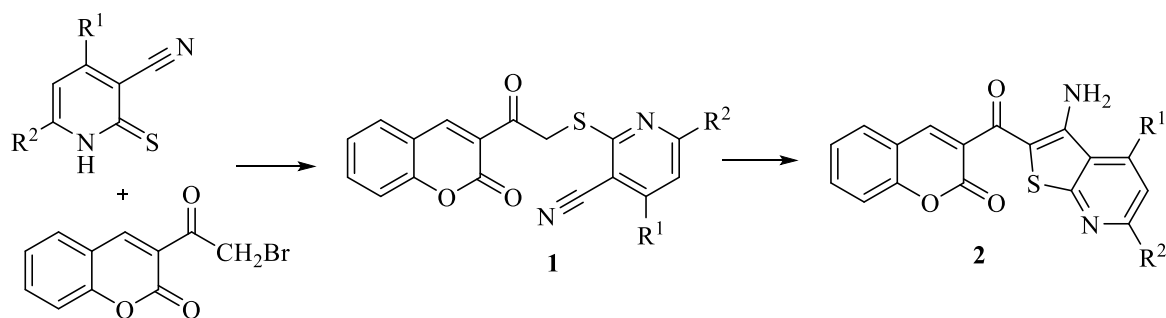
## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ 3-БРОМАЦЕТИЛКУМАРИНА С 3-ЦИАНОПИРИДИН-2(1H)-ТИОНАМИ – ПУТЬ К НОВЫМ МОЛЕКУЛЯРНЫМ ГИБРИДАМ РЯДА НИКОТИНОНИТРИЛА И ТИЕНО[2,3-*b*]ПИРИДИНА

*Салахов Т.Л., Лукина Д.Ю., Доценко В.В.*

*КубГУ, Краснодар*

*tagir.0309@mail.ru*

Кумарины и 3-цианопиридин-2(1H)-тионы, взятые по отдельности, имеют очень широкий спектр применения, так как их производные обладают известной биологической активностью. Объединение двух фармакофорных субъединиц – кумариновой и никотинитрильной – в одной молекуле может привести к появлению синергических эффектов или изменению профиля биологического действия. Для введения кумаринового фрагмента нами был использован 3-бромацетилкумарин. Продукты изначального *S*-алкилирования, молекулярные гибриды **1**, под действием оснований претерпевают циклизацию по Торпу-Циглеру с образованием тиенопиридинов **2**. Соединения такого типа широко известны своей биологической активностью [1–3].



В качестве основания для проведения гетероциклизации нами были использованы пиридин, триэтиламин и пропилат натрия, контроль за ходом синтеза осуществлялся методом ТСХ. Для синтезированных соединений были записаны ИК-спектры, а также спектры ЯМР <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C.

### Список литературы

1. Литвинов В.П., Доценко В.В., Кривоколыско С.Г. // Изв. АН. Сер. Хим. 2005. № 4. С. 848.
2. Литвинов В.П., Доценко В.В., Кривоколыско С.Г. Химия тиенопиридинов и родственных систем. М., Наука, 2006. 406 с.
3. Доценко В.В., Бурый Д.С., Лукина Д.Ю., Кривоколыско С.Г. // Изв. АН. Сер. Хим. 2020. № 10. С. 1829.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДЕЛИГНИФИКАЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ФЕРМЕНТОМ АМИЛАЗА

Светлолобов А.Ю., Одинцова С.Е., Тараченкова М.Н., Федоскин И.А., Липин В.А.

*СПбГУПТД ВШТЭ, Санкт-Петербург*

*hello31089@ya.ru*

Одними из основных проблем, с которыми сталкивается целлюлозно-бумажная промышленность, являются наличие хлорсодержащих отходов в стоках, образующихся в результате взаимодействия соединений хлора с исходным сырьем, и высокая стоимость некоторых отбеливающих реагентов. Для решения данных проблем прибегают к различным вариациям предварительных обработок целлюлозы, способных повысить интенсивность делигнификации целлюлозы. Примером использования подобных технологий является применение различных ферментов, таких как ксиланазы и лакказы, которые внедрены в процесс отбеливания на нескольких заводах целлюлозно-бумажной промышленности. Однако при их эксплуатации были выявлены недостатки, которые выражаются в снижении выхода целлюлозы и высокой стоимости используемых дополнительных медиаторов. Вследствие этого начали искать альтернативы применяемым ферментам [1-3].

Целью исследования было выяснить зависимость числа Каппа - степени делигнификации от изменения параметров предварительной обработки целлюлозы ферментом амилаза. Данными параметрами являлись концентрация фермента, время и температура обработки. Концентрации фермента исследовались в диапазоне от 0,5 до 10%, температура изменялась в промежутке от 20 до 80°C, а время от 30 до 120 мин. В результате исследования было выявлено, что фермент амилаза способен снижать число Каппа целлюлозы уже при минимальных значениях переменных обработки. Также были определены оптимальные значения предварительной обработки, при которых достигается минимальное число Каппа. Таким образом, фермент амилаза может использоваться в качестве альтернативы используемым ферментам, при этом параметры обработки невысокие, что ведет к уменьшению затрат на производство продукта.

### Список литературы

1. Липин В.А., Федоскин И.А., Софронова Е.Д. Технология сульфатной отбеливания при переработке древесного сырья в 21 веке // Сборник мат-лов XXV Международного Биос-форума и Молодежной Биос-олимпиады 2020. Кн. 2. СПб: СПбНЦ РАН, Изд-во «Любавич». 2020. С. 124.
2. Липин В.А., Федоскин И.А., Тараченкова М.Н., Эрнандес Гарсиа Д.Д., Софронова Е.Д. Отбеливание целлюлозы с помощью ферментов класса эстераз // Материалы XVIII Международной научно-практической конференции «Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения». Нальчик: Изд-во «Принт Центр». 2022. С. 194.
3. Lipin V.A., Fedoskin I.A., Demyantseva E.Yu. // Fibre Chem. 2021. Vol. 53. N 3. P. 149.

## ФОСФОРИЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ 2-ГИДРАЗИНИЛПИРИМИДИН-4-ОНОВ

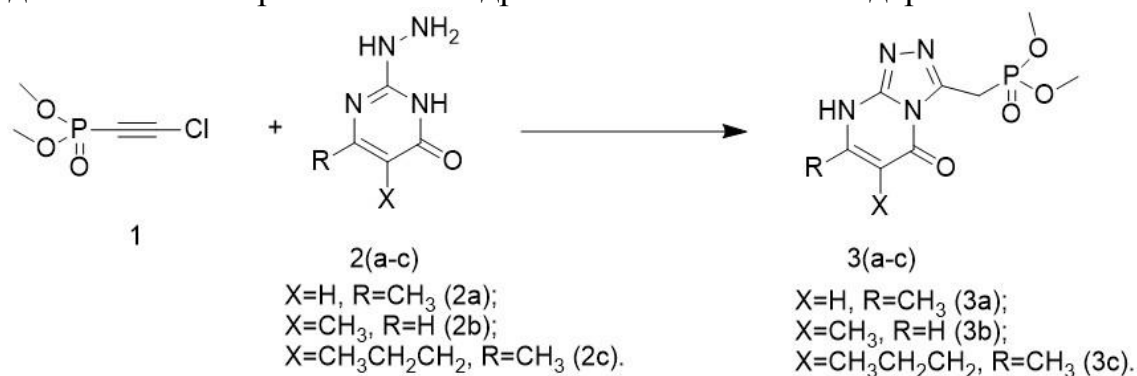
Скрылькова А.С., Егоров Д.М., Догадина А.В.

СПбГТИ (ТУ), Санкт-Петербург

askrylkova@gmail.com

1,2,4-Триазолы представляют большой интерес для органической химии, так они являются достаточно синтетически доступными веществами и проявляют широкий спектр биологической активности. 1,2,4-Триазолы с успехом применяют в различных областях деятельности человека, например, триазольный фрагмент входит в состав противовирусных препаратов, применяемых для борьбы с вирусными инфекциями (триазавирин). Введение фосфонатного фрагмента зачастую увеличивает растворимость исходных соединений, а также может расширить спектр биологической активности, поэтому синтез новых фосфорилированных 1,2,4-триазолов является актуальной задачей в органической химии.

Нами были получены новые 1,2,4-триазолы **3a-c** взаимодействием диметилхлорэтинфосфоната **1** с производными 2-гидразинилпиримидин-4-онов **2a-c** в абсолютном метаноле в присутствии карбоната калия. Реакция протекает при комнатной температуре за 15–20 минут и приводит к новым 1,2,4-триазолам, выход составляет 90–92%. Контроль реакции осуществлялся методом ЯМР-спектроскопии на ядрах  $^{31}\text{P}$  с внешним стандартом.



Строение полученных соединений было установлено методом ЯМР-спектроскопии на ядрах  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  и  $^{31}\text{P}$ .

Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания Министерства образования (№ 785.00.X6019) с использованием оборудования ИЦ СПбГТИ (ТУ).

## РЕАКЦИИ 1,3-ДИПОЛЯРНОГО ЦИКЛОПРИСОЕДИНЕНИЯ 2-(3,4-ДИГИДРО-2*H*-ПИРРОЛ-1-ИУМ-1-ИЛ)-1,3-ДИОКСО-2,3-ДИГИДРО- 1*H*-ИНДЕН-2-ИДА К ТЕТРААЛКИЛАЦЕТИЛЕНДИФОСФОНАТАМ

Соколов А.А., Пронина Ю.А., Егоров Д.М.

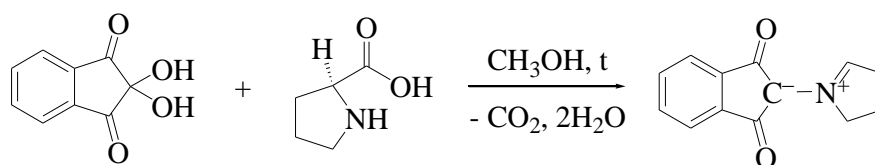
СПбГТИ (ТУ), Санкт-Петербург

sklv.alexey@gmail.com

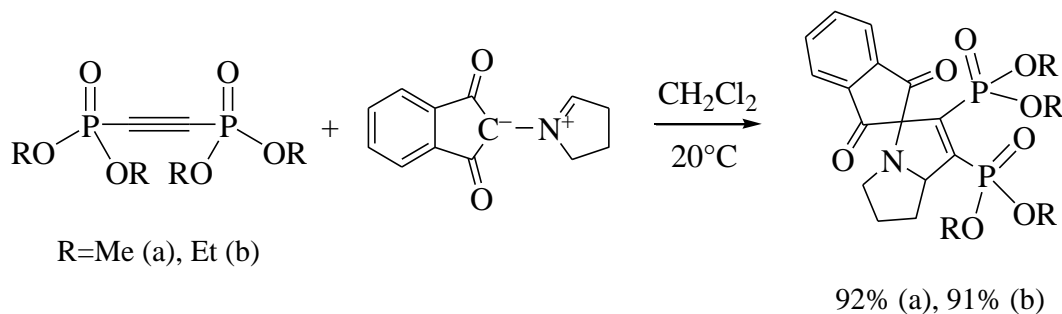
Реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения используются для синтеза различных пятичленных гетероциклов, содержащих один или несколько гетероатомов. Реакции данного типа – важный метод синтеза, с помощью которого удается получать многие биологически активные соединения. Данные реакции можно применять для быстрой и легкой сшивки любых веществ, содержащих необходимые для реакции концевые группы (диполь и диполярофил), что особенно важно для использования в биохимии и иммуноанализе. Кроме того, полученные с помощью реакций 1,3-диполярного циклоприсоединения вещества могут использоваться в качестве комплексообразователей для переходных металлов в металл-катализируемых реакциях органического синтеза.

В данной работе представлен синтез новых фосфорорганических соединений, полученных с помощью реакций 1,3-диполярного циклоприсоединения 2-(3,4-дигидро-2*H*-пиррол-1-иум-1-ил)-1,3-диоксо-2,3-дигидро-1*H*-инден-2-ида к тетраалкилацетилендифосфонатам.

Исходный диполь был получен взаимодействием нингидрина с L-пролином.



Присоединение диполя к тетраалкилацетилендифосфонатам протекало в мягких условиях и приводило к целевым продуктам с высокой хемо- и региоселективностью:



Полученные конденсированные структуры – масла. Строение соединений установлено по данным ЯМР-спектроскопии на ядрах  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{31}\text{P}$ .

## ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ О- ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ ФОСФОНАТОВ

Сонин Н.О.<sup>1</sup>, Егорова А.В.<sup>1</sup>, Пилип А.Г.<sup>2</sup>, Панькин Д.В.<sup>3</sup>, Колесников И.Е.<sup>3</sup>, Маньшина А.А.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>СПбГТИ (ТУ), Санкт-Петербург

<sup>2</sup>ФИЦ РАН, Санкт-Петербург

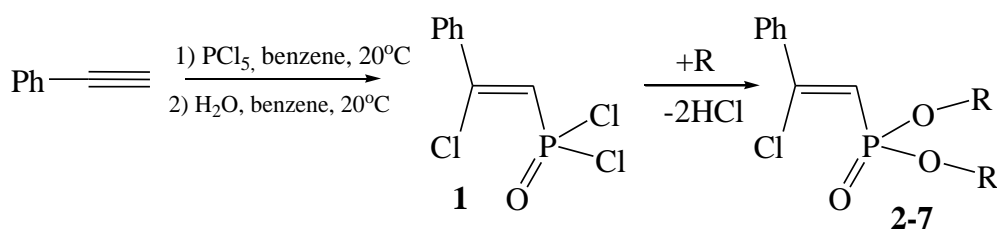
<sup>3</sup>Центр оптических и лазерных исследований материалов СПбГУ, Санкт-Петербург

<sup>4</sup>Институт химии СПбГУ, Санкт-Петербург

diekerze54@gmail.com

Синтетические возможности фосфорного ангидрида представляют большой интерес, в том числе и для фармакологии, за счет большой вариативности заместителей у атома фосфора, так и за счет доказанных ценных свойств этого класса соединений. В настоящее время большой интерес представляют структуры, обладающие не только биологической активностью, но обладающие способностью менять свою конформацию под действием лазерного воздействия. Структуры, подобные в том числе фосфорному ангидриду, за счет наличия двойной связи, как отмечено в литературе, перспективны для исследования фотоизомеризации, чему способствует селективное образование *цис*-продукта.

В данной работе нами реализован синтез дихлорангидрида 2-фенил-2-хлорэтиленфосфоновой кислоты с последующим синтезом на его основе фосфонатов по модифицированной методике, что представлено на схеме. Выход конечных продуктов **2-7** составил 95-97%. Химический сдвиг фосфора для соединений **2-7** +10÷13 м.д. Строение полученных соединений охарактеризовано данными физико-химических методов, включающих ЯМР, ИК-Фурье спектроскопию, масс-спектрометрию.



R= Me (**2**), Et (**2**), *i*-Pr (**3**), *n*-Bu (**4**), *i*-Bu (**5**), *n*-Hex (**7**)

В спектрах ИК поглощения соединений **1-7** среди всех можно выделить ряд характерных пиков, относящихся к одной из трёх групп. К первой группе относятся пики, имеющие наибольшее поглощение в соединениях **2-7**. Они интерпретируются как преимущественно валентные колебания в одинарных связях С-О и О-Р и локализованы в диапазоне 925-1075 см<sup>-1</sup>. Ко второй группе

относятся пики в спектре поглощения, происходящие от колебаний в бензольном кольце и винильной группе. В качестве примера для этой группы можно привести пики примерно 684(НССС), 754(НССС), 1445( $\delta$ (НСС)  $\nu$ 19b в фениле), 1482( $\delta$ (НСС)  $\nu$ 19a в фениле), а также пара 1570 и 1595 ( $\nu$ (C=C)  $\nu$ 8a и  $\nu$ 8b в фениле)  $\text{см}^{-1}$ .

К третьей группе можно отнести пики, связанные с функциональными группами, присоединенными к фосфонатной части, что наглядно проявляется увеличением сигнала в области валентных водородных колебаний в связях С-Н при углероде в  $sp^3$  гибридизации в области 2800-3000  $\text{см}^{-1}$ .

Измерение биологической активности фосфонатов **3-7** проводилось с помощью биоаналитической платформы для мониторинга нейротоксичных соединений EasyCheck. Данный метод основан на определении активности бутирилхолинэстеразы (БХЭ) по начальной скорости биокаталитического гидролиза бутирилтиохолина. Для каждого из выбранных фосфонатов была построена калибровочная зависимость и подсчитаны IC50 и константы ингибирования.

Калибровочные зависимости растворов функционализированных фосфонатов **3-7** в дихлорметане для различных концентраций приведены на рисунке 1. Анализ полученных данных позволил определить значения IC50, лежащие в пределах микромолярной концентрации.

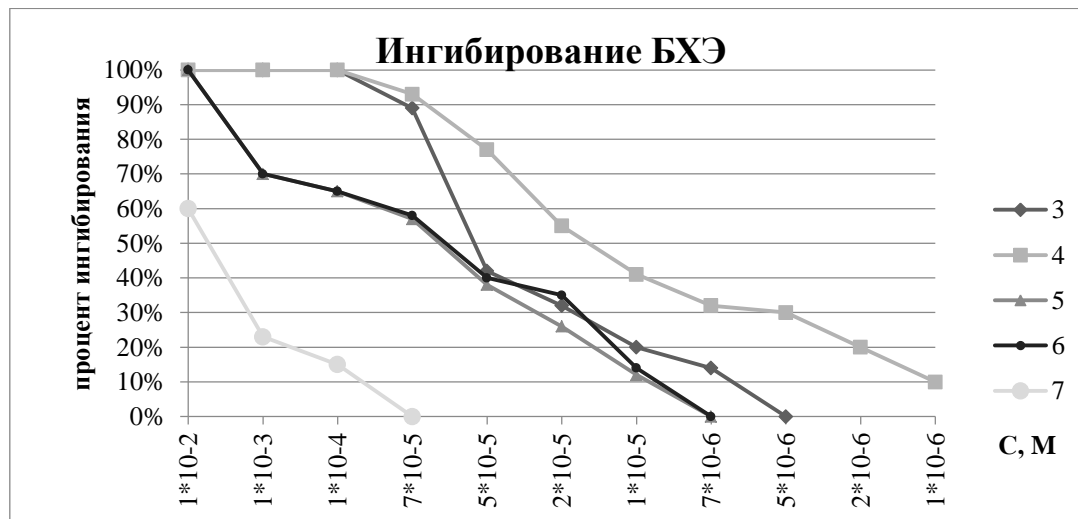


Рисунок 1 – Калибровочные зависимости биологической активности растворов функционализированных фосфонатов **3-7** в дихлорметане для различных концентраций

*Работа выполнена при поддержке проекта РНФ 22-13-00082.*

## ОЦЕНКА КОГЕЗИИ И АДГЕЗИИ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К МКЛ

Сорокина Д.Э., Воротов К.Е., Наронова Н.А.

*ФГБОУ ВО УГМУ Минздрава России, Екатеринбург*

*sorock845@yandex.ru*

Мягкая контактная линза (МКЛ) – это биоадгезив, представляющий собой ковалентно сшитые гидрогели. Гидрогели способны поглощать большое количество воды, сохраняя в гидратированном состоянии свойства твердого тела. МКЛ пролонгирует действие медикаментов и способствует созданию в тканях переднего отдела глаза эффективной терапевтической концентрации лекарственных препаратов. На сегодняшний день в медицине остается актуальным вопрос лечения офтальмологических заболеваний с использованием МКЛ.

Адгезия ( $W_a$ ) – возникновение связи между поверхностными слоями двух разнородных (твёрдых или жидких) тел (фаз), приведённых в соприкосновение. Когезия ( $W_c$ ) – связь между молекулами внутри тела в пределах одной фазы, характеризует прочность тела и его способность противодействовать внешнему усилию. Адгезия возникает в узком диапазоне концентраций полимера, при увеличении влажности уменьшается прочность адгезионного соединения. Повышение гидрофильности модифицированных МКЛ обеспечивает увеличение их водосодержания. В результате возникают функциональные группы, усиливающие связывание и удержание препарата гидрогелем. Адгезионная способность определяется наличием баланса между высокой энергией когезии и большим свободным объемом. Для прочности адгезионного соединения важна высокая когезионная прочность в сочетании с повышенной молекулярной подвижностью сегментов полимерных цепей и медленной релаксацией. Лекарственный препарат диффундирует через адгезив и происходит проникновение лекарственных средств на роговицу.

**Цель работы** – оценка адгезии и когезии лекарственных офтальмологических препаратов по отношению к МКЛ.

**Результаты и обсуждение:** Для исследования были взяты лекарственные препараты, которые используются в офтальмологии: кератопротекторы и увлажняющие препараты – «Слезин» (Препарат 1); «Дефислез» (Препарат 2); «Гипромелоза-П» (Препарат 3). В качестве МКЛ использовали мягкие контактные линзы 1 DAY ACUVUE MOIST с диоптриями -3,5 (США). Величина рН измерена методом потенциометрии. Величина поверхностного натяжения определялась методом лежащей капли. Когезия и адгезия рассчитана по формулам Дюпре:  $W_a = \sigma \cdot (1 + \cos\theta)$ ,  $W_c = 2\sigma$ .

В состав МКЛ входит акриловая кислота, относящаяся к группе ионных полимеров. Кислота несет отрицательный заряд, притягивающий белковые продукты слезы к линзе. Наличие отрицательного заряда делает материалы

химически более активными, особенно в растворах с низким показателем pH. Поэтому надо учитывать кислотность лекарственного препарата, чтобы адгезив не подвергался деструкции. Величина pH лекарственных препаратов в интервале 6,2–7,1 и с увеличением значения pH раствора возрастает степень набухания гидрогеля (набухание изменяется в интервале  $W_0=0,25-1,25$  г).

Таблица 1. Корреляционная зависимость между экспериментальными данными

Лекарственный препарат	Адгезия ( $W_a$ , Дж/м <sup>2</sup> )	Когезия ( $W_c$ , Дж/м <sup>2</sup> )	Набухание ( $W_0$ , г)	pH
Препарат 1	120,74	144,60	0,25	7,1
Препарат 2	92,90	108,65	1,25	7,1
Препарат 3	114,56	135,57	0,67	6,2
<b>Корреляция</b>	<b>-0,9762</b>	<b>-0,9824</b>		

В результате анализа экспериментальных данных была выявлена следующая зависимость: набухание обратно пропорционально величине адгезии и величине когезии. Коэффициент корреляции отрицательный, близок к единице, это свидетельствует о связи сильной, отрицательной.

#### **Вывод:**

Полученная корреляционная зависимость между когезией, адгезией, набуханием и величиной pH может быть использована для оценки эффективности совместного использования МКЛ и лекарственных офтальмологических препаратов.

#### **Список литературы**

1. Сорокина С.Ю. // Молодой ученый. 2020. № 10 (300). Ч. 1. С. 1.
2. Фельдштейн М.М. // ВМС. Сер. А. 2004. Т. 46. № 11. С. 1905.
3. Богданова Ю.Г. Адгезия и её роль в обеспечении прочности полимерных композитов. Учебное пособие для студентов по специальности «Композиционные материалы». МГУ им.М.В. Ломоносова. М., 2010. С. 68.



## СИНТЕЗ *N*-МЕТИЛАМИНОЗАМЕЩЕННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ЭПОКСИБЕНЗО[7,8]ОКСОЦИНО[4,3-*b*]ПИРИДИНА

Сталинская А.Л., Кулаков И.В.

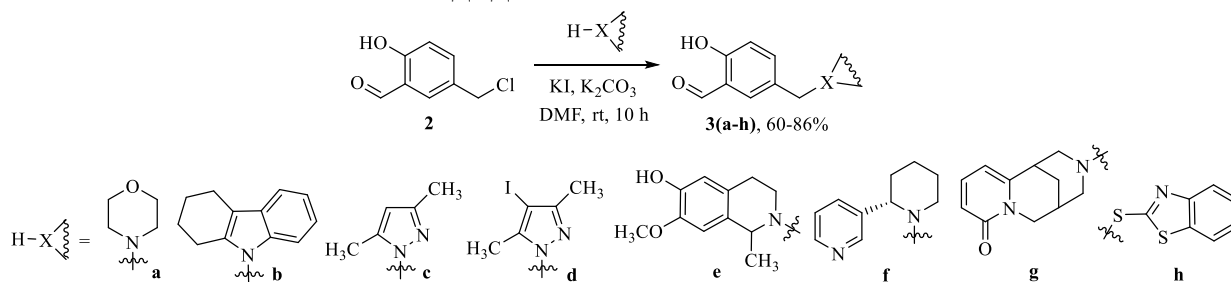
ТюмГУ, Тюмень

*a.l.stalinskaya@utmn.ru*

Ранее нами было показано [1], что в результате альдольной конденсации 3,5-диацетил-2,6-диметилпиридина **1** с производными салицилового альдегида в условиях кислотного катализа образуются продукты внутримолекулярной гетероциклизации – 5*H*-5,11-эпоксibenзо[7,8]оксоцино[4,3-*b*]пиридины – новые и не описанные в литературе синтетические пиридиновые аналоги природных интегративных А и В, известных в качестве ингибиторов интегразы ВИЧ-1 [2].

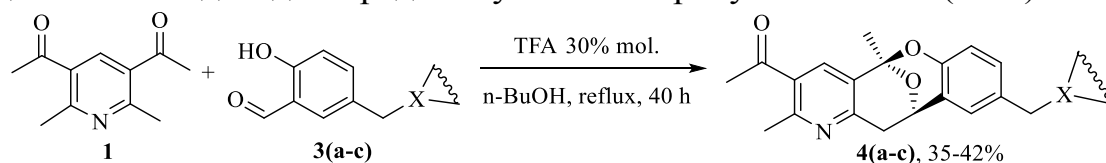
С целью введения новых фармакофорных групп в молекулу оксоцино[4,3-*b*]пиридина, за основу нами был взят лабораторно доступный 5-хлорметилсалициловый альдегид **2**. Введение хлорметильной группы в структуру салицилового альдегида позволяет в дальнейшем проводить реакции нуклеофильного замещения атома хлора на различные нуклеофилы, в том числе и биологически активные амины, алкалоиды и тиопроизводные.

Для получения новых перспективных в биологическом плане *N*-метиламино- и *S*-метилтиопроизводных салицилового альдегида и далее на их основе целевых аминопроизводных 5*H*-5,11-эпоксibenзо[7,8]оксоцино[4,3-*b*]пиридина, проводили нуклеофильное замещение атома хлора в 5-хлорметилсалициловом альдегиде на некоторые *N*- и *S*-нуклеофилы. Для предотвращения возможных побочных реакций образования азометинов (в случае с первичными аминами) в качестве нуклеофилов применяли вторичные амины. В качестве вторичных аминов нами были взяты различные биологически активные амины, такие как: морфолин, 1,2,3,4-тетрагидрокарбазол, производные пиразола, а также некоторые алкалоиды (сальсолин, анабазин, цитизин). В качестве *S*-нуклеофила нами выбран доступный 2-меркаптобензотиазол, обладающий хорошей ингибирующей активностью в отношении некоторых вирусов и грибков. Реакцию проводили в среде диметилформамида в присутствии поташа и каталитических количеств йодида калия.



В целом, все продукты замещения – *N*-метиламино- и *S*-метилтиопроизводные салицилового альдегида (**3a-h**) были получены с хорошими и высокими выходами (60-86%). Структуры синтезированных *N*-метиламино- (*S*-метилтио-)производных салицилового альдегида (**3a-h**) были подтверждены данными масс-спектрометрического анализа, <sup>1</sup>H и <sup>13</sup>C ЯМР-спектроскопии.

На следующей стадии мы проводили кислотно катализируемую реакцию циклизации 3,5-диацетил-2,6-диметилпиридина **1** с некоторыми производными салицилового альдегида в среде *n*-бутанола в присутствии 30% (мол.) TFA.



Контроль за конверсией и образованием продуктов реакции осуществляли с помощью хромато-масс-спектрометрического анализа реакционной смеси. Анализ проведенных в совокупности реакций показал, что наиболее приемлемые выходы соответствующих продуктов реакции и образование целевого продукта с удовлетворительным выходом было зафиксировано с альдегидами **3a**, **3b**, **3c**. Остальные альдегиды либо осмолялись в условиях реакции, либо давали весьма низкую степень конверсии в целевой продукт.

Таким образом, нами на трех примерах установлено, что при проведении кислотно катализируемой реакции конденсации 3,5-диацетил-2,6-диметилпиридина **1** с *N*-метиламинопроизводными салицилового альдегида образуются соответствующие 5*H*-5,11-эпоксibenзо[7,8]оксоцино[4,3-*b*]пиридины (**4a-c**) с удовлетворительными выходами (35-42%).

#### Список литературы

1. Kulakov I.V., Stalinskaya A.L., Chikunov S.Y., Gatilov Y.V. // New J. Chem. 2021. Vol. 45. N 7. P. 3559.
2. Singh S.B., Zink D.L., Quamina D.S., Pelaez F., Teran A., Felock P., Hazuda D.J. // Tetrahedron Lett. 2002. Vol. 43. N 13. P. 2351.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта №22-23-01015.*

## СИНТЕЗ ФУРОПИРИМИДИН-5-КАРБОКСИЛАТОВ НА ОСНОВЕ АЛКИЛ-3-БРОМ-3-НИТРОАКРИЛАТОВ

***Степанова А.М., Пелипко В.В., Макаренко С.В.***

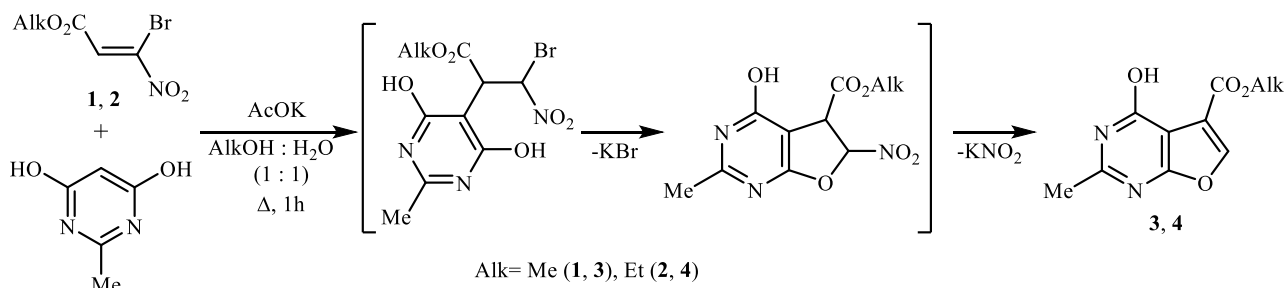
*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*stanna9@mail.ru*

Известно, что замещенные гидроксипиримидины проявляют противоопухолевое, противовирусное, иммуностимулирующее действие, а также бактериостатический и гипотензивный эффекты [1]. Кроме того, замещенные фуран-3-карбоксилаты также обладают различными видами биологической активности [2]. Таким образом, комбинирование этих двух фармакофорных блоков может привести к созданию новой структуры с потенциально полезными свойствами.

В свою очередь, взаимодействие алкил-3-бром-3-нитроакрилатов (*гем*-бромнитроакрилатов) с гетероциклическими СН-кислотами позволяет получать оригинальные конденсированные фуран-3-карбоксилаты [3].

В результате проведенного нами исследования поведения *гем*-бромнитроакрилатов **1**, **2** в реакции с представителем гидроксипиримидинов – 2-метилпиримидин-4,6-диолом оказалось, что процесс успешно протекает при кипячении в водно-спиртовом растворе в присутствии полуторакратного избытка ацетата калия и приводит к образованию алкил-4-гидрокси-2-метилфуро[2,3-*d*]пиримидин-5-карбоксилатов **3**, **4** с выходом 48-64 %.



Изучение строения полученных гетероциклов **3**, **4** методом спектроскопии ЯМР <sup>1</sup>N показало их существование в растворе ДМСО-*d*<sub>6</sub> в енольной форме, о чем свидетельствует уширенный сигнал ОН-группы в области 12.48-12.55 м.д.

### Список литературы

1. Потапова А. Э., Куваева Е. В., Яковлев И. П. // Сб. мат-лов IV Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием «Инновации в здоровье нации». Спб. 2016. С. 504.
2. Zuma A.A., de Macedo-Silva S.T., Achari A., Vinayagam J., Bhattacharjee P., Chatterjee S., Gupta V.K., de Sousa Leite A.C., de Castro L.S., Jaisankar P., de Souza W. // *Experimental Parasitology*. 2021. Vol. 224. Art. № 108100.
3. Pelipko V.V., Baichurin R.I., Lyssenko K.A., Dotsenko V.V., Makarenko S.V. // *Mendeleev Commun.* 2022. Vol. 32. N 4. P. 454.

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ГЕМИНАЛЬНО АКТИВИРОВАННЫХ НИТРОСТИРОЛОВ С 4-ГИДРОКСИ-6-МЕТИЛ-2H-ПИРАН-2-ОНОМ

Степанова К.А.,<sup>1</sup> Байчурин Р.И.,<sup>1</sup> Байчурина Л.В.,<sup>2</sup> Фельгендлер А.В.<sup>2</sup>

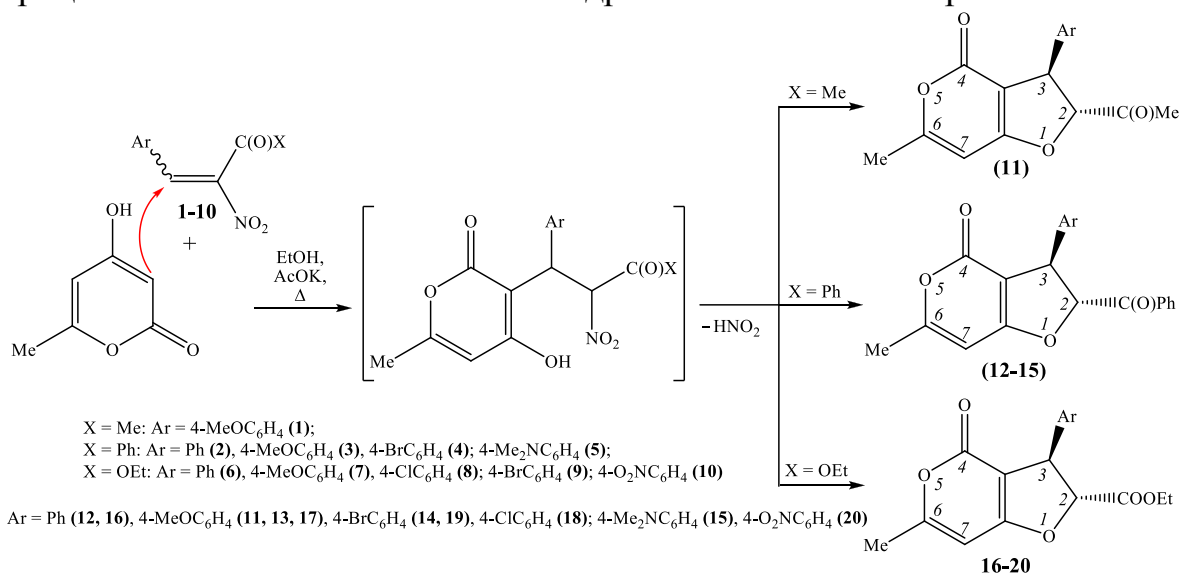
<sup>1</sup>РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Военно-медицинская академия имени С.М.Кирова, Санкт-Петербург

kohrgpu@yandex.ru

Геминально активированные нитростирола хорошо зарекомендовали себя в качестве биелектрофилов в синтезе гетероциклических структур. Так, ранее на кафедре органической химии РГПУ им. А. И. Герцена было показано, что *гем*-ацил- и *гем*-алкоксикарбонилнитростирола успешно вступают в реакции с такими циклическими енолизующимися СН-кислотами как дигидрорезорцин [1], димедон [1] и 4-гидроксикумарин [2] с образованием соответствующих 2,3-дигидрофурановых структур в результате домино-процесса, включающего нуклеофильное присоединение С-центрированного енолята и последующее внутримолекулярное нуклеофильное замещение енольным гидроксилом нитрогруппы при  $sp^3$ -гибридном атоме углерода в первоначально образующемся аддукте Михаэля.

Продолжая начатые ранее исследования, мы осуществили взаимодействие представителей *гем*-ацил- и *гем*-алкоксикарбонилнитростирола с гетероциклической СН-кислотой – 4-гидрокси-6-метил-2H-пиран-2-оном.



Взаимодействие осуществлялось по аналогии с литературными условиями для реакций исследуемых субстратов с 4-гидроксикумарином – кипячение эквимольных количеств реагентов в этаноле в присутствии свежеплавленного ацетата калия. В случае *гем*-ацилнитростирола 1-5 выделить продукты в индивидуальном виде не удалось, но в остатках после испарения растворителя спектрально было зафиксировано образование дигидрофуоро[3,2-*c*]пиранов.

В случае *гем*-алкоксикарбонилнитростиролов (этиловых эфиров  $\alpha$ -нитрокоричных кислот) соответствующие этил-3-арил-6-метил-4-оксо-2,3-дигидро-4*H*-фуоро[3,2-*c*]пиран-2-карбоксилаты **16-20** удалось выделить в индивидуальном виде; выходы 53-68%. Соединения **18-20** представляют собой твердые вещества с четкими температурами плавления и были очищены методом перекристаллизации из этанола.

Строение полученных соединений **16-20** охарактеризовано данными физико-химических методов ИК, ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$  спектроскопии, в том числе гомо – (dqf-COSY, NOESY) гетероядерными (HMQC, HMBC) экспериментами. Так, в спектрах ЯМР  $^1\text{H}$  сигналы метиновых протонов образуют *AB*-систему и проявляются дублетами в областях 5.04-5.10 ( $\text{C}^2\text{H}$ ) и 4.56-4.73 м.д. ( $\text{C}^3\text{H}$ ) с КССВ, характерной для *транс*-расположения протонов в 2,3-дигидрофурановых структурах ( $^3J$  4.9-5.4 Гц). Обращает на себя внимание, что протоны метиленовой группы этоксикарбонильного фрагмента вследствие диастереотопии проявляются в виде двух дублетов квартетов в области 4.23-4.40 м.д. с вицинальной КССВ равной 7.1-7.2 Гц и геминальной КССВ – 10.7-10.8 Гц. Также следует отметить, что протоны пиранового кольца и протоны метильной группы вследствие дальнего спин-спинового взаимодействия через 4 связи проявляются в виде уширенных сигналов, что доказывается результатами dqf-COSY-экспериментов, в которых так же проявляется дальнейшее спин-спиновое взаимодействие через 7 связей между протонами метильной группы при  $\text{C}^6$  и метиновым протоном при  $\text{C}^3$ .

В спектре ЯМР  $^{13}\text{C}$  присутствуют сигналы всех атомов углерода. Например, в спектре соединения **19** атомы углерода  $\text{C}^2$  и  $\text{C}^3$  проявляются при 88.64 и 49.04 м.д., карбонильный атом углерода сложноэфирной группы – при 168.72 м.д.; атомы углерода  $\text{C}^4$ ,  $\text{C}^6$ ,  $\text{C}^{7a}$  регистрируются при 160.79, 167.14 и 171.47 м.д., соответственно. Эти непротонированные атомы углерода были наглядно идентифицированы с помощью  $^1\text{H}$ - $^{13}\text{C}$  HMBC эксперимента по наличию соответствующих кросс-пиков.

Таким образом, на основе реакций *гем*-ацил- и *гем*-этоксикарбонилнитростиролов предложены методы синтеза ацил- и этоксикарбонилсодержащих дигидрофуоро[3,2-*c*]пиранов. Учитывая высокую активность против вируса герпеса для описанных бензоилсодержащих дигидрофуоро[3,2-*c*]пиранов [3], синтезированные соединения весьма перспективны для дальнейших биологических испытаний.

#### Список литературы

1. Берестовицкая В.М., Байчурин Р.И., Байчурина Л.В., Фельгендлер А.В., Абоскалова Н.И. // ЖОХ. 2013. Т. 83. Вып. 9. С. 1538.
2. Байчурин Р.И., Байчурина Л.В., Абоскалова Н.И., Берестовицкая В.М. // ЖОХ. 2013. Т. 83. Вып. 9. С. 1572.
3. Scala A., Cordaro M., Risitano F., Colao I., Venuti A., Sciortino M.T., Primerano P., Grassi G. // Mol. Divers. 2012. Vol. 16. N 2. P. 325.

## СИНТЕЗ, СВОЙСТВА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 5-АМИНО-3-ЦИАНОМЕТИЛ-1H-ПИРАЗОЛ-4-КАРБОНИТРИЛА

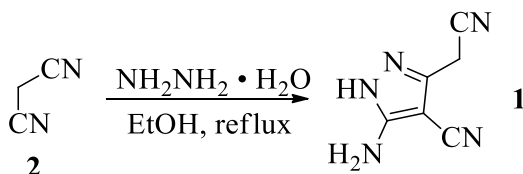
Степанова С.Ф., Гузь Д.Д., Семенова А.М., Доценко В.В.

КубГУ, Краснодар

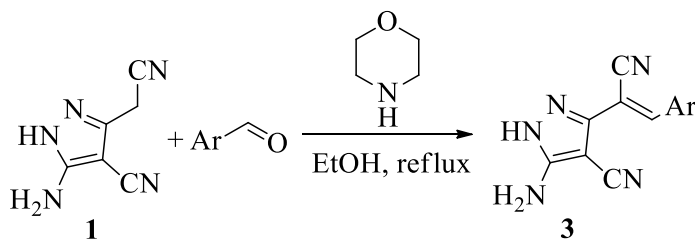
s.f-step@mail.ru

Из литературных данных известно, что 5-амино-3-цианометил-1H-пиразол-4-карбонитрил **1** и его производные имеют важное значение для агрохимической и фармацевтической отрасли. Соединение **1** и его производные обнаруживают противовоспалительную, антибактериальную, фунгицидную и противоопухолевую активность, вследствие чего получение новых биологически активных производных пиразола **1** в настоящее время представляет большой интерес [1].

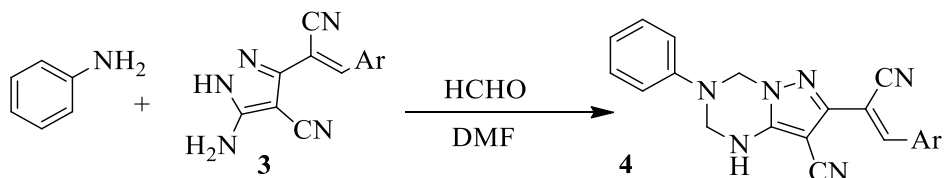
Исходное соединение **1** было получено реакцией малононитрила **2** с гидразин-гидратом по известной методике [2].



Аминопирозол **1** легко вступает в реакции конденсации с некоторыми ароматическими альдегидами. Было установлено, что реакция протекает по активной метиленовой группе, а не по аминогруппе, и приводит к образованию непредельных нитрилов **3** [3].



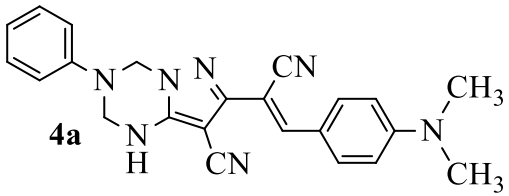
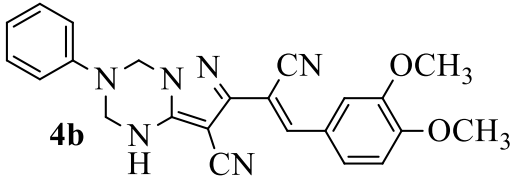
Полученные нитрилы **3** были введены в реакцию с анилином и формалином, в результате чего были получены ранее не описанные продукты аминотетирования по Манниху **4** с выходами 69-71%.



Строение продуктов было подтверждено данными ИК и ЯМР <sup>1</sup>H и ЯМР <sup>13</sup>C спектроскопии. Соединение **1** также было детально охарактеризовано данными рентгеноструктурного анализа.

Для продуктов аминотетрагидропиридина **4** были спрогнозированы возможные протеиновые мишени с использованием нового протокола протеин-лигандного докинга GalaxySagittarius на базе веб-сервера GalaxyWeb. Докинг проводился в режимах Binding compatability prediction и Re-ranking using docking. Прогнозируемые протеиновые мишени указаны с помощью ID-идентификаторов в Protein Data Bank (PDB).

Таблица 1. Результаты прогнозирования протеин-лигандного взаимодействия.

Структура	PDB ID	Predock score	Docking score	Score
 <b>4a</b>	3FLY	0.214	-23.903	0.394
	3WZE	0.185	-23.442	0.361
 <b>4b</b>	2OFV	0.186	-25.471	0.377
	3GFE	0.201	-24.200	0.382

Как можно заметить, для соединения **4a** наиболее выражено сродство к ингибиторам киназы (3FLY) и мультикиназы (3WZE), а для соединения **4b** - ингибиторам лимфоцит-специфической киназы Lck (2OFV) и митоген-активируемой киназы (3GFE).

#### Список литературы

1. Metwally N.H., Mohamed M.S., Ragab E.A. // Bioorganic Chemistry. 2019. Vol. 88. Art. № 102929.
2. Taylor E.C., Hartke K.S. // J. Amer. Chem. Soc. 1959. Vol. 81. N 10. P. 2452.
3. Доценко В.В., Кривоколыско С.Г., Семенова А.М. // ХГС. 2018. Т. 54. №. 11. С. 989.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского Научного Фонда в рамках научного проекта РНФ № 22-23-00458 «Реакции гетероциклизации на основе дитиомалондианилида».*

## МЕМБРАННАЯ ЭКСТРАКЦИЯ ИОНОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ЛИПОФИЛЬНЫМИ ФОСФОРИЛИРОВАННЫМИ БЕТАИНАМИ

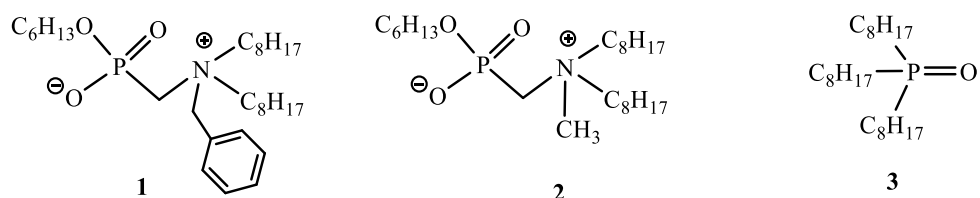
*Султанова Д.Р., Давлетишина Н.В.*

*КФУ, Химический институт им. А.М. Бутлерова, Казань*

*diana.sultanova.02@yandex.ru*

В связи с ежегодным увеличением спроса на редкоземельные металлы (РЗМ), возникает необходимость поиска новых методов и технологий, позволяющих осуществлять концентрирование РЗМ из минералов, а также промышленных сточных вод различных производств [1].

В настоящей работе исследована мембранная экстракция РЗМ фосфорорганическими экстрагентами – фосфорилированными бетаинами **1** и **2**, а также промышленным экстрагентом – триоктилфосфиноксидом **3** по механизму активного транспорта.



Полученные данные – величины проницаемости  $P_M$  по выбранному металлу – приведены в таблице 1

Таблица 1. Проницаемость  $P_M$  для ионов редкоземельных металлов,  $C = 0.1\text{M}$

	$P \cdot 10^6 \text{ м/с}$							
	La	Ce	Pr	Eu	Gd	Dy	Ho	Er
<b>1</b>	10.5	7.6	7.0	9.6	8.0	9.2	5.2	9.2
<b>2</b>	6.0	7.2	8.7	7.5	7.7	8.3	3.9	6.3
<b>3</b>	3.0	2.8	3.3	4.1	4.3	4.0	4.3	2.8

Согласно полученным данным, исследованные бетаины **1** и **2** в два и более раз эффективно транспортируют ионы РЗМ через мембрану по сравнению с промышленным экстрагентом **3**. При этом замена заместителя у атома азота слабо влияет на эффективность транспорта металлов.

### Список литературы

1. Balaram V. // Geosci. Front. 2019. Vol. 10. N 4. P. 1285.

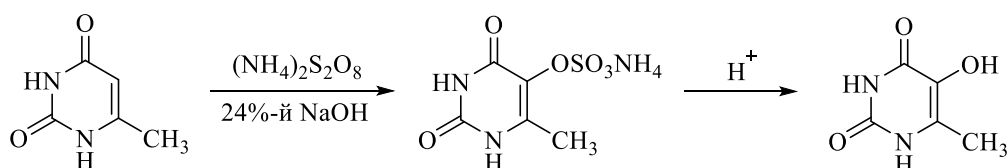
*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-23-00335, <https://rscf.ru/project/22-23-00335/>.*



## КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ 6-МЕТИЛУРАЦИЛА

*Хазимуллина Ю.З., Гимадиева А.Р.**Уфимский институт химии УФИЦ РАН, Уфа**yulialion91@mail.ru*

Как известно, пиримидиновые основания являются неотъемлемой частью ДНК и РНК организмов, в связи с чем производные данного класса соединений используются в качестве действующего вещества многих лекарственных препаратов. Так, например, на основе урацила в связи с его широким спектром фармакологической активности имеется целый ряд лекарственных препаратов: фторурацил (противоопухолевая активность), зидовудин (антивирусная активность), 6-метилурацил (иммуномодулирующее действие) и т.д. Одним из соединений с доказанной противовоспалительной, иммуностропной активностью является 5-гидрокси-6-метилурацил, зарегистрированный в качестве лекарственного препарата Иммурег [2]. Одним из успешно применимых способов гидроксирования гетероциклических соединений является реакция Эльбса:



Однако по классической реакции персульфатного окисления выход целевого продукта не превышает 15%, в связи с чем проведена модификация реакции Эльбса – использованы катализаторы (фталоцианины различных металлов), которые существенно изменили картину, повысив выход промежуточного продукта (далее ПП) 5-аммонийсульфат-6-метилурацила до 85-88%, вторая стадия кислотного гидролиза протекает количественно, образуя 5-гидрокси-6-метилурацил (далее ОМУ) с рекордно высокими выходами [2, 3].

Таблица 1. Зависимость выхода ПП от вида и количества катализатора (0,01% вес) (мольное соотношение 6-метилурацил:NaOH:персульфат аммония = 1:4.1:1.5)

№ п/п	Катализатор	Выход ПП, %	Выход ОМУ, %
1	Фц Со	87	83
2	Фц Fe(II)	89	85
3	Фц Fe(III)	82	79
4	Фц Ni	71	67
5	Фц Mn	72	67
6	Фц Zn	69	61

## Список литературы

1. Разрешение Фармакологического государственного комитета на медицинское применение от 11.11.1993 г, рег. № 96/302/2; 96/302/12.
2. Патент РФ № 2700687 (опубл. 2019 г.). Способ получения 5-гидрокси-6-метилурацила.
3. Патент РФ № 2700422 (опубл. 2019 г.). Каталитический способ получения 6-метил-5-аммонийсульфата.

## СИНТЕЗ *аза*-АДДУКТОВ НА ОСНОВЕ БЕНЗИЛИДЕН-3-МЕТИЛ-4-НИТРО-3-ТИОЛЕН-1,1-ДИОКСИДОВ

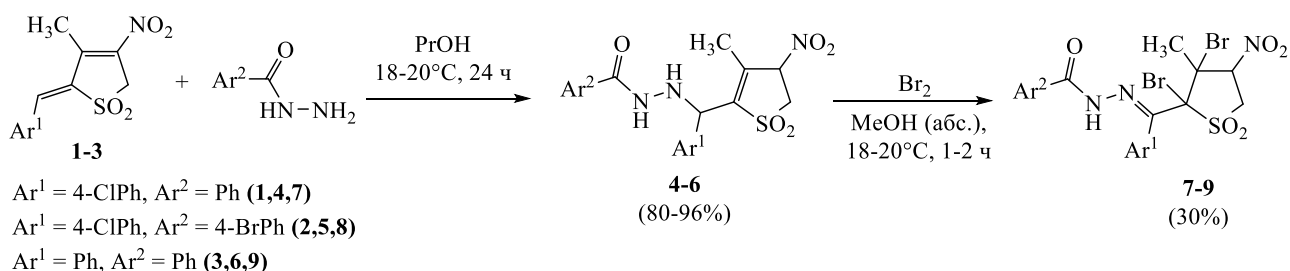
Цаплинская М.В., Лебедева Д.В., Озерова О.Ю.

РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург

kohrgpu@yandex.ru

Широкий диапазон химических свойств функционально замещенных сульфолонов открывает возможность конструирования разнообразных линейных и циклических соединений, среди которых найдены эффективные прекурсоры аналогов природных соединений [1]. Удобными субстратами для построения такого типа структур явились нитросульфодиены ряда тиолен-1,1-диоксида – 2-бензилиден-3-метил-4-нитро-3-тиолен-1,1-диоксиды **1-3** [2].

Нами осуществлен синтез оригинальных *аза*-аддуктов **4-6** в виде смеси диастереомеров с выходом до 96% на основе взаимодействия бензилиденнитротиолендиоксидов **1-3** с гидразидами ароматических кислот (пропанол, 18-20°C, 24ч), протекающего по схеме 1,4-присоединения по диеновой системе.



С целью дополнительной функционализации полученных соединений исследовано действие брома на аддукты **4-6**. Реакция осуществлялась в мягких условиях (MeOH, 18°C, 2ч), при этом происходило окисление фрагмента СН–NH и бромирование этенового фрагмента, что привело к синтезу замещенных 2-бром-2-(1'-фенилгидразино-1'-фенил)метил-3-бром-3-метил-4-нитро-2-тиолен-1,1-диоксидов **7-9** с выходом до 30%.

Структура соединений **1-9** принята на основании спектральных данных ЯМР <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C с использованием гетероядерных экспериментов НМРС, НМВС.

### Список литературы

1. Terao J., Mukai R. // Arch. Biochem. Biophys. 2014. Vol. 559. P. 12.
2. Ефремова И.Е., Лапшина Л.В., Байчурин Р.И., Серебрянникова А.В., Савельев И.И. // ЖОХ. 2020. Т. 90. № 8. С. 1153.

## РЕАКЦИИ 4-АРИЛ(ПИРИДИЛ)-2-ПИРРОЛИДОН-3-КАРБОГИДРАЗИДОВ С ИЗАТИНОМ

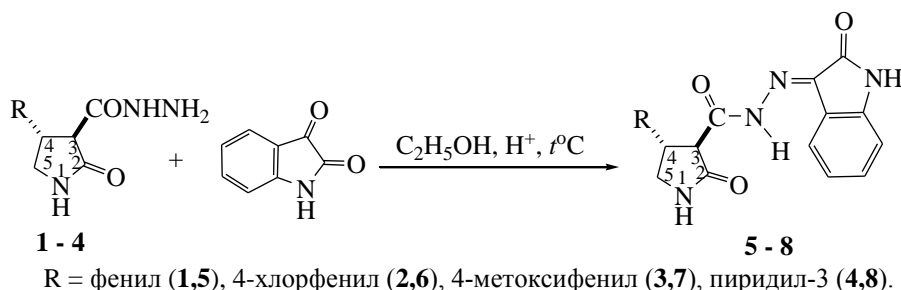
Цыренщикова А.А., Остроглядов Е.С., Васильева О.С.

РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург

kohrgpu@yandex.ru

Азотсодержащие гетероциклы 2-пирролидон и изатин являются структурными блоками многих природных и синтетических биологически активных веществ. Так, 2-пирролидон, как базовый фармакофорный фрагмент входит в состав ряда ноотропных лекарственных препаратов (пирацетам, фенотропил и др.) [1,2]. Действующие вещества лекарственных препаратов, обладающих противовирусной активностью (метисазон) и слабительным действием (изафенин), являются производными изатина [1].

Одним из удобных методов получения новых потенциально биологически активных субстанций, молекулы которых содержат лактамный и изатиновый циклы одновременно, могут быть реакции пирролидонкарбогидразидов с изатином. В связи с этим, нами изучено взаимодействие 4-арил(пиридил)-2-пирролидон-3-карбогидразидов (**1-4**) с изатином. Найдены оптимальные условия их проведения: эквимольное соотношение реагентов в этаноле в присутствии каталитических количеств ледяной уксусной кислоты и кипячении реакционной массы в течение 4 часов.



Целевые ( $3R^*$ ,  $4S^*$ )- $N'$ -[(1*E*)-2-оксоиндолин-3-илиден]-2-пирролидон-3-карбогидразиды (**5-8**) получены с высокими выходами (78 - 90 %). Это ярко окрашенные кристаллические вещества с чёткими температурами плавления. Их строение подтверждено данными физико-химических методов (ИК, ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}\{^1\text{H}\}$ ,  $^1\text{H}-^{13}\text{C}$  НМРС,  $^1\text{H}-^{13}\text{C}$  НМВС). Установлено, что в растворе ДМСО- $d_6$  соединения (**5-8**) существуют в виде *Z*-конформеров [относительно связи C(O)-NH]. Протоны при  $\text{C}^3$  и  $\text{C}^4$  атомах лактама в молекулах соединений (**5-8**) имеют *транс*-расположение относительно плоскости лактамного цикла и ( $3R^*$ ,  $4S^*$ )-конфигурацию хиральных центров молекул.

### Список литературы

1. Машковский М. Д. Лекарственные средства. 16-е изд. М: Новая Волна: 2021. 1216 с.
2. Берестовицкая В.М., Тюренков И.Н., Васильева О.С., Перфилова В.Н., Остроглядов Е.С., Багметова В.В. Рацетамы: методы синтеза и биологическая активность. Монография. СПб.: Астерион, 2016. 287 с.

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДЕРИВАТИЗАЦИИ ЭСТРАДИОЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЭЖХ–МС

Черномыз М.С.

*СПбГТИ(ТУ), Санкт-Петербург*

*chernomiz.1999@gmail.com*

Известно, что определение уровня эстрогена у женщин позволяет диагностировать бесплодие и другие гормональные заболевания. Анализ на эстрадиолы позволяет вовремя выявить дисфункции в организме женщины и предотвратить серьезные проблемы в дальнейшем.

Так, низкие значения эстрадиола у женщин могут свидетельствовать о синдроме Шерешевского–Тернера, хроническом воспалительном процессе в органах малого таза, недостаточности лютеиновой фазы.

С другой стороны, высокие значения эстрадиола могут указывать на эстрогенсекретирующей опухоли, образование кисты в яичниках, циррозе печени [1].

На сегодняшний день наиболее распространенным и чувствительным методом количественного анализа является высокоэффективная жидкостная хроматография с масс–спектрометрией (ВЭЖХ–МС).

Однако основным лимитирующим фактором применения ВЭЖХ–МС анализа для определения стероидных гормонов является низкая степень их ионизации. Для решения этой проблемы приоритетным направлением является дериватизация стероидных гормонов, которая позволяет увеличить их ионизацию за счет включения в структуру гормона легко ионизируемого фрагмента.

В ходе работы был рассмотрен ряд дериватирующих реагентов, которые способны реагировать с гидроксильной группой в молекуле эстрадиола. Реакция дериватизации по гидроксильной группе проходит с хлорид и изоцианат производными. В результате полученных данных было выяснено, что из рассмотренных реагентов с большим выходом продукта, реакция дериватизации идет с 6–(трифторметил)пиридин–3–сульфонилхлоридом, 3,5–динитробензоилхлоридом, п–толуолсульфонилизотиоцианатом.

Таким образом, проводилась дериватизация эстрадиола, в структуре которого присутствуют гидроксильные фрагменты. Основная задача заключалась в подборе дериватирующих реагентов, способных реагировать с эстрадиолом с хорошим выходом продукта. В дальнейшем результаты исследований будут использованы в анализе биологических проб.

### Список литературы

1. Stanczyk F.Z., Clarke N.J. // J. Clin. Endocrinol. Metab. 2014. Vol. 99. N 1. P. 56.

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОРБЕНТОВ ПРИ СЕЛЕКТИВНОМ ОКИСЛЕНИИ МЕТИЛЕНОВОЙ ГРУППЫ 4-ЭТИЛ-3-МЕТИЛЦИННОЛИНА

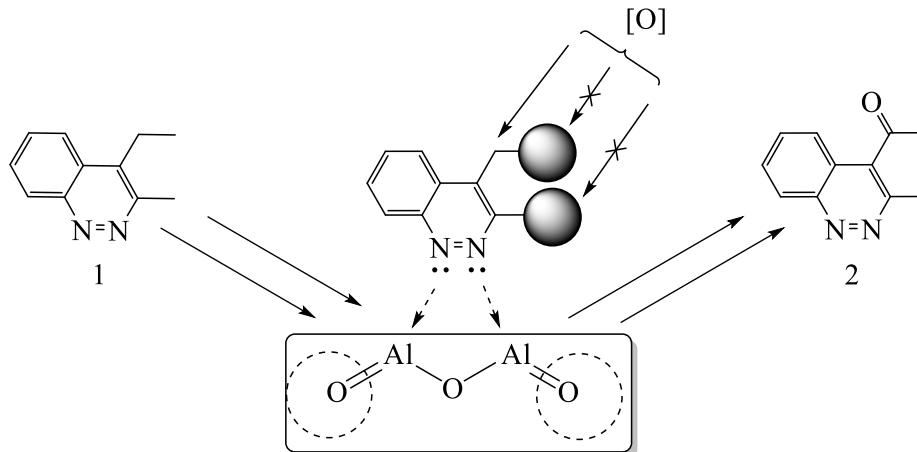
Чикунов С.Ю., Балакина Е.А., Кулаков И.В.

ТюмГУ, Тюмень

*s.y.chikunov@utmn.ru*

К настоящему времени постоянно возрастающая вирусная и бактериальная нагрузка на общество усиливает острую необходимость в поиске новых эффективных лекарственных препаратов для лечения многих социально-значимых заболеваний. Циннолиновое ядро в этом плане привлекает всё больше внимания за счёт широкого спектра активности производных циннолина [0].

С целью получения новых функциональных производных циннолина, например, ацетилпроизводных, которые представляют интерес в плане дальнейшей химической модификации, нами был разработан метод селективного окисления метиленовой группы лабораторно доступного 4-этил-3-метилциннолина **1** [0]. Полученный 3-метил-4-ацетилциннолин **2** может представлять собой весьма перспективный строительный блок при создании новых биологически активных соединений.



С целью получения целевого 3-метил-4-ацетилциннолина **2** нами были опробованы различные методы окисления метиленовой группы с применением таких окислителей как  $\text{CrO}_3$ ,  $\text{SeO}_2$  (или  $\text{H}_2\text{SeO}_3$ ),  $\text{MnO}_2$  (акт.),  $\text{NHPI/CoAc}_2/\text{O}_2$ . Однако, данные окислительные системы показали весьма низкую степень конверсии субстрата в целевой кетон **2**. Кроме того, было установлено протекание нежелательных для нас побочных реакций окисления, в основном, 3-метильной группы.

Нами было выдвинуто предположение, что возможное применение в реакции окисления неорганической подложки, может увеличить необходимую селективность окисления именно метиленовой группы. Применение в

органических реакциях гетерогенных катализаторов или подложек активно развивается [0].

Основная идея заключалась в том, что неподеленные пары электронов атомов азота молекулы циннолина за счет возможных донорно-акцепторных взаимодействий сорентируются на поверхности подложки таким образом, что создадут стерическое препятствие (заблокируют) от возможной атаки молекулой окислителя 3-метильную группу. И более свободная этильная группа будет основной мишенью для молекулы окислителя.

В ходе оптимизации условий окисления нами были опробованы 24 различных комбинаций растворитель\подложка\окислитель (рис. 1).

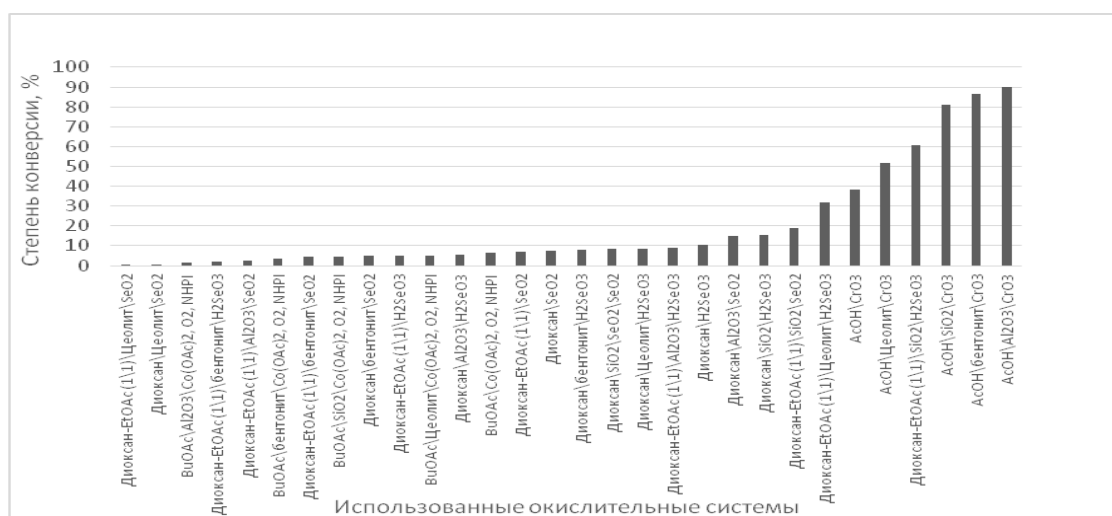


Рис. 1. Степень конверсии (%) и применяемые окислительные системы с неорганическими подложками

В качестве контрольной группы сравнения выступали 6 комбинаций растворитель\окислитель в отсутствии подложки. Степень конверсии реакции определялась методом нормализации по результатам анализа ГХ-МС. Наилучшие результаты были получены при использовании  $\text{CrO}_3$  в уксусной кислоте на подложке из оксида алюминия, бентоните и силикагеле. Строение полученного 3-метил-4-ацетилциннолина **2** было подтверждено методами масс-спектрометрии, ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$ -спектроскопии.

Таким образом, нами удалось не только достичь высокой селективности в реакции окисления, но и достаточной степени конверсии (около 90%) и выделить целевой кетон **2** с хорошим выходом (80 %).

### Список литературы

1. Szumilak M., Stanczak A. // *Molecules*. 2019. Vol. 24. N 12. Art № 2271.
2. Xia H.-D., Zhang Y.-D., Wang Y.-H., Zhang, C. // *Org. Lett.* 2018. Vol. 20. N 13. P. 4052.
3. Nagendrappa G., Chowreddy R.R. // *Catalysis Surveys from Asia*. 2021. Vol. 25. N 3. P. 231.

*Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (№ 22-23-01015, <https://rscf.ru/project/22-23-01015/>)*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСКРЕЦИИ ЛАКТАТА КОЖЕЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЖКИ

*Шадрина З.М., Мухина Е.С.*

*ХГУ им. Н.Ф. Катанова, Абакан*

*elenadocent@mail.ru*

В настоящее время в научной литературе открытым остается вопрос о возможности и границах использования биохимических показателей другого биологического материала (кроме традиционного – крови и мочи), для проведения мониторинга состояния, а также оценки влияния физической нагрузки на организм человека. В связи с этим, целью нашей работы явилось исследование влияния физических нагрузок на количественное содержание молочной кислоты в выделениях кожи.

В ходе исследования нами проанализирована динамика изменений концентрации субстратного компонента анаэробно-гликолитического механизма энергообразования – лактата. В проведении эксперимента приняли участия 20 практически здоровых студента-добровольца направления подготовки «Физическая культура» Институту естественных наук и математики в возрасте от 19 до 22 лет, уровень их подготовленности оценивался как «средний». Забор материала проводился до и после физической нагрузки, выполняемой студентами в течение полуторачасового стандартного занятия физической культуры (занятие по расписанию).

Для сбора биоматериала использовали полоски хроматографической бумаги (размер полосок  $1 \times 6 \text{ см}^2$ ), предварительно смоченные дистиллированной водой. Для количественного определения лактата в кожном экскрете, собранном с наружной поверхности кистей рук, был применен колориметрический метод, основанный на способности молочной кислоты образовывать окрашенные комплексы с солями железа (III) и, в частности, с сульфатом железа (III) [1]. Найденное нами среднее содержание лактата на  $1 \text{ см}^2$  поверхности кожи при экстракции молочной кислоты дистиллированной водой до физических нагрузок составило  $64 \pm 0,09 \text{ мкг/см}^2$ , а после –  $104 \pm 0,2 \text{ мкг/см}^2$ . Таким образом, согласно экспериментальным данным после физических нагрузок у студентов данный показатель повышается в 1,6 раза по сравнению с уровнем до физических нагрузок. Данные показатели находятся в пределах физиологической нормы ( $p < 0,05$ ).

Результаты проведенного нами исследования могут быть использованы для оценки соответствия физической нагрузки состоянию организма и уровню его подготовленности – тренированности студентов, а также позволяют уже на ранней стадии диагностировать признаки переутомления и вносить коррективы в учебный (тренировочный) процесс.

### Список литературы

1. В.А. Храмов, Г.А. Савин // Гигиена и санитария. 1995. №4. С.52.

## АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ АЛКИЛФЕНОЛОВ В РЕАКЦИИ АВТООКСИЛЕНИЯ МЕТИЛОЛЕАТА

Шилко Е.К., Васильева Е.Ю., Олейник А.С., Хомченко А.С.

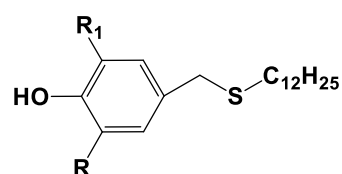
ФГБОУ ВО «НГПУ», Новосибирск

cat.shilko2016@yandex.ru

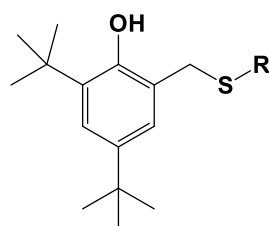
Неизменный интерес современной науки к антиоксидантам (АО) обусловлен, прежде всего, их практическим значением. В течение многих лет АО используются для продления срока службы и улучшения эксплуатационных свойств полимерных и горюче-смазочных материалов, предотвращения окислительной порчи пищевых продуктов, жирорастворимых витаминов, кормов и косметических средств, в качестве профилактических и лекарственных препаратов в терапии заболеваний, сопряженных с развитием окислительного стресса.

На сегодняшний день одним из приоритетных направлений в создании эффективной защиты органических соединений от окислительной деструкции является применение антиоксидантов, которые наряду с фенольной группой содержат фрагмент, инактивирующий гидропероксиды [1]. Ранее в лабораториях кафедры химии НГПУ на основе коммерчески доступных алкилфенолов были получены различные ряды полифункциональных фенольных антиоксидантов, содержащие наряду с антирадикальными фрагментами азот-, фосфор-, серу-, селенсодержащие группы.

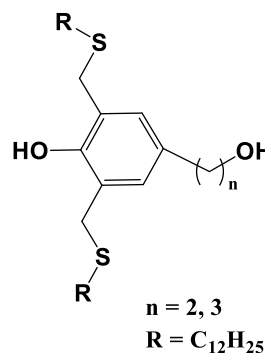
В рамках настоящего исследования проведено сравнительное изучение ингибирующего действия ряда полифункциональных серосодержащих антиоксидантов, различающихся по антирадикальной активности. В качестве реперных антиоксидантов использовали ионол, триметилфенол и бутоксианизол.



$R = R^1 = \text{Me, Et, } t\text{-Bu, } i\text{-Pr, } \textit{cyclo-C}_6\text{H}_{11}$



$R = \text{C}_8\text{H}_{18}, \text{C}_{18}\text{H}_{37}, \text{C}_{12}\text{H}_{25}, \text{EtOH}$



$n = 2, 3$   
 $R = \text{C}_{12}\text{H}_{25}$



Способность соединений ингибировать окисление липидных субстратов изучали в модельной реакции автоокисления метилолеата при 60 °С. За глубиной реакции следили по накоплению диеновых конъюгатов в пробе (УФ, 232 нм). За период индукции принимали время достижения оптической плотности 0.75, что соответствует перекисному числу 0.1 ммоль/г.

Показано, что соединения, содержащие в орто-положении серосодержащий фрагмент существенно уступали по эффективности пара-тиаметилзамещенным фенолам и по своему ингибирующему действию были близки к триметилфенолу. Изменение алкильного радикала, связанного с бивалентным атомом серы, не оказывало влияние на эффективность соединений в данной модельной реакции.

Наиболее эффективными оказались додецилтиометилпроизводные фенолов, содержащие в *орто*-положении метильные, этильные и метил-изопропильные радикалы.

Полученные результаты представляют интерес для дальнейшего изучения соединений в отношении других липидных субстратов.

#### Список литературы

1. Карпущина Г.В., Эмануэль Н.М. // Докл. АН СССР. 1984. Т. 276. № 5. С. 1163.

## СИНТЕЗ И СВОЙСТВА 3-(5-ФЕНИЛ-2H-ТЕТРАЗОЛ-2-ИЛ)ПИРИДИНА

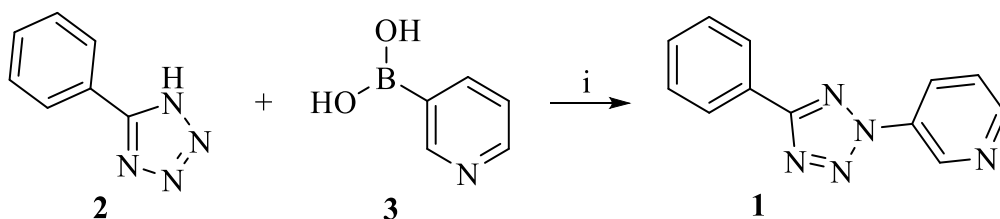
*Шманёва Н.Т., Ершов И.С., Чернов И.С., Скрыльникова М.А., Островский В.А.*

*СПбГТИ(ТУ), Санкт-Петербург*

*haper\_7@mail.ru*

Сведения о «гибридных» гетероциклических системах, в которых тетразолильный и «другой» гетероциклические фрагменты связаны простой ковалентной связью, практически отсутствуют. В то же время именно для таких «гибридных» гетероциклических систем по данным компьютерного прогноза следует ожидать проявление многоцелевой биологической активности.

Как правило, синтез подобных соединений прямым гетарилрованием 5R-тетразолов гетарилгалогенидами затруднен из-за низкой подвижности галогена, деструкции тетразольного цикла и низкой региоселективности процесса [1]. Мы предположили, что альтернативой прямому гетарилрованию может быть кросс-сочетание 5R-тетразолов с гетарилбороновыми кислотами по Чану-Эвансу-Ламу [2]. В результате Cu-катализируемого кросс-сочетания 5-фенил-1H-тетразола **2** с пиридин-3-илбороновой кислотой **3** в ДМСО, нами получен 3-(5-фенил-2H-тетразол-2-ил)пиридин **1** с выходом 87% (схема 1).



i: Cu<sub>2</sub>O (5 mol.%), O<sub>2</sub> (1 atm.), DMSO (dry), 100 °C, 4 Å MS, 15h, 87%

**Схема 1.** Синтез 3-(5-фенил-2H-тетразол-2-ил)пиридина **1**

Строение и индивидуальность соединения **1** подтверждали данными спектроскопии <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C ЯМР, ИК-спектроскопии, УФ-спектроскопии, масс-спектрометрии высокого разрешения, ТСХ. Молекулярную структуру изучали экспериментально с помощью рентгеноструктурного анализа и теоретически с помощью неэмпирического квантово-химического метода.

### Список литературы

1. Ostrovskii V.A., Popova E.A., Trifonov R.E. Tetrazoles // Compr. Heterocycl. Chem. IV / Ed: Black D., Cossy J., Stevens C. Elsevier: Oxford, UK, 2022. Vol. 6. P. 182.
2. Abedinifar F., Mahdavi M., Rezaei E.B., Asadi M., Larijani B. // Curr. Org. Synth. 2022. Vol. 19. N 1. P.16.

## СПОСОБЫ СОЧЕТАНИЯ МАКРОРАДИКАЛОВ В ПРИСУТСТВИИ СПИНОВЫХ ЛОВУШЕК С ПОМОЩЬЮ ОДНОЭЛЕКТРОННОГО ПЕРЕНОСА

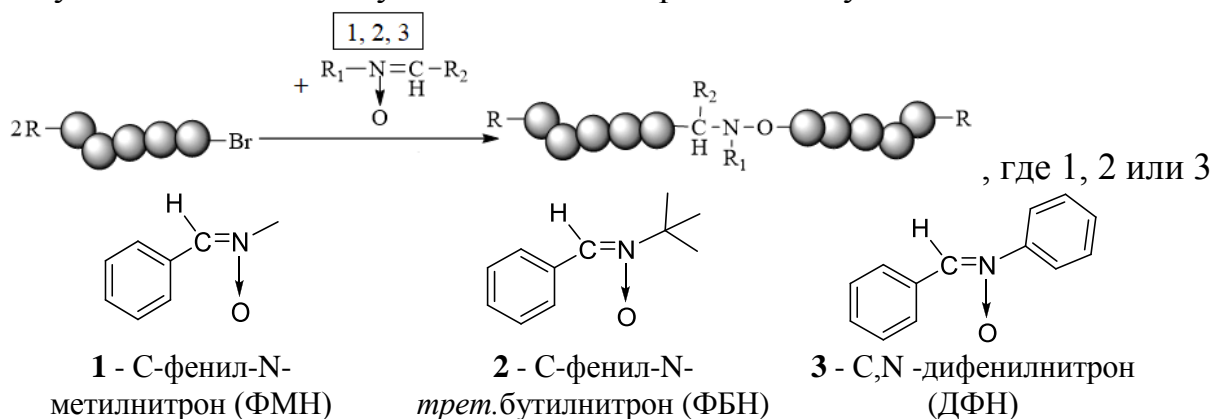
Шошнова Ф.Х., Колякина Е.В., Гришин Д.Ф.

ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород

fatimahs@mail.ru

Внимание к изучению процессов контролируемой радикальной полимеризации (КРП) связано с потенциалом получения уникальных полимерных соединений с четко заданной молекулярной массой и предсказуемого строения, которые не удастся синтезировать в рамках свободной радикальной полимеризации. В последние годы на основе продуктов процессов КРП в присутствии Cu(I) реализуют полимераналогичные превращения [1, 2]. В частности, известны процессы с участием спиновых ловушек, которые можно эффективно интегрировать в технологии Activator (Re)Generation by Electron Transfer (A(R)GET), с целью получения высокомолекулярных полимеров, содержащих активный нитроксильный фрагмент внутри цепи для дальнейших модификаций.

На основе бром-концевого полистирола (ПС), полученного по технологии с переносом атома нами получены полимеры с удвоенной молекулярной массой (ММ) по отношению к исходному полимеру в методиках ARGET и AGET в присутствии 1, 2, 3. Структуру полученного полимера в зависимости от используемой спиновой ловушки можно изобразить следующей схемой:



В рамках ARGET были достигнуты высокие степени сочетания полистирольных звеньев в следующих соотношениях: [ПС-Br]:[CuBr]:[Cu]:[спиновая ловушка]=1:5:5:5. В данном случае используется Cu, требующая активации, а также нестабильный на воздухе CuBr. Установлено, что наиболее экологичной технологией ввиду снижения концентрации металлического катализатора, позволяющей получать полистирол с встроенным нитроксильным участком, все же является AGET. Так, соотношение CuBr<sub>2</sub> и восстановителя (изоаскорбата натрия (ИАН), аскорбиновой кислоты (АА) или глюкозы) выглядит следующим образом:

Секция 1 – Органическая, биологическая, фармацевтическая и медицинская химия

[полистирол-Br]:[CuBr<sub>2</sub>]:[восстановитель]:[спиновая ловушка]=1:1:1:5. Степень сочетания полистирола варьируется в интервале 0,5-0,7. Включение нитроксильного фрагмента в структуру полимерных образцов доказано в условиях термодеструкции при T=130°C в диметилсульфоксиде, а также в условиях ультрафиолетового излучения в тетрагидрофуране на воздухе.

#### Список литературы

1. Колякина Е.В., Шоипова Ф.Х., Алыева А.Б., Гришин Д.Ф. // Изв. АН. Сер. хим. 2021. № 9. С. 1736.
2. Колякина Е.В., Шоипова Ф.Х., Гришин Д.Ф. // ВМС. Сер. Б. 2022. Т. 64. № 4. С. 243.

## **СЕКЦИЯ 2**

### **НЕОРГАНИЧЕСКАЯ, КООРДИНАЦИОННАЯ, ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ И НАНОХИМИЯ**

## СТРОЕНИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСА ИТТЕРБИЯ С ГЛИЦИНОМ

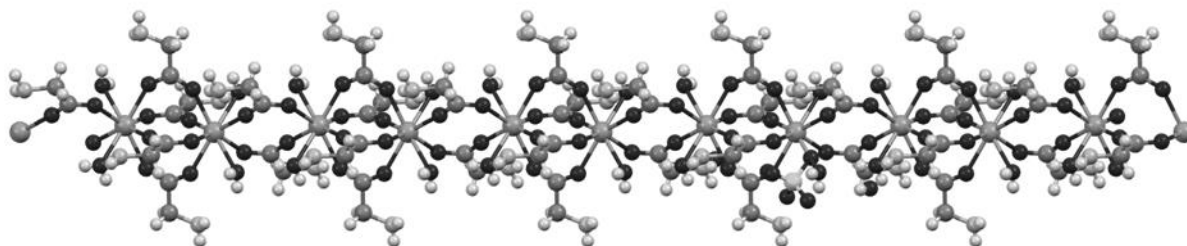
*Аль-Карави А.М., Князев А.В., Диаалдаин Х.М.*

*ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород*

*muvafak@bk.ru*

Устойчивый интерес к изучению процессов образования комплексов между аминокислотами и лантаноидами обусловлен широким использованием координационных соединений в различных областях медицинской терапии. Аминокислотные лиганды связывают ионы лантанидов, образуя димерные, полимерные или кластерные соединения. Синтез этих комплексов зависит от молярных соотношений реагентов и pH реакционных растворов. До сих пор были охарактеризованы комплексы лантанидов и лантана, а также следующих аминокислот: Ala, Pro, Gly, Val, Glu, Ile, Leu, Phe, Tyr, Cys, Asp и His [1, 2].

Нами произведено физико-химическое исследование нового координационного комплекса иттербия с глицином  $[\text{Yb}(\text{Gly})_3(\text{H}_2\text{O})_2](\text{ClO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , впервые синтезированного нашей группой. Рентгеноструктурный анализ соединения  $[\text{Yb}(\text{Gly})_3(\text{H}_2\text{O})_2](\text{ClO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , полученного в моноклинной системе ( $a \neq b \neq c$ ,  $\alpha = \gamma = 90^\circ$ ,  $\beta \neq 90^\circ$ ) при температуре 293 К и кристаллизованного в пространственной группе  $C 2/c$ , показал, что в структуре имеется шесть мостиков между двумя соседними атомами иттербия (Yb), а каждый атом лантанида имеет координационное число равное 8. Шесть мостиков состоят из двух атомов кислорода (O) и одного атома углерода (C) в порядке (-O-C-O-), образованных из карбоциклической группы глицина (рисунок 1). В структуре содержится две внутрисферные молекулы воды и одна молекула во внешней сфере кристалла. Определены параметры элементарной ячейки комплекса:  $a = 20.49 \text{ \AA}$ ,  $b = 9.25 \text{ \AA}$ ,  $c = 24.03 \text{ \AA}$ ,  $V = 4477 \text{ \AA}^3$ .



**Рисунок 1.** Структура упаковки  $[\text{Yb}(\text{Gly})_3(\text{H}_2\text{O})_2](\text{ClO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (кроме перхлорат-анионов и молекул воды, не участвующих в образовании внутренней координационной сферы).

### Список литературы

1. Kremera C., Torresa J., Dominguez S., Mederos A. // *Coor. Chem. Rev.* 2005. Vol. 249. N 5-6. P. 567.
2. Knyazev A.V., Alahmad A.K., Somov N.V., Knyazeva S.S., Markin A.V. // *J. Chem. Crystall.* 2021. Vol. 51. N 4. P. 491.

## ТЕРМОДИНАМИКА ДЕНДРИМЕРОВ СО СТРУКТУРОЙ «КАРБОСИЛАНОВОЕ ЯДРО / ФЕНИЛЕНОВАЯ ОБОЛОЧКА»

*Андропова М.С., Грачева А.С., Сармини Ю.А., Солозубов С.С., Маркин А.В.*

*ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород*

*mariandronova01@mail.ru*

Дендримеры – это наноразмерные макромолекулы, обладающие монодисперсностью и сверхразветвленной архитектурой [1]. Благодаря высокой функциональности и уникальным физико-химическим свойствам в настоящее время открываются неограниченные возможности для проведения фундаментальных исследований дендримеров и их дальнейшего внедрения в различные области практического применения.

Высокая упорядоченность, сферическая форма и строго определенные размеры макромолекул дендримеров обуславливают перспективы их широкого применения в катализе в качестве термически устойчивых носителей, что открывает новые способы управления механизмами химических реакций [2]. Особого внимания заслуживают биомедицинские исследования дендримеров, результаты которых приближены к внедрению. За счет хорошей растворимости и биологической активности они могут использоваться в роли молекулярных контейнеров, обеспечивая целевую доставку лекарственных препаратов в организм, а также в качестве контрастных МРТ-агентов, улучшающих видимость внутренних органов и тканей [3].

Новым направлением полимерной химии является синтез и исследование свойств гибридных дендримеров, состоящих из двух дендритных блоков различной природы. На рис. 1 приведены молекулярные структуры объектов исследования – дендримеров первой и второй генераций со структурой «карбосилановое ядро / фениленовая оболочка».

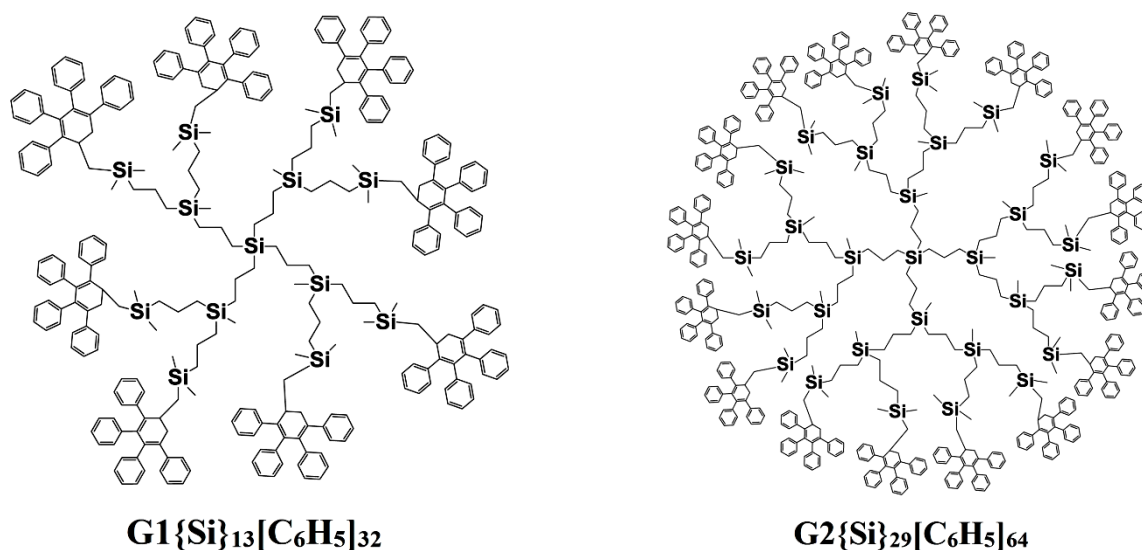


Рис. 1. Молекулярные структуры гибридных дендримеров первой и второй генераций со структурой «карбосилановое ядро / фениленовая оболочка»

В данной работе экспериментально определены температурные зависимости теплоемкостей гибридных дендримеров со структурой «карбосилановое ядро / фениленовая оболочка» в интервале 6–350 К (рис. 2) с использованием прецизионной адиабатической вакуумной калориметрии.

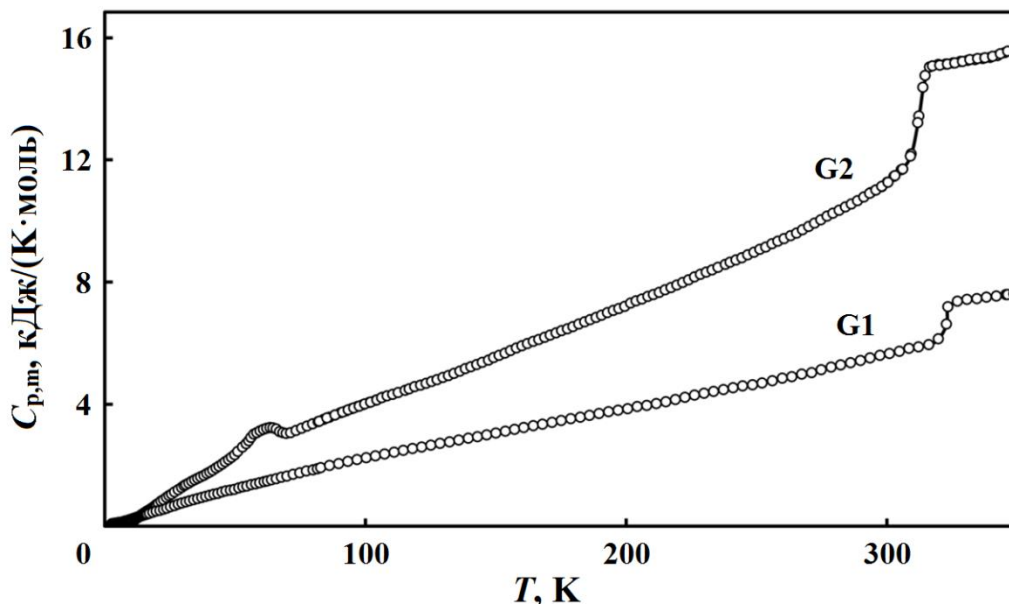


Рис. 2. Теплоемкости гибридных дендримеров первой и второй генераций со структурой «карбосилановое ядро / фениленовая оболочка»

На кривых теплоемкостей исследованных дендримеров выявлено расстеклование; температуры стеклования составили 323 К (G1) и 312 К (G2). В случае дендримера второй генерации обнаружен структурный эффект в интервале 40–80 К, который обусловлен колебаниями подвижных метильных и метиленовых фрагментов, содержащихся во внутренней сфере дендримера. Проведен сравнительный анализ термодинамических свойств гибридных дендримеров и ранее изученных кремнийорганических дендримеров G1 и G2. Установлено, что изменение химической природы молекулярного скелета и внешнего слоя дендримеров позволяет регулировать их температуру расстеклования, которая определяет эксплуатационные свойства полимерных материалов.

#### Список литературы

1. Newkome G.R., Moorefield C.N., Vögtle F. Dendrimers and Dendrons: Concepts, Syntheses, Applications. Wiley-VCH: Weinheim, Germany, 2001. 635 p.
2. Gade L.H. Dendrimer Catalysis. Springer: Heidelberg, Germany, 2006. 202 p.
3. Astruc D., Boisselier E., Ornelas C. // Chem. Rev. 2010. Vol. 110. N 4. P. 1857.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов (СП-1369.2022.4).*



## НОВЫЕ КАРБОРАНОВЫЕ КЛАСТЕРЫ РУТЕНИЯ С PNP- И NNN-ЛИГАНДАМИ НА ОСНОВЕ БЕНЗИЛАМИНА

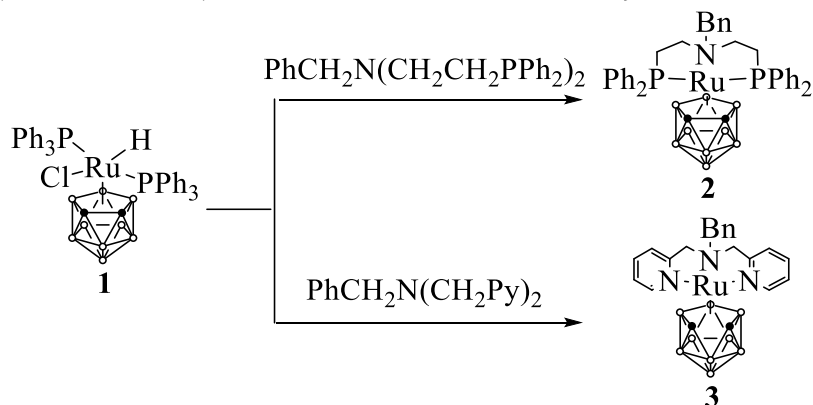
Башилова А.Д., Кальтенберг А.А.

ННГУ им. Лобачевского, Нижний Новгород

a.d.bashilova@mail.ru

Рутенакарбораны, являющиеся близкими аналогами циклопентадиенильных производных, представляют собой интересные соединения как с точки зрения их неклассического строения, так и в плане применения в катализе различных процессов. Особенностью металлакарборанов на основе  $C_2B_9$ -дикарболлидного лиганда является возможность существования в изомерных *клозо*- и *псевдоклозо*-формах, отличающихся межуглеродным расстоянием внутри карборановой корзины. Нами установлено, что природа тридентантного лиганда при атоме металла оказывает влияние на структуру карборанового фрагмента.

Взаимодействие бис-(2-(дифенилфосфино)этил)бензиламина (PNP) и бис-(2-метилпиридил)бензиламина (NNN) с известным *клозо*-рутенакарбораном 3-Н-3-Сl-3,3-(PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>-3,1,2-RuC<sub>2</sub>B<sub>9</sub>H<sub>11</sub> **1** в среде бензола при 60 °С приводит к образованию новых карборановых комплексов рутения 3,3,3-(бис-(2-(дифенилфосфино)этил)бензиламин)-*клозо*-3,1,2-RuC<sub>2</sub>B<sub>9</sub>H<sub>11</sub> **2** и 3,3,3-(бис-(2-метилпиридил)бензиламин)-*псевдоклозо*-3,1,2-RuC<sub>2</sub>B<sub>9</sub>H<sub>11</sub> **3** соответственно.



Полученные комплексы охарактеризованы методами ЯМР, ИК-спектроскопии, времяпролетной МАЛДИ. Оптимизация геометрии впервые полученного комплекса **2** методом квантово-химического моделирования сводится к *клозо*-конфигурации, в то же время комплекс **3** стабилен как в *клозо*-, так и в *псевдоклозо*-форме. Рентгеноструктурный анализ монокристаллов показал, что комплекс **2** имеет *клозо*-, а **3** – *псевдоклозо*-строение.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых-докторов наук (МД-1474.2022.1.3).

## ИССЛЕДОВАНИЕ АДсорбЦИИ ПАРОВ ВОДЫ ПОРИСТЫМИ АЛЮМОСИЛИКАТАМИ РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУРНЫХ ТИПОВ

*Беляева К.А.,<sup>1</sup> Аликина Ю.А.,<sup>2</sup> Василенко Н.М.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>СПбГТИ(ТУ), Санкт-Петербург

<sup>2</sup>ИХС РАН, Санкт-Петербург

*kbeliaeva031@gmail.com*

Синтетические пористые алюмосиликаты являются перспективными материалами для решения целого круга актуальных междисциплинарных задач, связанных с разработкой новых лекарственных препаратов, систем их доставки, новых катализаторов и сорбентов.

Целью данной работы является исследование адсорбции паров воды образцами синтетических пористых алюмосиликатов с различной пористостью и морфологией частиц.

В качестве объектов исследования были выбраны слоистые силикаты со структурой монтмориллонита и сапонита, а также силикаты подгруппы каолинитов (каолинитовые сферы, галлуазитовые нанотрубки). Все образцы были получены путем гидротермального синтеза в Институте химии силикатов им. И.В. Гребенщикова.

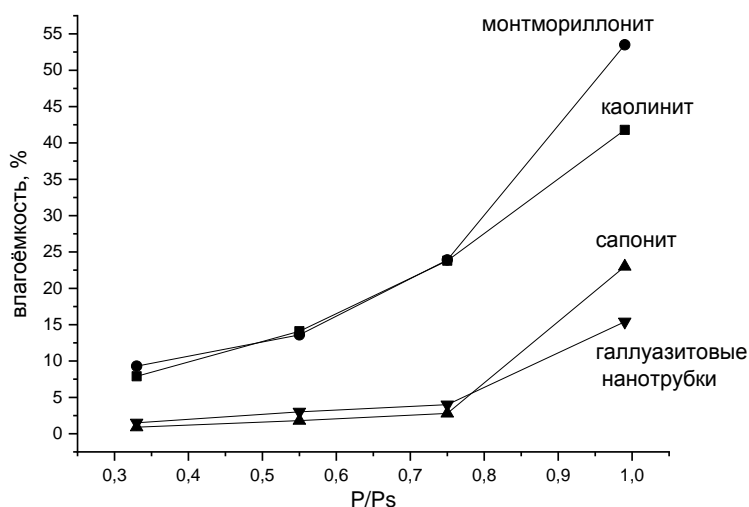


Рис. 1. Изотерма адсорбции паров воды на пористых алюмосиликатах различного состава

На рисунке 1 представлены результаты исследования адсорбции паров воды образцами синтетических алюмосиликатов различного состава. Представленные изотермы адсорбции паров воды косвенно характеризуют степень гидрофильности образцов различного состава. Как видно из рисунка наименьшей адсорбционной способностью по отношению к воде, а, следовательно, наименьшей гидрофильностью, характеризуются галлуазитовые нанотрубки – до 15,4 %. Самой лучшей адсорбционной способностью обладает монтмориллонит – до 53,5 %, что близко к влагопоглощению силикагеля.

## ПОЛИЯДЕРНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЛАНТАНОИДОВ С НИКЕЛЕМ И L-СЕРИНОМ

**Быкова С.К.**<sup>1</sup> **Семешкина Д.Д.**,<sup>2</sup> **Саварец А.Р.**,<sup>2</sup> **Долженко В.Д.**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва

<sup>2</sup>МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва

s.k.bykova@gmail.com

Полиядерные 3d-4f гетерометаллические комплексы лантаноидов с никелем и аминокислотами в качестве лигандов интересны как потенциальные молекулярные магнетики. Кроме того, такие комплексы открывают перспективы для создания простого, дешёвого и экологически безопасного метода группового разделения 4f-элементов благодаря тому, что комплексный катион  $[\text{LnNi}_6(\text{AA})_{12}]^{3+}$  (Ln – лантаноид, AA – аминокислота) имеет структурно-жесткий каркас с полостью фиксированного размера. В рамках данной работы синтезированы и изучены подобные комплексы с L-серином в качестве аминокислоты – лиганда. Для характеристики образцов использованы методы РСА, РФА, ИК, ICP-MS, ЭСП. Изученные комплексы  $[\text{LnNi}_6(\text{Ser})_{12}]^{3+}$  (Ln = La-Sm; Ser – серин) кристаллизуются при осаждении неорганическими анионами небольших размеров ( $\text{ClO}_4^-$ ,  $\text{PF}_6^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{BF}_4^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ) и, в отличие от аналогичных соединений с L-аланином [1], не образуют осадков с крупными РЗЭ-содержащими анионами. Для серина показана возможность группового разделения лантаноидов (рис. 1). С этой целью к метанольному раствору смеси  $\text{LnCl}_3$  (Ln = La-Tb) в эквимолярных количествах добавляли серинат никеля и затем LiCl в качестве осадителя, после чего определяли доли лантаноидов в осадке и в растворе методом ICP-MS.

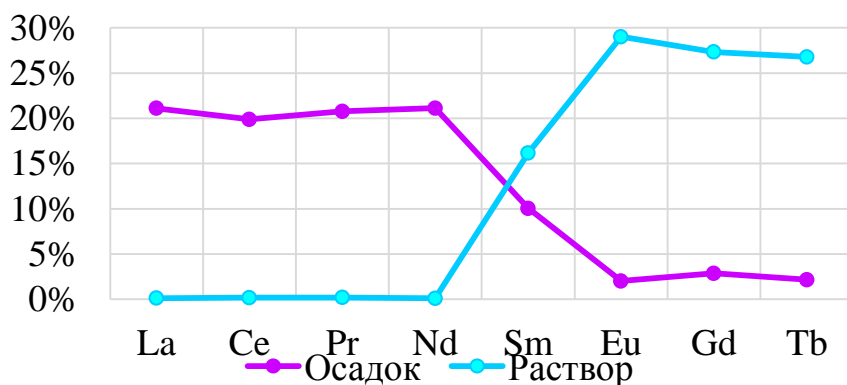


Рис. 1. Распределение РЗЭ между осадком и раствором в модельном эксперименте.

### Список литературы

1. Bezzubov S.I., Churakov A.V., Belousov Y.A., Bilyalova A.A., Lavrova M.A., Zharinova I.S., Kiselev Yu.M., Dolzhenko V.D. // Cryst. Growth & Design. 2017. Vol. 17. N 3. P. 1166.

## СИНТЕЗ И ЦВЕТОМЕТРИЯ МИНЕРАЛОПОДОБНЫХ ПИГМЕНТОВ

***Васильева А.А., Буланов Е.Н., Сыров Е.В.***

*ННГУ им.Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород*

*vasileva\_anastasia\_94@list.ru*

Синтезу и изучению свойств соединений со структурой апатита посвящено большое количество работ ученых разных стран, так как такие многофункциональные соединения находят применение в различных областях: от медицины [1] до катализа [2]. В 2001 году было открыто новое направление в изучении апатитов, как неорганических пигментов. Легирование ионами меди позволяет получать окрашенные гидроксипатиты, чьи атмосфероустойчивость и стабильность обусловила их применение в роли пигментов [3]. Главным фактором, определяющим применение того или иного соединения в роли пигмента, является низкая токсичность, начиная с этапа синтеза и заканчивая утилизацией. Как известно из литературы, апатиты нетоксичны, и при легировании некоторыми элементами даже могут обладать антибактериальными и фунгицидными свойствами. В связи с чем разработка и синтез новых окрашенных соединений со структурой апатита представляет фундаментальный и практический интерес.

В настоящей работе твердофазным методом был синтезирован ряд новых апатитоподобных соединений состава  $Sr_5(P_xV_yCr_zO_4)F$ , где  $x, y, z=0\div 1,0$  (всего 22 соединения) и  $Ca_{10}(P_xMn_yCr_zO_4)_6O$ , где  $x, y, z=0\div 1,0$  (всего 37 соединений). В случае  $Sr_5(P_xV_yCr_zO_4)F$  все соединения, за исключением  $z=0$ , были окрашены в оттенки зеленого. В системе  $Ca_{10}(P_xMn_yCr_zO_4)_6O$  цвет изменялся от синих оттенков до зеленых. Индивидуальность фаз полученных соединений контролировали на порошковом дифрактометре Shimadzu XRD 6000. Полученные продукты кристаллизовались в структурном типе апатита пр.гр.  $R6_3/m$ . Для всех синтезированных соединений были исследованы цветовые характеристики в цветовой системе  $CIE L^*a^*b^*$ . Цветовые координаты  $L^*, a^*, b^*$  определяли с помощью спектроколориметра Spectro-guide при геометрии освещения/наблюдения 45/0. Для  $Sr_5(P_xV_yCr_zO_4)F$ , где  $z=0$ , были рассчитаны индексы желтизны по ASTM E313. Синтезированные окрашенные апатитоподобные соединения в настоящей работе могут быть рекомендованы в качестве неорганических пигментов.

### Список литературы

1. Best S.M., Porter A.E., Thian E.S., Huang J. // J. Eur. Ceram. Soc. 2008. Vol. 28. N 7. P. 1319
2. Thrane J., Mentzel U.V., Thorhauge M., Hoj M., Jensen A.D. // Catal. Sci. Technol. 2021. Vol. 11. N 3. P. 970
3. Kazin P.E., Karpov A.S., Jansen M., Nuss J., Tretyakov Y.D. // Z. Anorg. Allg. Chem. 2003. Vol. 629. N 2. P. 344

## СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНАЯ СИСТЕМА ВАНАДИЯ (IV) В РЕАКЦИИ С ГЛЮКОЗО-6-ФОСФАТОМ (Г6Ф)

Горкуша Г.В.,<sup>1</sup> Литосов Г.Э.,<sup>1</sup> Рузанов Д.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>СПбГТИ(ТУ), Санкт-Петербург

<sup>2</sup>Институт высокомолекулярных соединений РАН, Санкт-Петербург

Grigorygor2014@yandex.ru

Металлополимерные системы за счет уникального сочетания свойств органических и неорганических компонентов, обеспечивающих им широкий спектр разнообразных свойств, являются интенсивно исследуемым объектом полимерной химии.

Координационные соединения ванадия(IV) и ванадия(V) являются подтвержденными инсулиномиметиками, используемыми при лечении сахарного диабета, а в ультрамалых концентрациях в целях кардиозащиты и иммуномодуляции. Согласно предложенной нами модельной реакции в организме комплексы ванадия за счет их окисления  $V^{IV} \rightarrow V^V$  прочно присоединяются к углеводам, блокируя их гликемическое действие.

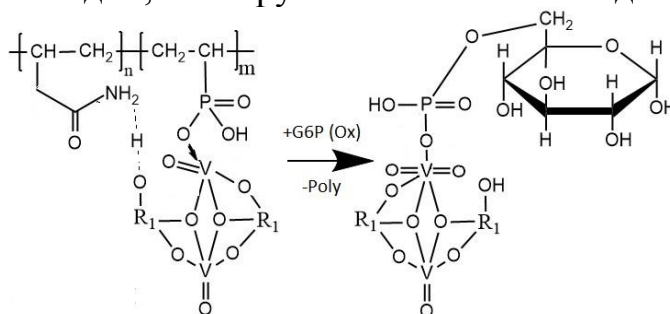


Рис. 1. Модельная схема присоединения комплекса диванадия(IV) к фосфатной группе глюкозо-6-фосфата с отрывом от полимера

В настоящей работе изучено взаимодействие цитратного комплекса ванадия  $Na_4[V_2O_2(C_6H_6O_7)_2] \cdot 4H_2O$  на полимере-носителе с Г6Ф. Исследование полученных соединений и модельных систем показывает, что ванадий(IV) в составе комплекса способен реагировать с углеводами по гидрофосфатной группе, образуя устойчивое соединение и отрываясь от гидрофосфонатной группы сополимера после реакции внутрикомплексного окисления  $V^{IV} \rightarrow V^V$  и восстановления углевода до циклической формы.

Результаты исследования  $^1H$  и  $^{13}C$  ЯМР-, ИК- и УФ-спектроскопии, электрохимического исследования и элементного анализа устойчивых продуктов достоверно указывают на сохраняющийся остов биядерного ванадиевого комплекса с присоединением к полимеру по гидрофосфонатной группе и подтверждают формирование углеводного металлокомплексного соединения ванадия.

## **ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ МАГНИТОВОСПРИИМЧИВЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ МАГНЕТИТА И АНАТАЗА, ПОЛУЧЕННЫХ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМ ПЕРОКСО-МЕТОДОМ**

*Горшков А.А.*

*ФГАОУ ВО "ЮУрГУ (НИУ)", Челябинск*

*agorshkov@susu.ru*

Гидротермальный пероксо-метод позволяет в контролируемых условиях получать наночастицы анатаза высокой чистоты и кристалличности без использования дорогостоящих и токсичных титанорганических прекурсоров [1]. В то же время, в настоящее время в литературе отсутствуют сведения об использовании данной методики для получения композитных наноматериалов.

Нами разработана методика получения нанокомпозитов на основе ядер магнетита, покрытых оболочкой смешанного оксида титана/кремния.

Частицы магнетита получали осаждением из смеси водных растворов солей железа. 180 мг  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (0,65 ммоль) и 352 мг  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (1,30 ммоль) растворяли в 50 мл дистиллированной воды при температуре 70 °С при непрерывном воздействии ультразвука. Насыщенным раствором гидроксида аммония рН смеси доводили до 10. В течение всего процесса и ещё час после завершения поддерживали температуру 70 °С, УЗ-облучение и перемешивание реакционной смеси, после чего отмывали частицы магнетита дистиллированной водой посредством центрифугирования до отрицательной реакции на противоионы исходных солей. На ядра магнетита наносили оболочку поливинилового спирта с целью предотвращения агрегации частиц и защиты их от окисления пероксидом водорода [2]. Осаждённые гидратированные частицы магнетита диспергировали в 10 мл горячего водного раствора ПВС ( $M_w$  85,000-124,000) с концентрацией 20 г/л и выдерживали при 70 °С и УЗ-облучении в течение часа. Получали стабильную суспензию, объём которой доводили до 15 мл горячей дистиллированной водой.

В качестве прекурсора диоксида титана готовили 15 мл водного раствора пероксотитановой кислоты (0,130 моль/л, рН 9, получен растворением геля гидратированного диоксида титана в перекиси водорода). При выдерживании на ледяной бане и интенсивном перемешивании к раствору приливали суспензию частиц магнетит/ПВС и сразу же после этого вводили в смесь 15 мл свежеполученного золя кремниевой кислоты (0,130 моль/л, рН 2, получен пропусканием раствора силиката натрия через колонку с катионитом). Объём смеси доводили дистиллированной водой до 80 мл, переносили в автоклав объёмом 140 мл и проводили гидротермальную обработку в течение 24 часов при температуре 180 °С и саморегулирующемся давлении. После извлечения из автоклава частицы отмывали дистиллированной водой и сушили под вакуумом при 100 °С. Выход композита составил 395 мг (81% масс. от теоретического).

Полученный композит разделили на три равные части, одну из которых не подвергали дальнейшей обработке, вторую и третью прокаливали в муфельной печи соответственно при 350 °С и 700 °С в течении часа.

Фазовый состав трёх полученных образцов композитов устанавливали методом порошкового рентгенофазового анализа (анализатор Rigaku Ultima IV с излучением  $\text{CuK}\alpha$ , длина волны 1,54056 Å). На дифрактограммах непрокалённого образца и образца, прокалённого при 350 °С, наблюдались широкий интенсивный пик в диапазоне от 23° до 27°, а также ряд менее интенсивных уширенных пиков в интервалах 34–37°, 42–45°, 56–59° и 61–65°. Скорее всего, данные пики стали результатом наложения характеристических пиков магнетита (интенсивный на 36° и менее выраженные на 31°, 43°, 54°, 57°, 63°) и анатаза (интенсивный на 26° и менее выраженные на 38°, 47°, 54°, 55°, 63°, 70°, 75°) [3а, 3б]. На дифрактограмме образца, прокалённого при 700 °С, пики анатаза были очерчены заметно более чётко — что подтверждает повышение кристалличности образца после прокаливания, но вместо пиков магнетита наблюдались чёткие пики гематита (интенсивные на 33°, 36° и менее выраженные на 24°, 41°, 50°, 54°, 57°, 63°, 64°) — что свидетельствует об окислении ядер магнетита [3с].

Фотокаталитическую активность образцов исследовали в реакции фотодеструкции метиленового синего при облучении ультрафиолетом (масса навески фотокатализатора 0,05 г, объём раствора 25 мл, исходная концентрация красителя 10,0 мг/л, значение рН раствора 6, длительность облучения 1 час, источник ультрафиолета — светодиодный облучатель с длиной волны 395 нм, полушириной пика излучения 2 нм и рабочей освещённостью в реакторе 600 Вт/м<sup>2</sup>. Концентрацию красителя определяли при помощи спектрофотометра УФ и видимого диапазона Shimadzu UV-2700 по градуировочному графику зависимости оптической плотности раствора при длине волны 663 нм от концентрации метиленового синего в растворе, в качестве нулевой точки использовали значение концентрации после полного завершения теневой адсорбции. Степень фотодеструкции метиленового синего для непрокалённого образца составила 83%, прокалённого при 350 °С – 88%, прокалённого при 700 °С – 94%. Повышение фотокаталитической активности при прокаливании коррелирует с повышением кристалличности образцов по результатам РФА.

#### Список литературы

1. Пкаева М., Krivtsov I., Avdin V., Khainakov S.A., García J.R. // Colloid Surface A. 2014. Vol. 456. P. 120.
2. Darwish M.S.A., Al-Harbi L.M., Bakry A. // J. Therm. Anal. Calorim. 2022. Vol. 147. N 21. P. 11921.
3. a) Compeán M., Ruiz F., Martínez J.R., Herrera-Gomez A. // Mater. Lett. 2008. Vol. 62. N 27. 4248. b) Praveen P., Viruthagiri G., Mugundan S., Shanmugam N. // Spectrochim. Acta, Part A. 2013. Vol. 117. P. 622. c) Xu S., Habib A., Gee S.-H., Hong Y. // J. Appl. Phys. 2015. Vol. 117. N 17. Art. № 17A315.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ ОКСИДА ЦЕРИЯ(IV) И НАНОЧАСТИЦ ЗОЛОТА

Гурьев Н. В., Исаева Е. И.

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*katiavolkova@yandex.ru*

Наноматериалы на основе оксида церия(IV) и наночастиц переходных металлов находят широкое применение в различных областях науки: в медицине, ядерной магнитно-резонансной томографии, в катализе и фотокатализе для деструкции органических красителей, поллютантов и продуктов фармацевтической промышленности.

В работе исследована фотокаталитическая активность нанокompозитов  $\text{CeO}_2/\text{Au}$  на примере модельных реакций фотодеструкции метилового оранжевого и метиленового синего при облучении монохроматическим светом с длиной волны возбуждения  $\lambda_{\text{возб}}$  254 и 365 нм, а также под действием полихроматического света в зависимости от содержания золота в составе нанокompозита.

Наноструктуры  $\text{CeO}_2/\text{Au}$  получали фотохимическим восстановлением водно-спиртового раствора  $\text{HAuCl}_4$  в присутствии волокнистого оксида церия(IV), варьируя концентрацию  $\text{HAuCl}_4$  по методике, описанной в работе[1].

Показано, что эффективность фотокатализатора зависит от наличия наночастиц золота на поверхности оксида церия (IV), их содержания в составе нанокompозита и его удельной поверхности.

По данным БЭТ волокнистый оксид церия(IV) и нанокompозиты  $\text{CeO}_2/\text{Au}$  представляют собой мезопористые материалы, изотермы адсорбции которых соответствуют V типу. Модификация  $\text{CeO}_2$  наночастицами золота приводит к увеличению удельной поверхности материалов до 49-53  $\text{m}^2/\text{g}$  по сравнению немодифицированным  $\text{CeO}_2$ . ( $S_{\text{БЭТ}} = 47 \text{ m}^2/\text{g}$ ). При этом образцы, содержащие меньшее количество золота обладают большей площадью удельной поверхности, что вероятно, связано с образованием наночастиц золота меньшего размера при фотоллизе растворов  $\text{HAuCl}_4$  с меньшей в два раза концентрацией. По результатам растровой электронной микроскопии размер наночастиц золота в составе нанокompозита варьируется в пределах от 10 до 30 нм, а средний размер ОКР золота в составе  $\text{CeO}_2/\text{Au}$  по данным рентгенодифракционного анализа не превышает 8 нм.

Модификация волокнистого оксида церия(IV) наночастицами золота приводит к увеличению средней скорости фотодеструкции органических красителей при облучении УФ-светом 1,5-4 раза (табл.1).

Показано, что образцы  $\text{CeO}_2/\text{Au}$ , характеризующиеся наибольшей площадью удельной поверхности ( $n(\text{CeO}_2):n(\text{Au}) = 20:1$ ), обладают большей



каталитической активностью в случае модельного эксперимента с метиленовым синим.

Таблица 1. Зависимость средней скорости фотодеструкции метилоранжа (МО) и метиленового синего (МС) от природы катализатора

Параметр	CeO <sub>2</sub>	CeO <sub>2</sub> /Au (10:1)	(CeO <sub>2</sub> /Au 20:1)
$v_{\text{нач}} \times 10^{-3}$ , мин <sup>-1</sup> (МО, $\lambda_{\text{возб}}$ 254 нм)	1,25	4,58	4,35
$v_{\text{нач}} \times 10^{-3}$ , мин <sup>-1</sup> (МО, $\lambda_{\text{возб}}$ 365 нм)	3,17	3,82	3,79
$v_{\text{ннач}} \times 10^{-3}$ , мин <sup>-1</sup> (МО, полихроматический свет)	2,67	3,79	1,51
$v_{\text{нач}} \times 10^{-3}$ , мин <sup>-1</sup> (МС, $\lambda_{\text{возб}}$ 254 нм)	2,05	3,2	7,68
$v_{\text{нач}} \times 10^{-3}$ , мин <sup>-1</sup> (МС, $\lambda_{\text{возб}}$ 365 нм)	1,67	2,48	2,49
$v_{\text{ннач}} \times 10^{-3}$ , мин <sup>-1</sup> (МС, полихроматический свет)	2,93	3,26	4,36

Под действием полихроматического света, включающего как видимый, так УФ диапазон, эффективность фотодеструкции красителя, зависит как от его природы, так и от содержания наночастиц золота в составе катализатора.

Увеличение эффективности фотодеструкции красителей под действием УФ света в присутствии CeO<sub>2</sub>/Au катализаторов можно объяснить, тем, что CeO<sub>2</sub>, полупроводник n-типа с шириной запрещенной зоны 3,3 эВ, имеет уровень энергии Ферми ниже зоны проводимости, в случае наночастиц золота энергия Ферми расположена выше, чем у CeO<sub>2</sub>. При возбуждении УФ-светом фотогенерированные электроны в CeO<sub>2</sub> переходят в зону проводимости золота, подавляя скорость рекомбинации пар электрон-дырка в CeO<sub>2</sub>. При освещении видимым светом наблюдается обратная ситуация. Электроны из наночастиц золота переходят в зону проводимости CeO<sub>2</sub>, захватываются поверхностными кислородными вакансиями вблизи границы раздела Au/CeO<sub>2</sub> и затем запускается реакция фотоокисления. В этом случае наночастицы золота служат в качестве электронных ловушек и способствуют разделению зарядов.

#### Список литературы

1. Исаева Е.И., Гурьев Н.В., Бойцова Т.Б., Пронин В.П., Старицын М.В., Федосеев М.Л. // ЖОХ. 2022. Т. 92. №10. С. 1603.

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ УРАНОФOSФАТА И УРАНОАРСЕНАТА СВИНЦА

Денисова А.А., Ковалева Ю.Н., Нипрук О.В.

*ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород*

*denisova.anastasi98@mail.ru*

Свинец является конечным продуктом радиоактивного распада изотопов урана-235 и урана-238 и сопутствует ему на различных стадиях ядерного топливного цикла. В этой связи свинец способствует формированию новых индивидуальных урансодержащих фаз. К таким фазам относятся уранофосфаты и ураноарсенаты, которые способны ограничивать миграцию радионуклидов в условиях окружающей среды и различных технологических процессов.

Уранофосфат и ураноарсенат свинца получены реакцией ионного обмена между кристаллами  $\text{HVB}^{\text{V}}\text{UO}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{B}^{\text{V}} = \text{P}, \text{As}$ ) и водным раствором нитрата свинца в соотношении 1:1 путем многократного обновления раствора соли. Совокупность методик, включающая ИК-спектроскопию, рентгенографию, рентгенофлуоресцентную спектрометрию и дифференциально-термический анализ позволила установить, что полученные соединения являются близкими формульными, кристаллографическими и функциональными аналогами с общей формулой  $\text{Pb}(\text{B}^{\text{V}}\text{UO}_6)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{B}^{\text{V}} = \text{P}, \text{As}$ ).

В ИК-спектрах уранофосфата и ураноарсената свинца представлены три группы независимых колебаний: колебания уранильной группировки  $\nu(\text{UO}_2^{\delta+})$ , колебания ортофосфатного и ортоарсенатного тетраэдров и молекулярной воды. Положение полос уранильной группы  $\nu(\text{UO}_2^{\delta+})$  средней интенсивности в области  $917\text{-}946\text{ см}^{-1}$  характерно для координации урана (VI) в полиэдр  $\text{UO}_6$ . Колебания ортофосфатного и ортоарсенатного полиэдров, представленные в спектре полосами при  $1115\text{ см}^{-1}$  и  $886\text{ см}^{-1}$  для уранофосфата и ураноарсената свинца соответственно, свидетельствуют о высокой симметрии структурообразующих тетраэдров. Наличие деформационных колебаний воды  $\delta(\text{H}_2\text{O})$  в области  $1630\text{-}1631\text{ см}^{-1}$  и валентных колебаний  $\nu(\text{H}_2\text{O})$  в области  $3490\text{-}3498\text{ см}^{-1}$  указывает на молекулярную форму ее нахождения в кристаллической структуре соединений и участие в образовании водородных связей.

На основании результатов рентгенографических и ИК-спектроскопических исследований установлено, что полученные соединения обладают слоистой структурой. Слои представлены полиэдрами фосфора, мышьяка и урана. Катионы  $\text{Pb}^{2+}$  и кристаллизационная вода расположены в межслоевом пространстве.

## ПОЛУЧЕНИЕ И ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАГНИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОКСОГАЛОГЕНИДОВ ВИСМУТА(III)

*Журина А.А.,<sup>1</sup> Вахрушев А.Ю.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

<sup>2</sup>*СПбГУПТД ВШТЭ, Санкт-Петербург*

*zhurina2000@inbox.ru*

Оксогоалогениды висмута(III) проявляют высокую фотокаталитическую активность благодаря пластинчатой структуре и подходящей ширине запрещенной зоны. Природа галогена позволяет варьировать ширину запрещенной зоны в диапазоне 1,77-3,3 эВ, а, следовательно, и длину волны поглощаемого света [1]. Однако низкая восприимчивость к видимому свету, быстрая электронно-дырочная рекомбинация и сложность повторного использования ограничивает их практическое применение в фотокатализе. Решением последней проблемы может быть модификация оксогоалогенидов висмута(III) магнетитом, позволяющим производить магнитное разделение фотокатализатор-фотолит по завершении реакции.

Для синтеза частиц магнетита нами был выбран сольвотермальный метод.  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  растворяли в этиленгликоле и добавляли ацетат натрия. Полученную смесь помещали в автоклав и выдерживали при  $180^\circ\text{C}$  в течение 6 ч. После промывки и сушки был получен  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . Синтезированный таким образом магнетит выделяли и вводили в раствор, содержащий  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{KNaI}$ , в этиленгликоле. Затем полученную смесь помещали в автоклав и выдерживали при  $180^\circ\text{C}$  в течение 9 ч. По истечении указанного времени частицы  $\text{BiO}(\text{NaI}) \cdot \text{Fe}_3\text{O}_4$  извлекались с помощью магнита, промывались и высушивались [2]. Состав и морфология полученных образцов исследовались методами рентгенодифракционного анализа, ИК-спектроскопии и СЭМ. Было установлено, что образцы представляют собой поликристаллические материалы, содержащие рефлексы, характерные как для магнетита, так и для  $\text{BiO}(\text{NaI})$ . По полученным методом СЭМ микроизображениям были оценены размеры частиц: 150-250 нм для  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и 2,5-4 мкм для  $\text{BiOCl}$ .

Фотокаталитические свойства данных образцов изучались в реакции разложения метилового оранжевого (МО) при облучении монохроматическим светом с длиной волны 254 нм и 365 нм и полихроматическим светом в видимой области спектра. Значимые изменения в концентрации МО фиксировались только под действием УФ-света, что хорошо коррелирует с высокой шириной запрещенной зоны оксогоалогенидов висмута(III).

### Список литературы

1. Li Y., Jiang H., Wang X., Hong X., Liang B. // RSC advances. 2021. Vol. 11. N. 43. P. 26855.
2. Dang J., Guo J., Wang L., Guo F., Shi W., Li Y., Guan W. // J. Alloys and Compounds. 2022. Vol. 893. Art. № 162251.

## ВОЗМОЖНОСТЬ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ЭТИЛ-(2E)-2-[2-(ФЕНИЛКАРБАМОИЛ)ГИДРАЗИНИЛИДЕН]ПРОПАНОАТА С Zn(II)

*Игонин А.С., Пелипко В.В., Исаева Е.И.*

*РГПУ им А.И. Герцена, Санкт-Петербург*

*artem.igonin2002@gmail.com*

В настоящее время на комплексные соединения семикарбазонов с биогенными металлами обращено значительное внимание. Как подчеркивается рядом источников, данные соединения могут обладать выраженной биологической активностью, а также фотохимическими, электрохимическими и магнетохимическими свойствами [1]. В связи с этим был поставлен вопрос о возможности комплексообразования этил-(2E)-2-[2-(фенилкарбамоил)-гидразинилиден]пропаноата (далее L – лиганд) с цинком.

Лиганд был получен по аналогии с литературной методикой [2]. После чего была определена возможность комплексообразования методом изомольярных серий в метаноле, с применением электронной спектроскопии. В спектре поглощения лиганда можно выделить три полосы поглощения при  $\lambda_{\max} = 205; 235; 274$  нм, соответствующих внутрилигандным  $\pi-\pi^*$  электронным переходам, которые сохраняются при добавлении ацетата цинка к раствору лиганда и претерпевают незначительный батохромный сдвиг, что может указывать на комплексообразование с участием атома азота азометинового фрагмента. Также добавление к лиганду ацетата цинка приводит к появлению новой полосы поглощения при  $\lambda_{\max} = 351$  нм, которую можно отнести к полосе переноса заряда лиганд  $\rightarrow$  металл, характерной для тетраэдрической геометрии комплексных соединений цинка. Более высокие температуры плавления выделенного из раствора кристаллического вещества ZnL ( $245-250^\circ\text{C}$ ), по сравнению с исходным семикарбазоном ( $143-145^\circ\text{C}$ ), также указывают на связывание лиганда с ионами цинка.

Полученный в результате взаимодействия ацетата цинка и лиганда в метаноле белый кристаллический осадок ZnL был изучен методами ЯМР  $^1\text{H}$  и ИК спектроскопии. В продолжение работы предстоит изучить данное соединение методами ЯМР  $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$  спектроскопии с использованием гомо- и гетерокорреляционных экспериментов HMQC, HMBC, NOESY, а также провести комплексообразование ряда схожих по структуре семикарбазонов для установления влияния заместителей на способность образования комплексных соединений.

### Список литературы

1. Бурлов А.С., Зайченко С.Б., Попов Л.Д., Власенко В.Г., Бородкин Г.С., Макарова Н.И., Васильченко И.С., Коршунова Е.В., Лысенко К.А., Левченков С.И., Щербаков И.Н. // ЖОХ. 2019. Т. 89. № 4. С. 597.
2. Пелипко В.В., Адюков И.С., Байчурин Р.И., Макаренко С.В. // ЖОХ. 2022. Т. 92. № 2. С. 167.

## СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ГИБРИДНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА И ОКСИДА ЦЕРИЯ (IV)

*Ильина А.А., Исаева Е.И.*

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*katiavolkova@yandex.ru*

Активное изучение свойств наночастиц и синтез новых уникальных гибридных структур на их основе позволяют получать материалы с особыми свойствами, которые ценятся и применяются в различных отраслях науки. Одной из наиболее актуальных проблем в мире является непрерывно растущий уровень загрязнения окружающей среды продуктами неполного окисления нефтепродуктов, в связи с чем возникает необходимость разработки новых высокоэффективных катализаторов для очистки окружающей среды. Один из перспективных катализаторов дожигания выхлопных газов и сажи – оксид церия (IV), уникальные свойства которого обусловлены его кислородной нестехиометрией, увеличивающейся от центра к периферии. Осаждение наночастиц серебра на поверхность  $\text{CeO}_2$  позволяет получать структуры с улучшенными характеристиками по сравнению с индивидуальными веществами. Интерес к гибридным наноструктурам  $\text{CeO}_2/\text{Ag}$  обусловлен также их потенциальным применением в медицине вследствие выраженных антибактериальных свойств обоих компонентов.

Цель работы – разработка методики фотохимического синтеза гетероструктур  $\text{CeO}_2/\text{Ag}$ , исследование их состава, оптических и каталитических свойств, а также закономерностей их формирования. Сравнение эффективности фотохимического и термического способов модификации оксида церия(IV) наночастицами серебра.

Для синтеза гибридных структур  $\text{CeO}_2/\text{Ag}$  фотохимическим методом использовали  $\text{AgNO}_3$  и волокнистый  $\text{CeO}_2$ , полученный темплатным методом при разложении нитрата церия(III) в присутствии целлюлозы при температуре отжига 750 °С по методике [1]. Модификацию полученного оксида церия(IV) осуществляли фотолизом раствора  $\text{AgNO}_3$ , варьируя его концентрацию и природу растворителя. В качестве растворителей использовали воду, пропанол-2, ацетон, N,N-диметилформамид (ДМФА). Фотолиз осуществляли монохроматическим УФ светом с длиной волны возбуждения 254 нм, регистрируя спектры поглощения через определённые промежутки времени.

Исследованы спектральные характеристики полученных  $\text{CeO}_2/\text{Ag}$  наноструктур, их фазовый состав и морфология, а также кинетические закономерности формирования частиц серебра в зависимости от природы растворителя, концентрации ионов серебра.

Показано, что наиболее эффективно процесс формирования наночастиц серебра на поверхности  $\text{CeO}_2$  протекает в ДМФА, его использование по сравнению с пропанолом-2 и ацетоном приводит к увеличению средней

скорости формирования наночастиц серебра в сотни раз, повышению степени монодисперсности образцов и уменьшению размеров частиц (табл.1). При этом наиболее монодисперсные частицы образуются при фотолизе  $1 \cdot 10^{-3}$  М растворов  $\text{AgNO}_3$  в ДМФА. Увеличение концентрации нитрата серебра приводит к формированию полидисперсных наночастиц в объеме раствора.

Таблица 1. Влияние состава фотолита на положение максимума полосы плазмонного поглощения ( $\lambda_{\text{max}}$ ), степень монодисперсности ( $\sigma$ ) наночастиц серебра и средней скорости ( $v_{\text{cp}}$ ) их формирования

Растворитель	$C_{\text{M}}(\text{Ag}^+)$ , моль/л	$\lambda_{\text{max}}$ , нм	$\sigma$ , отн.ед	$v_{\text{cp}}$ , мин <sup>-1</sup>
ДМФА	$5 \cdot 10^{-4}$	460	0.34	0.351
ДМФА	$1 \cdot 10^{-3}$	427	0.70	0.525
ДМФА	$2 \cdot 10^{-3}$	444	0.54	0.459
ДМФА	$5 \cdot 10^{-3}$	428	0.51	0.246
пропанол-2	$1 \cdot 10^{-3}$	широкая полоса	0.21	0.002
ацетон	$1 \cdot 10^{-3}$	437	0.33	0.003

Состав и морфология полученных фотолизом в ДМФА образцов  $\text{CeO}_2/\text{Ag}$  исследовались методами сканирующей электронной микроскопии, энергодисперсионного и рентгенодифракционного анализа.

По данным СЭМ образующиеся в ДМФА частицы серебра имеют средний размер 35-40 нм, осаждаются преимущественно на поверхность оксида церия(IV).

По результатам рентгенодифракционного анализа образцы  $\text{CeO}_2/\text{Ag}$  содержат рефлексы, характерные как для кубической кристаллической структуры оксида церия(IV) (DB card №00-065-2975), так и соответствующие кристаллической структуре серебра (DB card № 00-004-0783). Размер ОКР (областей когерентного рассеяния) частиц серебра, проведенный по предельной формуле Селякова, составляет 5-7 нм.

Также в работе проведено сравнение эффективности фотохимического и термического способов модификации оксида церия(IV) наночастицами серебра. Термический способ модификации  $\text{CeO}_2$  частицами серебра заключался в отжиге целлюлозы, обработанной растворами нитрата церия(III) и нитрата серебра при 750 °С в тех же соотношениях, что и при фотохимической модификации. Данные СЭМ свидетельствуют о формировании полидисперсных наночастиц серебра с размером частиц в диапазоне 100-400 нм. Размер ОКР серебра в данном случае составляет 75 нм, что в 10-15 раз больше по сравнению с наночастицами серебра, полученными фотолизом.

#### Список литературы

1. Волков А.А., Бойцова Т.Б., Стожаров В.М., Исаева Е.И. // ЖОХ. 2020. Т. 90. Вып. 2. С. 308.

## **ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАЛЛОФТАЛОЦИАНИНОВ, СОДЕРЖАЩИХ НА ПЕРИФЕРИИ АЗОХРОМОФОРЫ И ИЗУЧЕНИЕ ИХ СВОЙСТВ**

***Казарян К.Ю., Бычкова А.Н., Мыкина Е.А., Тихомирова Т.В., Вашурин А.С.***

*ИГХТУ, Иваново*

*kazaryan@kristina.su*

Замещенные фталоцианины являются уникальным классом соединений, направленных на развитие новейших материалов. Благодаря возможности выбора заместителя в молекуле и металла-комплексообразователя можно получить комплексы с указанными электронными и физико-химическими свойствами. Введение азогрупп позволяет расширить диапазон поглощения данных соединений, а наличие атомов галогена на периферии приводит к снижению агрегации, что позволяет расширить области применения фталоцианиновых комплексов.

В представленной работе показаны результаты по синтезу и спектральным свойствам фталоцианинов с эрбием, магнием и цинком, в которых в качестве заместителя представлен азохромофор.

На первой ступени работы проводилась реакция диазотирования анилина с целью получения соли диазония, которая использовалась в реакции азосочетания с 4-(2-фенилпропан-2-ил)фенолом. Далее полученный краситель применялся в качестве нуклеофила во взаимодействии с 4-нитрофталоцитрилом.

Методом темплатной конденсации замещенных фталоцитрилов с ацетатом магния или цинка при температуре 190 °С синтезировали металлокомплексы.

Получение фталоцианинов с эрбием осуществлялось в *i*-амиловом спирте в присутствии ДБУ с ацетатом эрбия и нитрила. В ходе реакции образовалась смесь фталоцианины планарного и сэндвичевого строения.

Для выделения и очистки получаемых комплексов использовали фильтрацию, колоночную и гель-проникающую хроматографию с контролем по ТСХ. Путем фильтрации, колоночной и гель-проникающей хроматографии были выделены и очищены продукты синтеза. При помощи физико-химических методов анализа была подтверждена чистота и структура фталоцианинов.

Исследованы люминесцентные и спектральные свойства металлокомплексов фталоцианинов в различных органических растворителях. Было показано влияние металла-комплексообразователя и органического растворителя на положение основной полосы и характер спектра.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, соглашение 22-23-00831 с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ИГХТУ (при поддержке Минобрнауки России, соглашение №075-15-2021-671).*

## АГРЕГАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА BODIPY ЛЮМИНОФОРОВ, ИЗЛУЧАЮЩИХ В КРАСНОЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА, В РАСТВОРАХ И МИЦЕЛЛАХ ПЛЮРОНИКА F-127

Калинкина В. А.,<sup>1,2</sup> Антина Л. А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ИХР РАН, Иваново

<sup>2</sup>ИГХТУ, Иваново

valekalinkina@yandex.ru

По данным всемирной организации здравоохранения смертность от раковых заболеваний является наиболее частой причиной смерти в мире. В связи с этим разработка биомаркеров является важной задачей. Определяющим критерием является способность молекул поглощать в области фототерапевтического окна (650-850 нм), обладать низкой темновой токсичностью, обладать высокими квантовыми выходами. Особый интерес в настоящее время представляют борфторидные дипиррометановые комплексы BODIPY, которые демонстрируют сильное поглощение и флуоресценцию в области «фототерапевтического» окна (Рис.1). Высокая биосовместимость флуорофоров BODIPY делает их пригодными для использования в качестве биомаркеров раковых клеток и молекулярных зондов. Однако они обладают высокой гидрофобностью и склонны к агрегации в водной среде, что препятствует их практическому применению в биомедицине. Известно, что для повышения растворимости в воде биологически активных соединений часто используется плуроник, который может самособираться в различные формы мицелл в растворе и образовывать стабильные супрамолекулярные агрегаты с красителем. Плуроник представляет собой биосовместимый троичный блок-сополимер этиленоксида (ЭО) и пропиленоксида (ПО) с различной длиной гидрофобного и гидрофильного блоков.

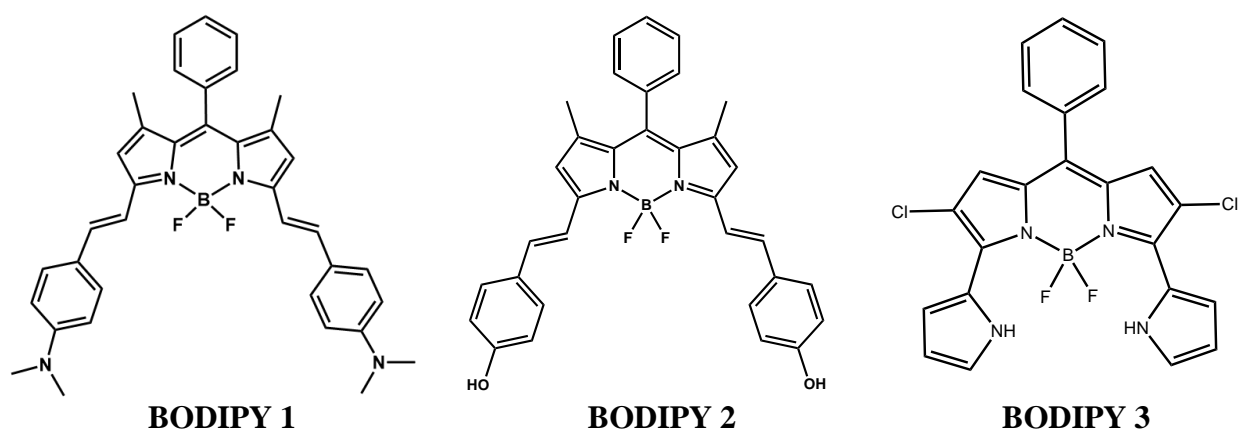


Рис.1. Структуры *ms*-фенил-3,3'-диметил-5,5'-диметиламиностирил-2,2'-дипирролилметена дифторбората (BODIPY 1), *ms*-фенил-3,3'-диметил-5,5'-гидроксостирил-2,2'-дипирролилметена дифторбората (BODIPY 2), *ms*-фенил-2а,2а'-дихлоро-5,5'-дипирро-2,2'-дипирролилметена дифторбората (BODIPY 3)



Целью данного исследования было изучение спектральных свойств и агрегационного поведения люминофоров BODIPY, излучающих в красной области спектра, в растворах органических растворителей различной полярности и в мицеллах амфифильного блок-сополимера. Результаты показывают, что в смешанных водно-органических растворителях (ТГФ-вода) люминофоры образуют два типа агрегатов, Н- и J-типа.

Исследуемые люминофоры были инкапсулированы в мицеллы методом тонких пленок: краситель и плуроник были растворены в легколетучем растворителе и выдержаны при определенных условиях. Затем растворитель удалили на ротационном испарителе при температуре 50° С. Полученные пленки растворили в фосфатном буфере, рН =7,45. Наибольшая эффективность солюбилизации наблюдалась при концентрации плуроника  $C_{PI} = 0,35$  мМ, что близко по значению ККМ при 25° С. Проанализировано влияние компонентного состава мицеллярного раствора на спектральные характеристики и солюбилизацию красителей плуроником. Полученные мицеллы обладают интенсивным поглощением и флуоресценцией в области «фототерапевтического окна» (от 620 до 750 нм) как в водной, так и в буферной средах (рН=7,4). Мицеллярные растворы показали высокую стабильность во времени, причем при высоких концентрациях люминофора повышается агрегация систем и понижение эффективности поглощения и флуоресценции. Подобрана оптимальная загрузка красителя для предотвращения нежелательной агрегации молекул красителя.

Полученные наноразмерные системы люминофор-плуроник можно рекомендовать для дальнейших биохимических исследований и разработки биомаркеров на их основе. Подобранный методика инкапсуляции красителя в мицеллы плуроника будет применена для солюбилизации других красителей BODIPY под конкретные задачи (ФДТ и тд).

#### Список литературы

1. Jantra S., Butta P., Jithavech P., Rojsitthisak P., Palaga T., Rashatasakhon P., Sukwattanasinitt M., Wacharasindhu S. // *Dyes Pigm.* 2019. Vol. 162. P 189.
2. Wang W.Q., Wang L., Li Z.S., Xie Z.G. // *Chem Commun.* 2016. Vol. 52. N 31. P. 5402.
3. Pellosi D.S., Tessaro A.L., Moret F., Gaio E., Reddi E., Caetano W., Quaglia F., Hioka N. // *J. Photochem. Photobiol. A.* 2016. Vol. 314. P. 143.

## СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСОКОПОРИСТЫХ КАРКАСНЫХ СТРУКТУР НА ОСНОВЕ КОБАЛЬТА(II)

*Карасева А.А., Диалло А., Филиппов Д.В., Ваишурин А.С.*

*ИГХТУ, Иваново*

*aa-karaseva@mail.ru*

В настоящее время внимание учёных привлёк относительно новый класс синтетических сорбентов, описанный как металлорганические каркасные структуры (metal-organic frameworks – MOFs). Эти гибридные материалы обладают структурной жесткостью неорганических материалов и функциональной гибкостью органических. Благодаря своим свойствам они находят широкое применение в сорбции, катализе, медицине, разделении и хранении газов, а также в экологических целях. Однако известные на данный момент MOFs имеют низкую степень извлечения тяжёлых металлов и обладают длительным периодом установления адсорбционного равновесия в системе сорбент-раствор [1,2].

На сегодняшний день известен достаточно широкий спектр методов синтеза MOF. Среди наиболее эффективных можно выделить несколько – гидро(солюво)термальный метод, синтез с помощью микроволн и метод прямого смешения [3].

Цель работы – разработка методик синтеза высокопористых каркасных структур на основе кобальта(II) и определение их основных параметров.

В ходе работы определены оптимальные условия получения высокопористых Co-MOF. Лучшими характеристиками обладают материалы, приготовленные при соотношении Co:Im=1:8 при времени синтеза 30 минут. Уникальность данной методики состоит в добавлении N,N-додециламина для улучшения структурообразования.

Получены изотермы низкотемпературной адсорбции азота в порах Co-MOF, имеющей полимолекулярный характер. В результате их обработки в рамках теории БЭТ получены параметры пористой структуры синтезированных материалов. Получена информация о составе и строении поверхностных слоёв Co-MOF. Частицы каркаса имеют сферическую структуру. Образцы представляют собой микрогетерогенные материалы со средним размером частиц от 0.05 до 0.1 мкм, при этом частицы агрегированы в кластеры.

### Список литературы

1. Kong X-J., Li J-R. // Engineering. 2021. Vol. 7. N 8. P. 1115.
2. Vashurin A., Marfin Y., Tarasyuk I., Kuzmin I., Znoyko S., Goncharenko A., Romyantsev E. // Appl. Organometal. Chem. 2018. Vol. 32. N 9. Art. № e4482.
3. Rasheed T., Ahmad A., Bilal M., Hussain T., Rizwan K. // Chemosphere. 2020. Vol. 259, Art. № 127369.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 22-73-10158).*

## СИНТЕЗ И СПЕКТРАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО СЕНСОРА НА ОСНОВЕ 4-ГИДРОКСИ-3-МЕТОКСИБЕНЗАЛЬДЕГИД-ЗАМЕЩЕННОГО КОМПЛЕКСА BODIPY

*Кокурина Т.В., Меркушев Д.А.*

<sup>1</sup>ИГХТУ, Иваново

*kokurina-t@mail.ru*

Борфторидные комплексы дипирролилметена (BODIPY) являются перспективным классом соединений ввиду широкого ряда применений и простоты модификации остова молекулы. BODIPY применимы для маркирования белков, для изготовления OLED-устройств, а так как же как флуоресцентные зонды с откликом на полярность, вязкость или pH среды.

В данной работе был синтезирован комплекс BODIPY на основе 4-гидрокси-3-метоксибензальдегида (ванилина). Синтез проводился в растворе при инертной атмосфере, был подвержен очистке методом колоночной хроматографии после каждой стадии. Структура была подтверждена методами масс-спектрометрии, ЯМР- и ИК-спектроскопии.

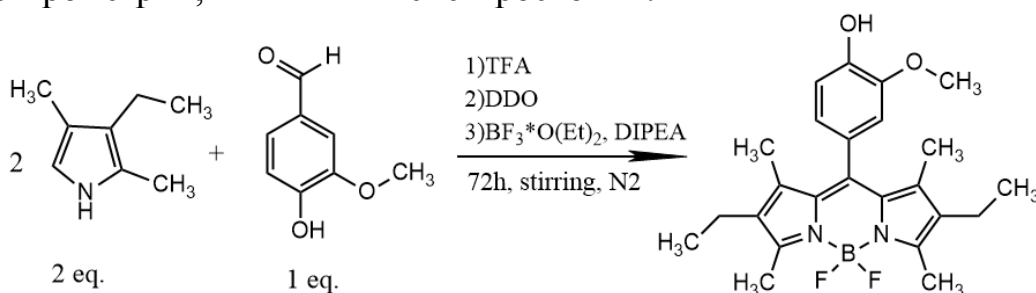


Рис. 1. Схема синтеза рассматриваемого мезо-замещенного комплекса BODIPY.

Далее для исследования синтезированной структуры были получены электронные спектры поглощения и флуоресценции при различных параметрах среды. Так, для исследования влияния сольватохромного эффекта был выбран ряд из 15 растворителей по шкалам Каталана и Камлета-Тафта. Наблюдается значительный гипохромный сдвиг.

Также были приготовлены растворы в смеси этанол-вода с различным значением pH при добавлении щелочи или кислоты соответственно. Исследуемый BODIPY применим для использования в качестве pH-сенсора, наблюдается тушение флуоресценции при  $\text{pH} < 7$ .

В настоящее время проводятся исследования структуры без алкильных заместителей в остове борфторидного комплекса. Перспективами работы является сопоставление полученных мезо-замещенных структур, сопоставление их свойств, в частности изучение роторной активности.

## ПРИМЕСНОЕ ПОГЛОЩЕНИЯ ИОНАМИ НИКЕЛЯ (II) В ВИСМУТСОДЕРЖАЩЕМ ТЕЛЛУРИТНО-ЦИНКАТНОМ СТЕКЛЕ

Краснов М.В., Замятин О.А.

*ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород*

*m.v.krasnov@unn.ru*

Ключевые слова: теллуритное стекло, примесное поглощение, ионы  $Ni^{2+}$ , удельный коэффициент поглощения.

Стекла теллуритной системы  $TeO_2 - ZnO - Bi_2O_3$  имеют весьма широкую область стеклообразования, привлекательные линейные и нелинейные оптические свойства, относительно низкие температуры синтеза образцов и подходящие термические параметры, делающие данные материалы хорошим кандидатом для изготовления волоконных световодов и оптических устройств. Однако, несмотря на эти достоинства, наличие в матрице стекла ионов переходных элементов существенно снижает прозрачность образцов и делает их непригодными для оптоэлектроники. Количественной мерой влияния примеси на оптические свойства стекол служит удельный коэффициент поглощения, знание которого позволяет оценить контролируемое содержание данной примеси. Целью данной работы было исследование влияния примесных ионов никеля(+2) на оптическое пропускание трехкомпонентных теллуритных стекол.

В качестве исходных веществ для синтеза стекол были использованы: ортотеллуриновая кислота  $H_6TeO_6$ , пентагидрат нитрата висмута  $Bi(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$  и нитрат цинка  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ . Указанные соединения смешивались в заданном соотношении, а введение примесных ионов никеля(+2) было осуществлено в виде водного раствора его основного карбоната. Составы выпаривались, прокаливались и плавилась в кварцевом тигле в муфельной печи.

Спектры пропускания полученных стекол регистрировались на спектрофотометре в диапазоне длин волн 350 до 2700 нм и установлено наличие интенсивных полос поглощения с максимумами при  $\sim 725, 792, 1310$  нм, обусловленной электронными переходами в ионе  $Ni^{2+}$ .

На основании серий стекол с различным содержанием ионов никеля(II) была установлена спектральная зависимость удельного коэффициента поглощения и найдено, что в максимуме полосы поглощения при длине волны  $\sim 1310$  нм он равен  $(671 \pm 15)$  дБ/(км×ppm).

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект № 0729-2020-0039 в рамках базовой части государственного задания.*

## СПЕКТРАЛЬНЫЕ И СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА АЗОМЕТИНА $H_2Salphen$ И КОМПЛЕКСА $Pt(II)$ НА ЕГО ОСНОВЕ

Макарова А.А.,<sup>1,3</sup> Борисов А.Н.,<sup>1</sup> Ардашева Л.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>СПбГУПТД ВШТЭ, Санкт-Петербург

<sup>3</sup>ГБОУ Лицей № 95 Калининского района, Санкт-Петербург

makarushina@bk.ru

Комплексные соединения переходных металлов с азометиновыми основаниями привлекают внимание исследователей и рассматриваются в качестве прекурсоров для создания новых функциональных материалов, характеризующихся люминесцентными, каталитическими и сенсорными свойствами [1-3].

Азометин  $H_2Salphen$  и комплекс платины (II) на его основе были синтезированы ранее. В работе обсуждается влияние природы растворителя на эмиссионные свойства азометина и его платинового комплекса.

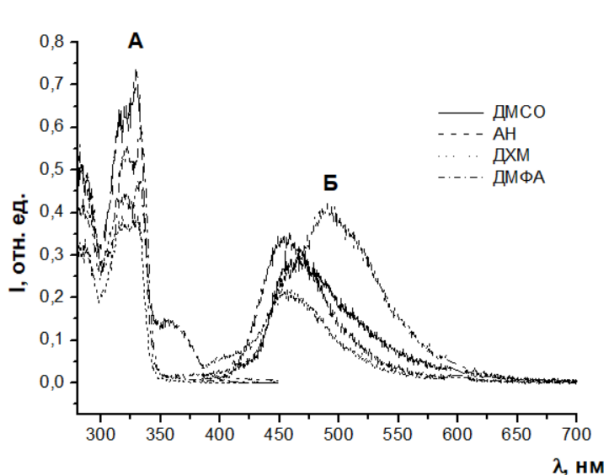


Рис. 1. Спектры возбуждения (А) ( $\lambda_{\text{рег}} = 460$  нм) и люминесценции (Б) ( $\lambda_{\text{возб}} = 300$  нм)  $H_2Salphen$  ( $C_M = 6,36 \cdot 10^{-5}$  М).

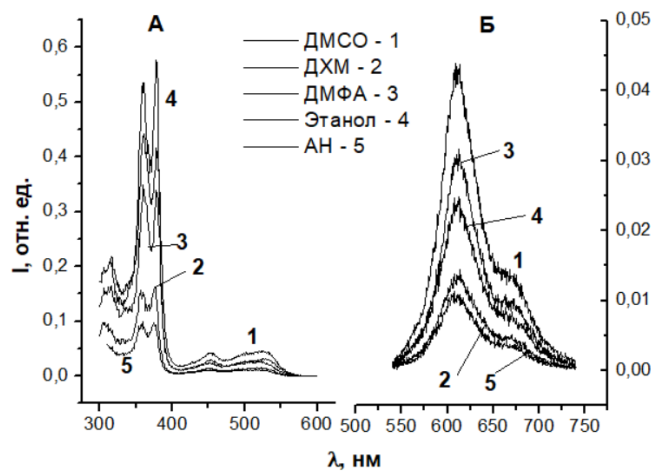
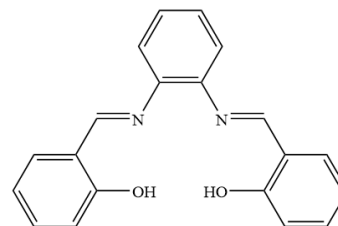


Рис. 2. Спектры возбуждения (А) ( $\lambda_{\text{рег}} = 610$  нм) и люминесценции (Б) ( $\lambda_{\text{возб}} = 450$  нм) комплекса  $[Pt(Salphen)]$  ( $C_M = 3,76 \cdot 10^{-5}$  М).

В спектрах возбуждения свежеприготовленного раствора  $N,N'$ -бис-4-(гидроксисалицилиден)-фенилендиамина наблюдаются два коротковолновых максимума в области 320-350 нм, связанных с внутрелигандными  $\pi-\pi^*$  переходами. В растворах этанола, диметилформамида и ацетонитрила дополнительно проявляется малоинтенсивная полоса в области 350-450 нм (рис. 1). Было установлено, что в этих же растворителях форма и положение максимумов спектров эмиссии  $H_2Salphen$  зависит от длины возбуждающего света (рис. 3). Таким образом, можно сделать вывод, что существует два люминесцирующих состояния лиганда, которые



можно связать с его двумя формами: бензоидной и хиноидной. Существование последней обусловлено переходом протона гидроксогруппы к азоту. Наличие изобестической точки в электронных спектрах возбуждения (рис. 4) при  $\lambda = 345$  нм также подтверждает присутствие двух форм азометина в растворе.

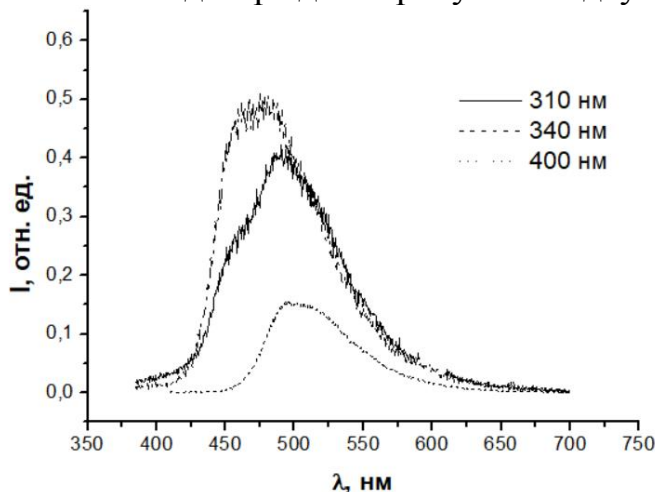


Рис. 3. Спектры люминесценции  $H_2Salphen$  ( $C_M = 6,36 \cdot 10^{-5}$  М) в растворе ДМФА при различных длинах волн возбуждения.

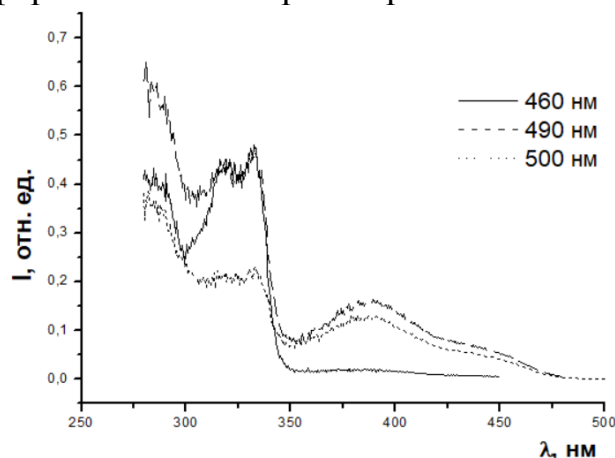


Рис. 4. Электронные спектры возбуждения  $H_2Salphen$  ( $C_M = 6,36 \cdot 10^{-5}$  М) в растворе ДМФА при различных длинах волн регистрации.

Спектры люминесценции и возбуждения комплекса  $[Pt(Salphen)]$  были зарегистрированы при с.у. без дополнительной деаэрации (рис. 2). Ранее было установлено, что соответствующее люминесцирующее состояние изучаемого комплекса платины (II) относится к низшему долгоживущему триплетному электронно-возбужденному состоянию типа переноса заряда металл-лиганд ( $d\pi-\pi^*$ ) типу. Наши результаты находятся в полном соответствии с этим выводом.

Дополнительно в продолжение ранее выполненных исследований было изучено влияние концентрации ионов бария на эмиссионные свойства комплекса платины. Выявлено, что, в повышение концентрации катионов бария до 0,9 М не влияет на эмиссионные свойства  $[Pt(Salphen)]$  в ацетонитрильном растворе с заявленной концентрацией соединения  $5 \cdot 10^{-5}$  М.

#### Список литературы

1. Asatkar A.K., Senanayak S.P., Bedi A., Panda S., Narayan K.S., Zade S.S. // Chem. Commun. 2014. Vol. 50. N 53. P. 7036.
2. Habarurema G. Rhenium (I), (III) and (V) complexes with potentially multidentate N, O-Donor ligands. dissertation for Magister Scientiae, Nelson Mandela Metropolitan University, 2013.
3. Kim D.W., Park K.W., Yang M.H., Kim J., Lee S.S., Kim J.S. // Bull. Korean Chem. Soc. 2006. Vol. 27. N 7. 899.

## ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ТЕРМОХИМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ МЕТОДАМИ КВАНТОВОЙ ХИМИИ

Мальцева В.Е.

СПбГТИ (ТУ), Санкт-Петербург

varyamalceva@mail.ru

Перспективной областью применения методов квантовой химии является выполнение с их помощью термодинамических расчётов. Практической значимостью обладают расчёты с термодинамической точностью, позволяющие рассчитать энтальпию образования веществ в газовой фазе, изменение энтальпии в ходе химической реакции и, с некоторыми осложнениями, энергию Гиббса образования веществ. Наибольший интерес вызывает возможность использования полученных результатов для расчёта констант равновесия химических реакций, в том числе в перспективе для водных растворов веществ. Из-за невозможности использовать прямые неэмпирические расчеты высокого уровня для расчета энтальпии образования больших молекул, используются композитные методы, такие как CBS, G<sub>n</sub>, W<sub>n</sub> и другие. В основе этих методов лежит аддитивность энергии молекулы. При этом расчет высокого уровня аппроксимируется серией расчетов более низкого уровня теории, выполняемых с меньшими затратами вычислительных мощностей.

Например, в метод G4 представляет собой состоит из следующих этапов расчетов [1]:

1. Оптимизация геометрии методом теории функционала плотности (DFT) с функционалом B3LYP и базисным набором 6-31G(2df,p), расчет частоты колебаний в гармоническом приближении, поправок на энергию нулевых колебаний (*zero-point vibrational energy* – ZPvE).

2. Серия расчетов энергии корреляции без оптимизации геометрии – используется геометрия, полученная на первом этапе. К энергии, рассчитанной на уровне теории MP4/6-31G(d), как к основной, добавляются различные поправки, полученные из ряда расчетов энергии без оптимизации геометрии на разном уровне – поправки на базисные наборы ( $\Delta E(+)$  – поправка на введение диффузных функций,  $\Delta E(2df,p)$  – поправка на введение поляризационных функций более высоких порядков,  $\Delta E(G3LargeXP)$  – поправка на расширение базисного набора и возможную неаддитивность первых двух поправок,  $\Delta E(HF)$  – поправка на понижение энергии при использовании полного базисного набора). Также добавляются поправки  $\Delta E(CC)$  для учета электронной корреляции с использованием метода связанных кластеров,  $\Delta E(SO)$  – поправка на спин-орбитальные взаимодействия,  $HLC$  – эмпирическая поправка, зависящая от числа  $\alpha$  и  $\beta$  электронов.

$$E_0(G4) = E(MP4/6-31G(d)) + \Delta E(+ ) + \Delta E(2df,p) + \Delta E(G3LargeXP) + \Delta E(HF) + \Delta E(CC) + \Delta E(SO) + HLC + ZPvE \approx E(CCSD(T)/G3LargeXP)$$

Так, метод G4 представляет собой аппроксимацию расчета CCSD(T)/G3LargeXP. Методы CBS имеют похожую структуру.

Для некоторых классов соединений, а также для больших молекул эти методы приводят к значительной ошибке, хотя для малых молекул позволяет добиться точности в 3.3 кДж/моль [1]. Недостатком этих методов является наличие в них двух эмпирических поправок, которые были рассчитаны с целью минимизации среднеквадратичного отклонения между экспериментальными данными и расчетными значениями для тестовых наборов, однако обе они численные и не зависят от геометрического строения соединения. Целью данной работы было изучение зависимости величины ошибки расчёта термодинамических параметров веществ от строения молекулы вещества. Исследовались преимущественно вещества, не входящие в список используемых молекул метода G4. В качестве параметров, отражающих строение молекулы, рассматриваются: количество атомов каждого из присутствующих в молекуле химических элементов, количество функциональных групп каждого типа, различные виды параметра степени разветвленности и т.п.

Энтальпии образования газовой фазы (298.15 К, 101.325 Па) аминов (первичных, вторичных, третичных, циклоалкиламинов и циклических), спиртов (первичных, вторичных, третичных одноатомных и многоатомных) и альдегидов были рассчитаны методами G4, G4MP2, CBS-QB3 с использованием метода атомизации по уравнениям:

$$\Delta_f H_0^\circ(\text{вещ.}) = \sum_i \Delta_f H_0^\circ(\text{атом}_i) - \sum_i E_0(\text{атом}_i)$$

$$\Delta_f H_{298}^\circ(\text{вещ.}) = \Delta_f H_0^\circ(\text{вещ.}) + (H_{298}^\circ - H_0^\circ)_{\text{вещ.}} - \sum_i (H_{298}^\circ - H_0^\circ)_{\text{элемент}_i \text{ ст.сост.}}$$

где  $\Delta_f H_0^\circ$ ,  $\Delta_f H_{298}^\circ$  – энтальпия образования данного вещества при 0 и 298.15 К,  $H_{298}^\circ - H_0^\circ$  – приращение энтальпии вещества при изменении температуры от 0 до 298.15 К,  $E_0$  – нулевая энергия, Дж/моль.

Также были получены значения констант кислотности и основности на основе аналогичных расчетов с учетом влияния растворителя – воды – по модели континуума в двух версиях модели поляризационного континуума. В основе этих моделей лежит допущение о возможности замены отдельных «явных» молекул растворителя непрерывной средой.

Для большинства выбранных соединений были доступны экспериментальные значения энтальпии образования газовой фазы и константы кислотности или основности для водных растворов. Проанализированы отклонения экспериментальных значений от значений, полученных теоретическими методами.

#### Список литературы

1. Curtiss L.A., Redfern P.C., Raghavachari K. // J. Chem. Physics. 2007. Vol. 126. N 8. Art. № 084108.



## ПРЕВРАЩЕНИЕ МЕТАНОЛА В УГЛЕВОДОРОДЫ НА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТАХ ZSM-5

*Бабаева Т.А., Мамедова Б.А., Ахмедова Н.Ф., Мамедов С.Э.*

*Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджанская Республика*

*nargiz.akhmedova1@gmail.com*

Лёгкие олефиновые и ароматические углеводороды являются ценными полупродуктами нефтехимии. Однако из-за глобального энергетического кризиса и растущего спроса на олефины  $C_2-C_4$  и паразамещённые ароматические углеводороды большое внимание уделяется альтернативным нефти ресурсам.

В связи с этим разработка эффективных катализаторов с целью получения олефинов  $C_2-C_4$  и ароматических углеводородов из природного газа через метанол является актуальным. В настоящей работе изучено влияние концентрации лантана на физико-химические и каталитические свойства цеолита ZSM-5 в превращении метанола в углеводороды.

Катализаторы, содержащие 1,0-5,0 мас.% лантана получали методом пропитки. Опыты проводили в интервале температур 300-400<sup>0</sup>С в проточной установке в среде азота.

При температуре реакции 300<sup>0</sup>С конверсия метанола на HZSM-5 составляет 70%. Основную часть продуктов составляют углеводороды  $C_2-C_3$ . С увеличением температуры наблюдается снижение выхода фракции  $C_4$  и ароматических углеводородов.

Немодифицированный цеолит HZSM-5 обладает высокой концентрацией сильных брэнстедовских центров (554 мкмоль/г). Модифицирование цеолита HZSM-5 лантаном снижает концентрацию сильных брэнстедовских кислотных центров, увеличивает концентрацию средних кислотных центров и создаёт новые, более сильные льюисовские кислотные центры. Увеличение концентрации лантана в цеолите до 5,0 мас.% снижает концентрацию сильных брэнстедовских центров до 88 мкмоль/г. Кроме того, в результате модифицирования происходит уменьшение удельной поверхности цеолита, распределение наночастиц модификатора на удельной поверхности цеолита и в каналах, и тем самым наряду с кислотными центрами изменяет текстурные свойства цеолита.

Эти изменения влияют на селективность образующихся продуктов. Увеличение температуры реакции до 400<sup>0</sup>С и концентрации лантана до 3,0 мас.% способствует возрастанию выхода ароматических углеводородов (до 38,5 мас.%). Дальнейшее увеличение содержания лантана в катализаторе (до 5,0 мас.%) приводит к возрастанию олефинов  $C_2-C_4$  (до 40,2 мас.%). Следует отметить, что на образцах, содержащих 4,0-5,0 мас.% лантана содержание п-ксилола в смеси ксилолов достигает 74,7%.

Таким образом, выход олефинов  $C_2-C_4$  и ароматических углеводородов регулируется температурой реакции и содержанием модификатора в цеолите.

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СОРБЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЗАКОНА ДЕЙСТВУЮЩИХ МАСС

*Черемисина О.В., Пономарева М.А., Машукова Ю.А., Молотилова А.Ю.*

*Горный университет, Санкт-Петербург*

*mya55@mail.ru*

Широкая востребованность редкоземельных металлов (РЗМ) на сырьевом рынке обуславливает необходимость разработки методов их селективного извлечения из технологических растворов различного состава. Актуальной задачей является выбор математической модели описания сорбционных равновесий, позволяющей производить расчет основных термодинамических параметров процесса с достаточной достоверностью. Однако каждая модель имеет допущения, что ограничивает её применимость некоторым диапазоном концентраций и параметрами проведения процесса извлечения [1]. В данной работе предложено применение термодинамической модели, основанной на линеаризации закона действующих масс, для описания процессов сорбции и твердофазной экстракции РЗМ из растворов различного состава.

Изучен процесс сорбции РЗМ на анионитах из нитратных и сульфатных сред в виде ЭДТА-церрат ионов и дисульфатных комплексов соответственно, а также твердофазной экстракции РЗМ в виде дигидрофосфатных комплексов с применением полимерных материалов, содержащих импрегнированную (SIR) и иммобилизованную в матрице сорбента (ERE) ди-2-этилгексилфосфорную кислоту.

Получены экспериментальные изотермы сорбции РЗМ из нитратных, сульфатных и фосфорнокислых сред, которые были приведены к линейному виду с использованием линеаризованного закона действующих масс (таблица 1).

Таблица 1. Линейные формы закона действующих масс

Среда	Выражение закона действующих масс
Фосфорнокислая (SIR)	$\frac{1}{\Gamma_{\text{Ln}(\text{H}_2\text{PO}_4)\text{R}_2(\text{HR})_s}} = \frac{1}{K^{1/(\frac{2+S}{2})} \cdot \Gamma_\infty} \cdot \frac{a_{\text{H}^+}^{2/(\frac{2+S}{2})} \cdot \Gamma_{\text{Ln}(\text{H}_2\text{PO}_4)\text{R}_2(\text{HR})_s}^{(\frac{2+S}{2})}}{a_{\text{Ln}(\text{H}_2\text{PO}_4)^{2+}}^{1/(\frac{2+S}{2})}} + \frac{1}{\Gamma_\infty}$
Фосфорнокислая (ERE)	$\frac{1}{\Gamma_{\text{Ln}(\text{H}_2\text{PO}_4)\text{R}_2}} = \frac{1}{K^{1/2} \cdot \Gamma_\infty} \cdot \frac{a_{\text{H}^+} \cdot \Gamma_{\text{Ln}(\text{H}_2\text{PO}_4)\text{R}_2}^{-1/2}}{a_{\text{Ln}(\text{H}_2\text{PO}_4)^{2+}}^{1/2}} + \frac{1}{\Gamma_\infty}$
Нитратная	$\frac{1}{\Gamma_{\text{LnTr}^-}} = \frac{1}{\Gamma_\infty} + \frac{[\text{NO}_3^-] \cdot \gamma_{\pm \text{NaNO}_3}^2}{K \cdot \Gamma_\infty \cdot [\text{LnTr}^-] \cdot \gamma_{\pm \text{NaLnTr}}^2}$
Сульфатная	$\frac{1}{\Gamma_{[\text{Ln}(\text{SO}_4)_3]^{3-}}} =$

$$\frac{3}{\Gamma_{\infty}} + \frac{1}{\Gamma_{\infty} \cdot K^{1/3}} \cdot \left( \frac{2[\text{SO}_4^{2-}]^{1/3} \cdot \gamma_{\pm \text{MgSO}_4}^{2/3}}{\Gamma_{[\text{Ln}(\text{SO}_4)_3]^{3-}}^{1/3} \cdot [\text{Ln}(\text{SO}_4)_2]^{-2/3} \cdot \gamma_{\pm \text{Mg}[\text{Ln}(\text{SO}_4)_2]_2}} \right)$$

Исходя из линейных форм изотерм сорбции рассчитаны термодинамические параметры процесса: константа равновесия, изменение энергии Гиббса, полная ёмкость сорбентов и полимерных материалов. Полученные значения представлены в таблице 2.

Таблица 2. Термодинамические параметры процессов извлечения РЗМ

Среда	РЗЭ	$\Gamma_{\infty}$ , моль/кг	K	$-\Delta G_{298}$ , кДж/моль·К
Фосфорнокислая (SIR)	Eu	$(1,95 \pm 0,10) \cdot 10^{-2}$	$28,86 \pm 1,44$	$8,33 \pm 0,42$
	Ho	$(7,20 \pm 0,36) \cdot 10^{-2}$	$60,93 \pm 3,05$	$10,18 \pm 0,51$
	Yb	$(11,32 \pm 0,57) \cdot 10^{-2}$	$(11,29 \pm 0,57) \cdot 10^2$	$17,42 \pm 0,87$
Фосфорнокислая (ERE)	Eu	$(1,07 \pm 0,05) \cdot 10^{-2}$	$18,67 \pm 0,93$	$7,25 \pm 0,36$
	Ho	$(6,04 \pm 0,30) \cdot 10^{-2}$	$(10,4 \pm 0,51) \cdot 10^1$	$11,52 \pm 0,58$
	Yb	$(11,07 \pm 0,55) \cdot 10^{-2}$	$(19,68 \pm 0,98) \cdot 10^2$	$18,79 \pm 0,94$
Сульфатная	Pr	$0,67 \pm 0,03$	$1,84 \pm 0,09$	$1,51 \pm 0,08$
	Nd	$0,68 \pm 0,034$	$1,66 \pm 0,08$	$1,26 \pm 0,06$
	Sm	$0,71 \pm 0,04$	$2,32 \pm 0,12$	$2,08 \pm 0,10$
Нитратная	Ce	$2,00 \pm 0,10$	$9,00 \pm 0,50$	$5,54 \pm 0,27$

Таким образом, модель линеаризованного закона действующих масс была применена для расчета термодинамических параметров процесса сорбционного извлечения РЗМ на анионитах, достоверность полученных значений подтверждается высокими коэффициентами корреляции линейных форм изотерм сорбции, совпадением рассчитанного значения полной емкости сорбента с величиной емкости по сертификату ионообменной смолы, а также литературными данными по сорбции ЭДТА-целлат ионов [2].

Кроме того, модель была модифицирована применительно к процессу твердофазной экстракции. Увеличение значения константы экстракционного равновесия с ростом эффективного заряда на атоме РЗЭ согласуется с закономерностями жидкостной экстракции, а некоторые различия в значениях термодинамических параметров извлечения РЗЭ импрегнированным и иммобилизированным полимером обусловлены особенностями химических взаимодействий в твердой фазе смолы.

#### Список литературы

1. Dada A.O., Olalekan A.P., Olatunya A.M., Dada O. // J. Appl. Chem. 2012. Vol. 3. N 1. P. 38.
2. Cheremisina O.V., Chirkst D.E., Ponomareva M.A. // Russ. J. Phys. Chem.. 2013. Vol. 87. N 2. P. 288.

## ПОЛИЯДЕРНЫЕ 3d-4f КОМПЛЕКСЫ ЛАНТАНОИДОВ С КОБАЛЬТОМ И ИЗОЛЕЙЦИНОМ

Милых А.С., Семешкина Д.Д., Хащеватская В.И., Долженко В.Д.

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва

*semeshkina.d@gmail.com*

Полиядерные 3d-4f гетерометаллические комплексы потенциально применимы в качестве молекулярных магнетиков, люминесцентных термометров и сенсоров. О комплексах кобальта с РЗЭ и аминокислотами информации крайне мало, хотя методики получения и структурные формулы подобных соединений с иными 3d-металлами, такими как никель и медь, представлены во многих исследованиях [1, 2]. В данной работе синтезированы и изучены семиядерные комплексы лантана и церия с кобальтом и изолейцином.

Получены четыре комплекса состава  $[\text{LnCo}_6(\text{Ile})_{12}](\text{X})_3$  ( $\text{Ln} = \text{La}, \text{Ce}$ ;  $\text{X}^- = \text{ClO}_4^-, \text{PF}_6^-$ ). В процессе синтеза сначала получали  $\text{Co}(\text{Ile})_2$ , который затем растворяли в аргонированном метаноле, смешивали с хлоридами Ln и нагревали до образования  $[\text{LnCo}_6(\text{Ile})_{12}]^{3+}$  ( $\text{Ln} = \text{La}, \text{Ce}$ ). Комплексный катион осаждали с помощью  $\text{ClO}_4^-$  и  $\text{PF}_6^-$ .

$\text{Co}(\text{Ile})_2$  исследовали с помощью термогравиметрии, комплексонометрического титрования и ИК. Результаты ТГА и титрования согласуются с предполагаемой формулой изолейцината кобальта. Согласно данным ИК-спектроскопии, соединение содержит  $-\text{COO}^-$ -группу ( $1583 \text{ см}^{-1}$  (с.) –  $\nu_{\text{as}}(\text{COO}^-)$ ,  $1412 \text{ см}^{-1}$  (с.) –  $\nu_{\text{s}}(\text{COO}^-)$ ) и  $-\text{NH}_2$ -группу ( $3333 \text{ см}^{-1}$  (ср.) –  $\nu(\text{NH}_2)$ ), что указывает на образование соли аминокислоты.

Полученные комплексы кобальта с РЗЭ охарактеризовали методами РСА, РФА и ИК. Согласно данным РСА для  $[\text{LaCo}_6(\text{Ile})_{12}](\text{PF}_6)_3$ , шесть атомов кобальта располагаются в вершинах октаэдра и вместе с мостиковыми лигандами – изолейцинами – образуют жёсткий каркас с полостью, в центр которой помещён катион лантаноида (рис. 1). По данным РФА, все полученные соединения изоструктурны.



Рис. 1. Кристаллическая структура  $[\text{LaCo}_6(\text{Ile})_{12}](\text{PF}_6)_3$

### Список литературы

1. Seijas L.E., Belandria L.M., Vivas P.J., Guillén M., Burgos J.L., Fitch A.N., Wright J., Rincón L., Delgado G.E., Mora A.J. // J. Mol. Struct. 2022. Vol. 1261. Art. № 132898.
2. Yokota M., Kikuchi S., Sen J., Kamei T., Doki N. // Adv. Chem. Eng. Sci. 2015. Vol. 6. N 1. P. 62.

## СИНТЕЗ ПОРИСТЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ С АРОМАТИЧЕСКИМ КАРКАСОМ

*Михальченко А.В., Сорокина С.А., Кучкина Н.В., Шифрина З.Б.*

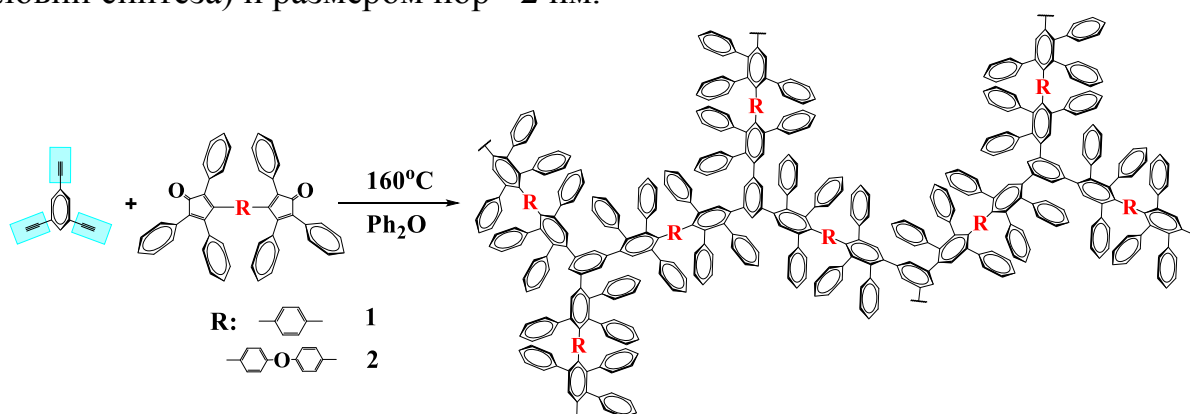
*ИНЭОС им. А.Н. Несмеянова РАН, Москва*

*Mikhailchenko.A.V@yandex.ru*

Разработка пористых материалов, обладающих высокой термической стабильностью и большой внутренней микропористостью является актуальной задачей, поскольку такие материалы могут применяться сразу в нескольких научных областях, в частности, они могут быть использованы для хранения и разделения газов, таких как  $H_2$  и  $CH_4$ , для захвата  $CO_2$ ; для создания новых энергосберегающих технологий [1].

Целью данной работы является синтез и исследование микропористости растворимых жесткоцепных ароматических полимеров, обладающих большой удельной площадью поверхности.

В ходе работы, по реакции Дильса-Альдера был получен ряд растворимых полимеров на основе триразветвленного ядра. Полученные соединения были тщательно охарактеризованы методами: ЯМР спектроскопии, гель-проникающей хроматографии, ИК-спектроскопии. Удельная площадь поверхности и объем микропор определили по поглощению азота с использованием модели Langmuir и Brunauer-Emmett-Teller (BET) теории. Благодаря жесткости цепи макромолекулы, обусловленной ее химическим строением, нам удалось создать термически и гидролитически стабильные полимеры с удельной площадью поверхности 400-650  $m^2/g$  (в зависимости от условий синтеза) и размером пор  $<2$  нм.



### Список литературы

1. Davis M. E. // Nature. 2002. Vol. 417. N 6891. P. 813.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 22-73-00087).*

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ АДсорбЦИИ СОБИРАТЕЛЕЙ С РАЗНЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-АКТИВНЫМИ ГРУППАМИ НА ПОВЕРХНОСТИ СУЛЬФИДНЫХ МИНЕРАЛОВ

Мулюкова А.Б., Кононов Е.А., Чеканова Л.Г.

*Институт технической химии УрО РАН (филиал ПФИЦ УрО РАН), Пермь*

*mulyukova.all@yandex.ru*

Для установления закономерностей взаимодействия гидразид неопентановой кислоты (ГнПК), предлагаемого в качестве собирателя для флотации руд цветных металлов, с сульфидными минералами, была исследована его индивидуальная и совместная с бутилксантогенатом калия (БКК) адсорбция на поверхности халькопирита и пирита при исходных концентрациях реагентов  $4.0 \cdot 10^{-4}$  моль/л и pH=9.0 (Рис. 1).

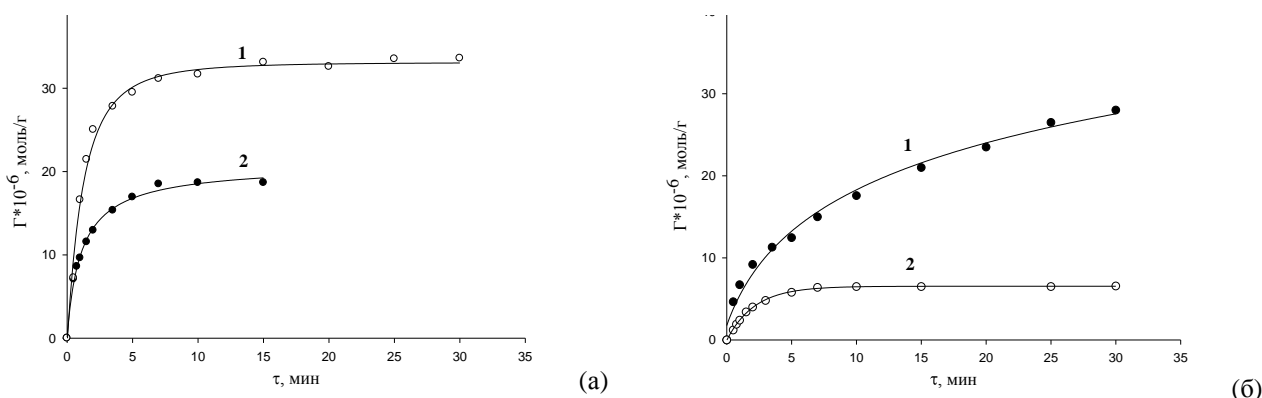


Рис.1. Кинетические кривые индивидуальной адсорбции БКК (а) и ГнПК (б) на пирите(1) и халькопирите(2); 293 К

Значения константы скорости ( $k$ , моль/(г·мин)), рассчитывали по графикам в координатах уравнения Лагергрена ( $\log(Q_e - Q_t) = \log(Q_e) - (k/2.303)\tau$ ) для скорости псевдопервого порядка, где  $\tau$  – время, мин;  $Q_e$  и  $Q_t$  – равновесная и в момент времени  $\tau$  адсорбция реагента (табл.).

Таблица 1. Максимальная адсорбция ( $\Gamma$ ) и константы адсорбции ( $k$ ) ГнПК и БКК и их сочетаний на халькопирите и пирите

Соотношение реагентов БКК: ГнПК	k, моль/(г·мин)			$\Gamma \cdot 10^{-6}$ , моль/г		
	БКК	0.25:1 (20:80)	1:1 (50:50)	ГнПК	БКК	ГнПК
Халькопирит	0.47	1.03	0.83	0.53	18.7	6.6
Пирит	0.55	-	-	0.07	33.6	28.5

Анализ данных таблицы показывает, что максимальная индивидуальная адсорбция БКК и ГнПК в этих условиях на пирите выше, чем на халькопирите. Константа скорости ГнПК на халькопирите значительно выше ее значений на пирите, а именно  $0.53 \cdot 10^{-6}$  моль/г и  $0.07 \cdot 10^{-6}$  моль/г соответственно, в то время как у БКК значение константы скорости выше на пирите. Использование смеси собирателей с преобладанием ГнПК (80 %) увеличивает суммарную константу скорости адсорбции. При данном сочетании ранее нами был установлен рост константы скорости флотации и извлечения меди в процессе обогащения медно-никелевых руд.

## СИНТЕЗ 3/4-(МЕТОКСИФЕНИЛАЗОНАФТОКСИ)ФТАЛОНИТРИЛОВ И КОМПЛЕКСОВ ФТАЛОЦИАНИНА ЦИНКА НА ИХ ОСНОВЕ

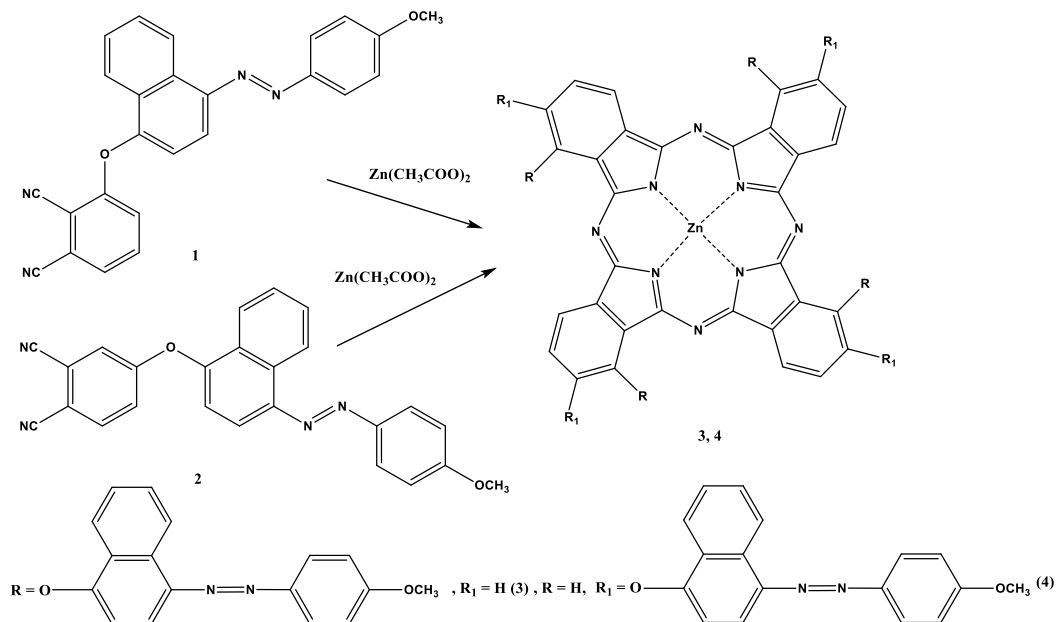
*Мыкина Е.А., Еремеев И.Е., Бычкова А.Н., Тихомирова Т.А., Ващурин А.С.*

*ИГХТУ, Иваново*

*mykina.katerina@yandex.ru*

Настоящее сообщение посвящено синтезу 3- и 4-(метоксифенилазонафтокси)фталонитрилов, фталоцианинов цинка на их основе и изучению спектральных свойств данных соединений.

Диазотированием п-анизидина получена соответствующая соли диазония, которая без выделения использовалась для азосочетания с 1-нафтолом. Полученный 4-метоксифенилазонафтол был направлен на нуклеофильное замещение нитрогруппы в 3- и 4-нитрофталонитриле. На основе синтезированных замещенных фталонитрилов (1,2) темплатной конденсацией с ацетатом цинка получены соответствующие комплексы фталоцианинов цинка (3,4).



Идентификацию всех синтезированных соединений осуществляли с привлечением физико-химических методов.

Изучены спектральные свойства синтезированных комплексов в органических растворителях. Показано влияние местонахождения (периферическое и непериферическое) заместителей и природы растворителя на характер электронных спектров.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, соглашение 22-23-00831 с использованием ресурсов Центра коллективного пользования научным оборудованием ФГБОУ ВО «ИГХТУ» (при поддержке Минобрнауки России, соглашение №075-15-2021-671).*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ДЕГРАДАЦИИ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО С ПОМОЩЬЮ НАНОГИБРИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ГАДОЛИНИЯ (III)

Паромова А.А., Бойцова Т.Б.

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*aaparomova@yandex.ru*

Метиленовый синий (МС) представляет собой катионный краситель, широко используемый в медицине для терапевтических и диагностических процедур, а также в текстильной промышленности. МС не может разлагаться в ходе обычного процесса очистки воды из-за своей сложной ароматической структуры, гидрофильной природы и высокой устойчивости к свету, температуре, а также вызывает значительное загрязнение окружающей среды.

В связи с этим получение наногибридных материалов на основе оксида гадолиния (III) было использовано для изучения синергетического эффекта адсорбционно-фотокаталитической деградации на примере метиленового синего.

В данном исследовании гибридные композиты были приготовлены методом темплатного синтеза. Полученные нанокompозиты обладали пористой структурой – по данным БЭТ площадь удельной поверхности образцов составляла 8-15 [м<sup>2</sup>/г], и демонстрировали высокую каталитическую активность в реакциях фотодегradации метиленового синего.

Таблица 1. Активность фотокаталитического разложения МС в различных системах под действием УФ-излучения ( $\lambda_{\text{возб}} 254 \text{ нм}$ )

Образец	Относительная скорость фотодегradации	Эффективность фотодегradации МС, %	Время реакции, мин.
TiO <sub>2</sub>	$1.4 \cdot 10^{-3}$	11.20	120
TiO <sub>2</sub> /0,6%Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$7.0 \cdot 10^{-3}$	40.16	120
TiO <sub>2</sub> /3%Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$10.5 \cdot 10^{-3}$	52.75	120
TiO <sub>2</sub> /0.6%Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Au	$1.3 \cdot 10^{-3}$	12.8	120
TiO <sub>2</sub> /3%Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Au	$4.7 \cdot 10^{-3}$	30.72	120
TiO <sub>2</sub> /Au	$4 \cdot 10^{-3}$	24.87	120

При облучении светом с длиной волны 254 нм образец Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3% (масс.) проявляет более высокую каталитическую активность по сравнению с образцом Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.6% (масс.) и нелегированными образцами TiO<sub>2</sub> (рис. 1).



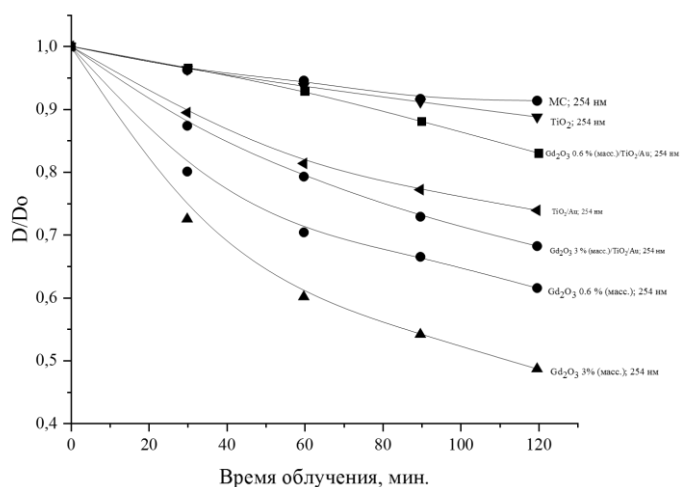


Рис.1. Кривые фотокаталитического разложения водных растворов МС ( $C=2.5 \cdot 10^{-5}$  моль/л) в присутствии  $TiO_2$ ,  $TiO_2/Gd_2O_3$  и  $TiO_2/Gd_2O_3/Au$ .

Улучшенные фотокаталитические характеристики могут быть объяснены, во-первых, пористой структурой полученных композитов, которая обеспечивает большую площадь удельной поверхности [1]. Во-вторых, введение оксида гадолиния в качестве легирующей добавки способствует захвату генерированных при облучении оксида титана (IV) носителей заряда – электронов, с последующим их участием в реакции образования активных частиц ( $O_2^{\bullet-}$ ) в растворе (рис.2). Частицы золота, напротив, способствуют захвату фотогенерированных носителей заряда, тем самым, тормозят процесс катализа.

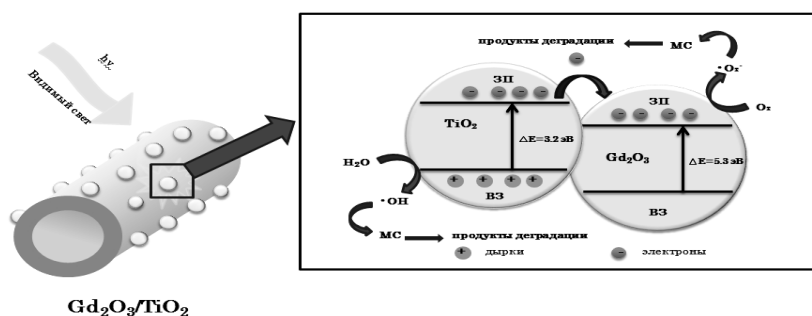


Рис.2. Предполагаемый механизм фотодеградации МС под действием УФ-излучения в присутствии  $TiO_2/Gd_2O_3$ .

Следовательно, наногибридные катализаторы на основе оксида гадолиния (III) могут применяться в качестве экологически чистых, высокоэффективных, воспроизводимых стабильных фотокатализаторов и адсорбентов для удаления МС.

### Список литературы

1. Вахрушев А.Ю., Крайнов Д.С., Бойцова Т.Б., Горбунова В.В., Пак В.Н. // ЖПХ. 2020. Т. 93. № 2. С. 282.

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МУЛЬТИЯДЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛОФТАЛОЦИАНИНОВ С РАЗЛИЧНЫМИ АКСИАЛЬНЫМИ ЗАМЕСТИТЕЛЯМИ

Романенко Н.Р., Фараонов М.А., Конарев Д.В.

ФИЦ ПХФ и МХ РАН, Черноголовка

*Nikita.romanov796@mail.ru*

Металлофталоцианины (МРС) это макроциклические соединения, известные уже на протяжении нескольких веков и применяемые в качестве промышленных красителей. В последние годы данные соединения, обладая рядом перспективных свойств, заинтересовали научное сообщество в качестве объектов исследования. Свойства МРС можно относительно легко настраивать модификацией структуры данных молекул, например, путем замены центрального атома металла или введением разнообразных аксиальных лигандов. Таким образом, например, можно получить различные комплексы с необычными оптическими или магнитными свойствами.

В ходе данной работы нами были получены цианированные формы фталоцианинов марганца(II) и железа(II), а также гексадекахлорфталоцианина железа(II). На основе синтезированных цианированных макроциклов, путем координации ацетилацетоната марганца(II), трис(циклопентаденила) гадолиния(III) и неодима(III), был получен ряд мультиядерных комплексов. Все соединения были исследованы методами электронной спектроскопии и рентгеноструктурного анализа, а также SQUID магнитометрии.

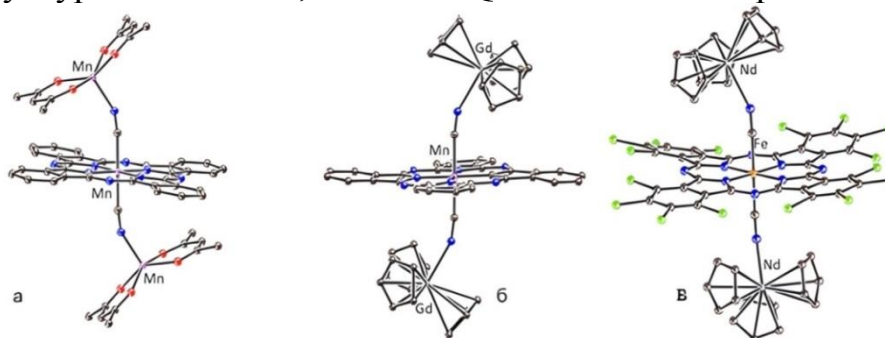


Рис.1. Молекулярная структура: (а) дианиона  $\{Mn^{II}(CN)_2Pc \cdot (Mn^{II}(acac)_2)_2\}^{2-}$ ; (б) дианиона  $\{Mn^{II}(CN)_2Pc \cdot (Cp_3Gd^{III})_2\}^{2-}$ ; (в) дианиона  $\{Fe^{II}(CN)_2(PcCl_{16}) \cdot (Cp_3Nd^{III})_2\}^{2-}$ .

Установлено, что комплекс  $\{Cryptand(K^+)\}_2\{Mn^{II}(CN)_2Pc \cdot (Mn^{II}(acac)_2)_2\}^{2-} \cdot 5C_6H_4Cl_2$  переходит в высокоспиновое ( $S=9/2$ ) состояние при пониженной температуре благодаря наличию в системе трех атомов марганца в разном спиновом состоянии ( $S=5/2$  и  $S=1/2$ ) и антиферромагнитному взаимодействию между ними.

*Получение и исследование комплексов на основе Mn(II)Pc и Fe(II)Pc было выполнено при поддержке проекта РФФ N 21-13-00221, получение и исследование комплексов на основе Fe(II)PcCl<sub>16</sub> было выполнено при поддержке проекта РФФ N 21-73-10207.*

## НИТРОЗАМЕЩЕННЫЕ ФТАЛОЦИАНИНАТЫ МАГНИЯ И ЦИНКА: СПЕКТРАЛЬНО-ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВА И СИНТЕЗ

*Сарвин И.А., Ерзунов Д.А., Вашурин А.С.*

*ИГХТУ, Иваново*

*sarvin2002@mail.ru*

Как известно, структурные родственники порфиринов – фталоцианины, которые являются классом макрогетероциклических соединений, обладают расширенной  $\pi$  электронной системой, что обуславливает их невероятно большой потенциал для использования в легкой промышленности, медицине, катализе и многих других областях. Наиболее интересным, является их интенсивное поглощение в видимой области, но часто ограничивающим фактором изучения и применения данного класса соединений является агрегация – самопроизвольная ассоциация молекул в растворе, за счет перекрывания  $\pi$ -систем двух или более молекул.

В настоящей работе представлена методика синтеза (Схема 1), получены ЭСП, некоторые фотофизические величины, такие как: квантовые выходы флуоресценции, стоксовы сдвиги и времена жизни флуоресценции для синтезированных тетра-4-(4-нитрофенокси)фталоцианинатов металла.

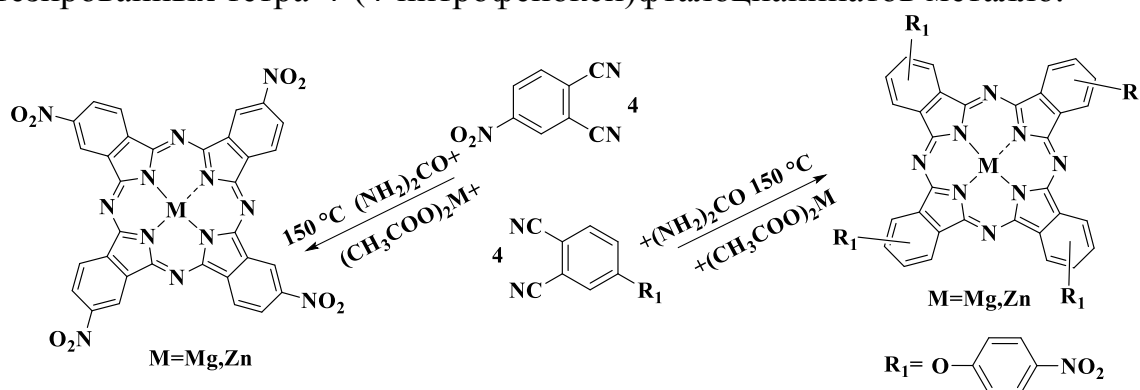


Схема 1. Синтез тетра-4-(4-нитрофенокси)фталоцианинатов цинка и магния

В качестве метода синтеза была выбрана темплатная конденсация в расплаве исходного фталонитрила с ацетатами металлов в мольном соотношении 4 : 1, в присутствии мочевины. Синтез проводили при  $150^\circ\text{C}$  до полного затвердевания смеси (20 минут). Далее реакционную смесь очищали экстракцией на аппарате Сокслетта с хлороформом, или с помощью колоночной хроматографии на силикагеле с хлороформом в качестве элюента. Структура соединений подтверждалась с помощью  $^1\text{H}$  ЯМР и ИК спектроскопии, MALDI-TOF масс-спектрометрии и электронной спектроскопии.

*Работа выполнена при поддержке Российского Научного Фонда, грант 22-73-10158.*

## ЗАВИСИМОСТЬ СОСТАВА ПОЛИЯДЕРНЫХ КОМПЛЕКОВ $[\text{CeNi}_6(\text{Ala})_{12}][(\text{Ln}_x\text{Ce}_{1-x})(\text{NO}_3)_3(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})]$ ОТ УСЛОВИЙ ОСАЖДЕНИЯ И ПРИРОДЫ ЛАНТАНОИДА

Семешкина Д.Д., Долженко В.Д.

МГУ им. М. В. Ломоносова, Москва

*semeshkina.d@gmail.com*

Лантаноиды образуют с d-металлами и аминокислотами полиядерные гетерометаллические комплексы, проявляющие интересные магнитные и люминесцентные свойства [1]. Природа лантаноида и условия осаждения могут значительно влиять на состав и строение образующихся соединений [2].

Лёгкие лантаноиды (La-Nd) образуют с никелем и L-аланином комплексные катионы состава  $[\text{LnNi}_6(\text{Ala})_{12}]^{3+}$ . Благодаря наличию жёсткого каркаса  $\{\text{Ni}_6(\text{Ala})_{12}\}$  с внутренней полостью фиксированного размера устойчивость этих соединений снижается при уменьшении радиуса лантаноида. При добавлении к этанольному раствору комплексного катиона  $\text{Ln}'(\text{NO}_3)_3$  ( $\text{Ln}' = \text{Ce-Y}$ ) образуется кристаллический осадок состава  $[\text{LnNi}_6(\text{Ala})_{12}][(\text{Ln}'_x\text{Ln}_{1-x})(\text{NO}_3)_3(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})]$ . Из-за разрушения катиона в растворе и большей устойчивости комплексного аниона с крупными лантаноидами (КЧ = 10) возможно частичное замещение элемента-осадителя элементом Ln. Ранее показано, что такое замещение в комплексах с  $\text{Ln} = \text{La-Nd}$  и  $\text{Ln}' = \text{Gd}$  максимально для комплексов неодима [2].

В данной работе исследована зависимость степени замещения в комплексах с относительно устойчивым церий-содержащим катионом от условий осаждения и от природы лантаноида-осадителя. Для этого синтезирована серия изоструктурных образцов состава  $[\text{CeNi}_6(\text{Ala})_{12}][(\text{Ln}_x\text{Ce}_{1-x})(\text{NO}_3)_3(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})]$  ( $\text{Ln} = \text{Tb, Ho, Er, Tm, Yb, Lu}$ ) при различных разбавлениях исходного раствора. Полученные комплексы охарактеризованы методами РФА, ИК, ICP-MS.

Показано, что степень замещения для всех Ln увеличивается (доля Ln уменьшается) при разбавлении раствора (слева направо на рис. 1) и при уменьшении радиуса лантаноида-осадителя (сверху вниз на рис. 1). Для объяснения этих закономерностей предложена модель равновесий в растворе. Для подтверждения этой модели изучена кинетика протекающих в растворе процессов методом ЭСП, а также с помощью видеофиксации оценено изменение времени начала кристаллизации при разбавлении исходного раствора.

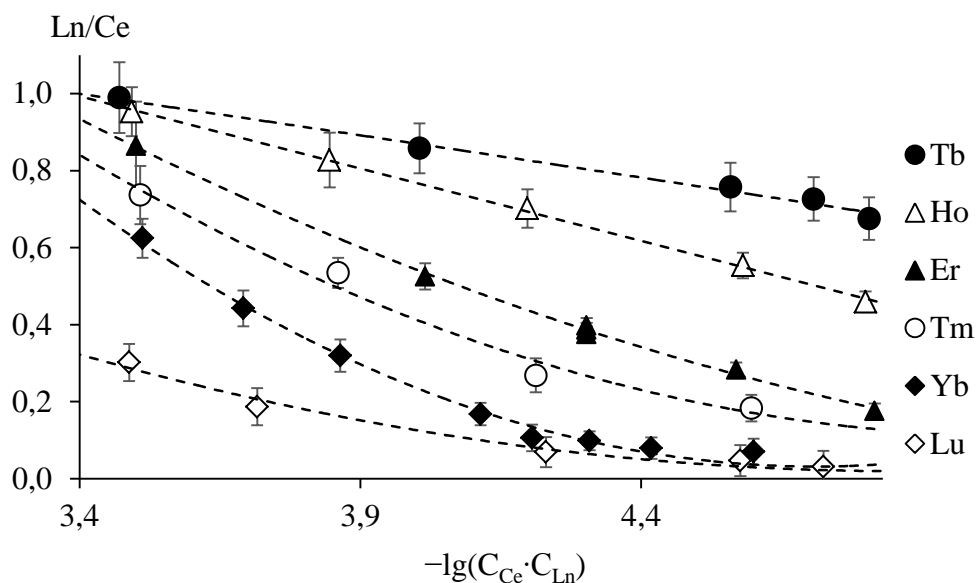


Рис. 1. Зависимость степени замещения от условий осаждения и природы Ln-осадителя.

#### Список литературы

1. Canaj A.B., Kakaroni F.E., Collet A., Milios C.J. // Polyhedron. 2018. Vol. 151. P. 1.
2. Bezzubov S.I., Churakov A.V., Belousov Y.A., Bilyalova A.A., Lavrova M.A., Zharinova I.S., Kiselev Yu.M., Dolzhenko V.D. // Cryst. Growth & Design. 2017. Vol. 17. N 3. P. 1166.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГОЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТИ

*Сидорова И.П., Шавкунов С.П.*

*ПГНИУ, Пермь*

*sidorovaya18@gmail.com*

Структура поверхности угольного электрода имеет разветвленную систему пор, роль которых заключается в увеличении истинной площади электрода. Поры формируются на этапе изготовления электродов и являются транспортными каналами, обеспечивающими подвод ионов электролита к порам меньших размеров. В результате этого процесса на границе раздела фаз электрод/электролит образуется двойной электрический слой (ДЭС) [1].

В качестве электролитов были взяты водные растворы, для повышения плотности которых использовали хорошо растворимые соли цинка (бромид, хлорид) и кальция (бромид, нитрат, хлорид). Значения плотности электролитов находились в интервале от 1.61 до 2.20 г/см<sup>3</sup>, удельной электропроводности - от 0.010 до 0.033 См/см.

Основной задачей эксперимента было определение области идеальной поляризуемости (ОИП) угольного электрода, параметры которой связаны со структурой поверхности электрода и свойствами электролита. Данная область характеризуется отсутствием окислительно-восстановительных реакций (ОВР), и поэтому вся электрическая энергия тратится на зарядку ДЭС.

Используя метод циклических вольтамперных (ЦВА) кривых (рис.1) определяли значение ОИП на основе пограничных потенциалов для участка, в котором отсутствуют ОВР.

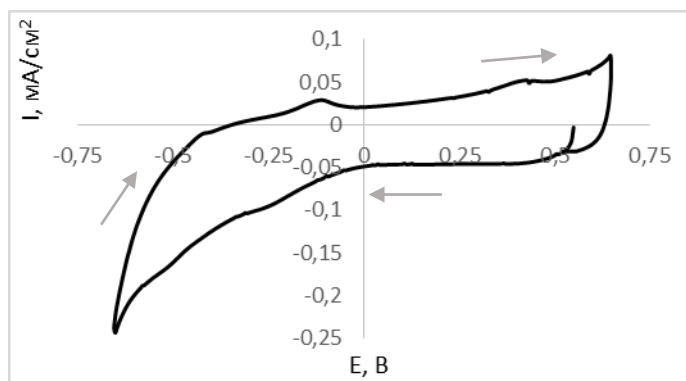


Рис.1. ЦВА кривая для угольного электрода, полученная в растворе высокой плотности

Было показано, что водные растворы высокой плотности оказывают положительное влияние на ОИП угольного электрода, увеличивая ее на 30-40 % (1.3-1.4 В) по сравнению с растворами серной кислоты (1.0 В) [2].

Если мы выходим за рамки ОИП (рис.2), то сталкиваемся с дополнительными процессами характерными для растворов, содержащих соли цинка и бромид кальция.

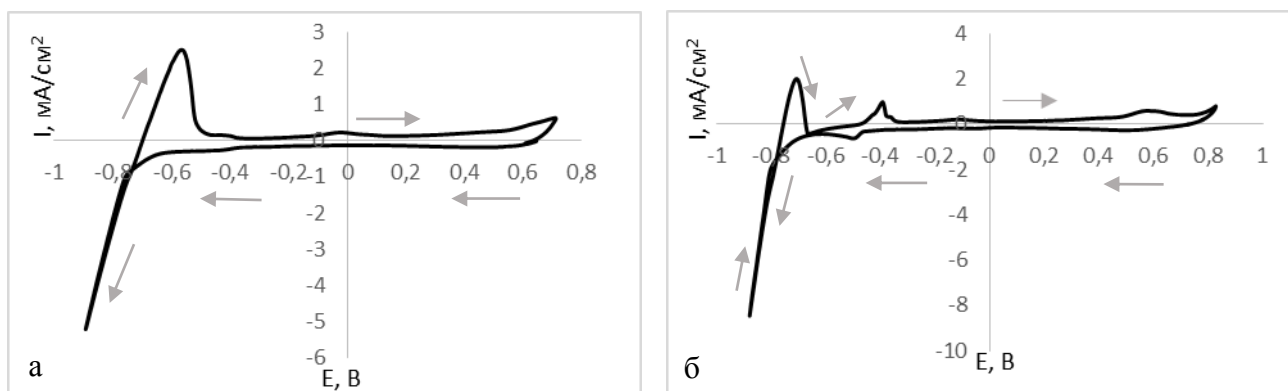


Рис.2. ЦВА кривые для угольного электрода, полученные в растворах:  
а)  $ZnCl_2$  и  $CaBr_2$ ; б)  $ZnBr_2$  и  $CaBr_2$

В катодной области при потенциалах отрицательнее  $-0.8$  В наряду с выделением водорода происходит восстановление цинка (рис.2 а, б). Обратный ход ЦВА кривой показывает, что данный процесс осаждения цинка на поверхности угольного электрода обратим, и количественно окисляется до ионов цинка при потенциалах аноднее  $-0.7$  В. При наличии ионов брома в водном электролите наблюдается специфическая адсорбция этих ионов, которая приводит к перезарядке поверхности в области потенциалов  $-0.66$  В и последующему окислению этих ионов при потенциале  $-0.42$  В (рис.2 б). Наличие данных ОВР с участием ионов цинка и брома было доказано методами элементного анализа и наглядно демонстрирует необходимость исследования электрохимических свойств системы угольный электрод/электролит в более широком интервале потенциалов, чем ОИП. Изучение реакций и механизма процессов позволит уменьшить влияние определенных ионов, что позволит создать инертный электролит, увеличивающий ОИП.

#### Список литературы

1. Стюхин В.В., Лапшин Э.В. // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». 2011. Т. 2. С. 209.
2. Рычагов А.Ю., Вольфович Ю.М. // Электрохимия. 2007. Т. 43. № 11. С. 1343.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НИТРАТОВ ГАДОЛИНИЯ И ЕВРОПИЯ

Синицына А.А., Горбунова В.В.

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*alena.sinicyna.99@mail.ru*

В настоящее время в отечественной и зарубежной литературе прослеживается повышенный интерес к публикациям, посвященным синтезу и исследованию структуры и свойств полифункциональных материалов на основе оксидов лантаноидов. Так, применение парамагнитных наночастиц  $Gd_2O_3$  в качестве контрастных веществ для получения ЯМР-изображений положило начало целому ряду новых направлений в медицине для диагностики и терапии раковых заболеваний. Помимо магнитных свойств, соединения некоторых лантаноидов, в частности  $Eu_2O_3$ , проявляют уникальные оптические свойства, что является предпосылкой создания на их основе флуоресцентных меток в биоанализе и медицине [1]. Эти сведения определяют возможность использования этих соединений также и в качестве фотокатализаторов. В проводимом нами исследовании по изучению фотокаталитических свойств титансодержащих композитов, допированных оксидами гадолиния и европия, прекурсорами для получения оксидов являются нитраты гадолиния и европия.

Целью данной работы является экспериментальное подтверждение процессов разложения нитратов гадолиния и европия до оксидов при выбранных нами условиях темплатного синтеза фотокатализаторов.

Хорошо известно, что нитраты переходных металлов начинают разлагаться при температурах выше  $100^\circ C$ , благодаря переносу электронов с нитрат-иона на незаполненные катионные d-орбитали [2], при этом устойчивость октаэдрических комплексов  $[Ln(H_2O)_6]^{3+}$  настолько велика, что часть присутствующих в соединении нитрат-ионов удаляется задолго до достижения полной дегидратации. В работе [3] показано, что после частичной дегидратации происходит одновременная конденсация четырех молей исходного мономера  $Gd(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$  в тетрамер  $Gd_4O_4(NO_3)_4$ . При образовании этого гетероцикла, содержащего 4 атома гадолиния, происходит постепенная потеря оксида азота (V) и наблюдается образование промежуточных оксинитратов. Разложение последних приводит к конечному продукту – оксиду гадолиния (III).

Для достижения поставленной цели изучено термическое поведение нитратов гадолиния и европия с помощью совмещенного метода термогравиметрии (ТГА) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) с использованием установки NETZCH STA 449F3 в атмосфере аргона.

На рисунке 1 приведены термограмма нитрата гадолиния. Анализ характера кривых ТГА и ДСК свидетельствует о том, что процесс дегидратации нитратов гадолиния является сложным и не сводится только к потере воды. Так,



в интервале температур 60-70°C происходит плавление кристаллогидрата в собственной воде, что соответствует небольшому эндотермическому эффекту, согласно кривой ДСК. Затем наблюдается значительная потеря массы в интервале температур 100-530°C, соответствующая трем этапам дегидратации (20,8%, 29,12% и 8,32%). Подтверждением сложности процесса дегидратации является характер изменения кривой ДСК. При температурах 650-850°C значение потери массы остается постоянным. Расчеты показывают, что процесс заканчивается конечным продуктом  $Gd_2O_3$ .

Анализ представленной на рисунке 2 термограммы для нитрата европия позволяет выделить четыре стадии разложения. После плавления в собственной воде в интервале от 70-300°C потеря массы составляет 21,03%, затем при повышении температуры до 410°C теряется 23,37%, при дальнейшем нагревании до 530°C уходит 7,44% и на последней стадии – 3,11%. Процесс заканчивается образованием остаточной массы 45,59%  $Eu_2O_3$ . Вид кривой ДСК отличается от вида кривой для нитрата гадолиния.

Таким образом, проведенное исследование подтверждает, что полное разложение нитратов гадолиния и европия до оксидов заканчивается при температурах 600-650°C.

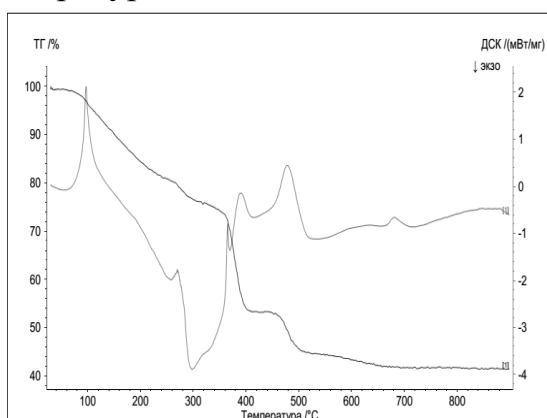


Рис.1 Термограмма ТГА и ДСК  $Gd(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$

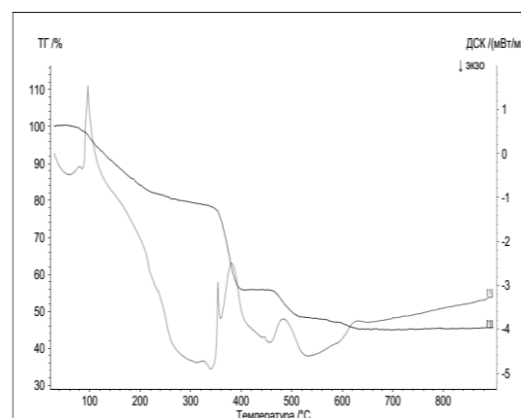


Рис.2 Термограмма ТГА и ДСК  $Eu(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$

### Список литературы

1. Lu H, Yi G., Zhao S., Ge Y., Chen D., Guo L.-H., Cheng J. // J. Mater. Chem. 2004. Vol. 14. N 8. P. 1336.
2. Yuvaraj S., Fan-Yuan L., Tsong-Huei C., Chuin-Tih Y. // J. Phys. Chem. B. 2003. Vol. 107. N 4. P. 1044.
3. Мельников П. П., Насименто В.А., Занони Л. С. // ЖФХ. 2012. Т. 86. № 11. С. 1781.

## СИНТЕЗ, ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА [Pt(salphen)]

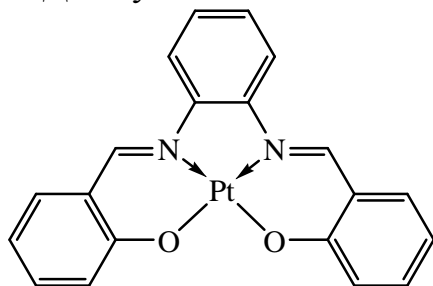
Смирнова А.А.<sup>1</sup> Борисов А.Н.<sup>1,2</sup> Ардашева Л.П.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>СПбГУПТД ВШТЭ, Санкт-Петербург

*mirtokyst14@list.ru*

Ароматические азометины N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-, NO- и N<sub>4</sub>-типа являются прекурсорами для получения комплексов *d*-элементов, обладающих люминесцентными, каталитическими и сенсорными свойствами, а также способными к образованию устойчивых электропроводящих полимеров. В данной работе сообщается о синтезе, идентификации и условиях окислительной электрохимической полимеризации комплекса Pt(II) с N,N'-бис(салицилиден)-*o*-фенилендиамином [Pt(salphen)].



Для увеличения выхода комплекса использовали модифицированную методику синтеза в смеси CH<sub>3</sub>CN–DMCO. Полученный продукт темно-красного цвета имел высокую степень чистоты; состав комплекса подтвержден методами ЯМР-, ИК- и молекулярной эмиссионной спектроскопии.

Для отнесения оптических переходов в электронных спектрах поглощения (ЭСП) комплекса использовали растворители с различным спектроскопическим параметром полярности *Z*. В ЭСП [Pt(salphen)] проявляются полосы, обусловленные спин-разрешенными ππ\*-переходами внутрилигандного типа (λ < 300 нм; область 340–400 нм). Область поглощения в диапазоне 400–560 нм обусловлена комбинацией полос *n*π\*- и *d*π\*-типа (ПЗМЛ), на что указывает гипсохромное смещение последней с ростом параметра растворителя *Z*.

Методами ТГА и ДСК исследована термическая устойчивость комплекса в атмосфере инертного газа. Результаты показали, что температура начала потери массы комплекса [Pt(salphen)] составляет 385 °С. Далее кривая потери массы имеет две стадии (385–425 °С, –9,69%; 425–475 °С, –3,44%). Общая величина потери массы комплекса в условиях эксперимента соответствует его разложению на элементарную платину и углерод с незначительным окислением последнего газообразными продуктами пиролиза.

Установлено, что комплекс [Pt(salphen)] при электрохимическом окислении в апротонных растворителях (ацетонитрил – АН, дихлорметан – ДХМ, 0,1 М ТБАП) способен к образованию проводящего полимера. В обоих растворителях исследована возможность электрохимической полимеризации комплекса в области потенциалов от 0,0 до + 1,3 В (отн. НХСЭ). Оптимальный диапазон потенциала – от 0,0 до + 1,25 В.

При окислении комплекса в АН на поверхности Pt-электрода образуется тонкая полимерная пленка розового цвета, быстро деградирующая в фоновом растворе. По всей видимости, это обусловлено координацией молекул растворителя к продукту электроокисления, что препятствует вторичному структурированию полимера за счет  $d\pi$ -взаимодействия полимерных цепей и образованию объемной проводящей фазы.

Напротив, в слабокоординирующемся ДХМ электрохимическое окисление [Pt(salphen)] приводит к образованию устойчивых полимерных пленок как в потенциодинамических, так и в потенциостатических условиях.

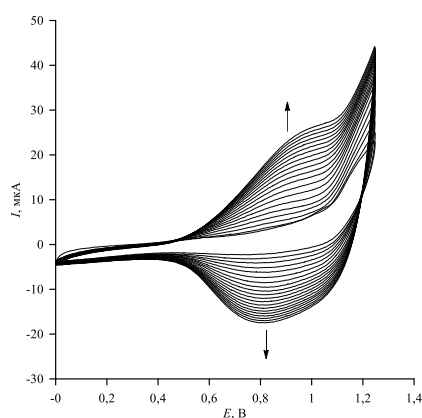


Рис. 1. Потенциодинамическая полимеризация комплекса [Pt(salphen)] на Pt-электроде в фоновом растворе: ДХМ/0,1 М ТБАП. Концентрация комплекса: 1 мМ;  $V_p = 30 \text{ мВ} \times \text{с}^{-1}$ . 20 циклов сканирования потенциала.

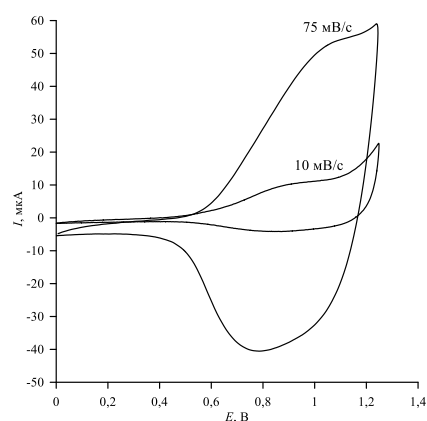


Рис. 2. Вольтамперограммы поли-[Pt(salphen)] в ДХМ/0,1 М ТБАП при разной скорости развертки потенциала

На рис. 1. приведены вольтамперограммы, отражающие процесс полимеризации комплекса в потенциодинамических условиях. Постепенное увеличение анодных и катодных токов свидетельствует об образовании на поверхности электрода проводящего полимера поли-[Pt(salphen)]. Полимерный комплекс обладает электрохромными свойствами: окисленная форма имеет «бронзовый» цвет, а восстановленная – темно-красный.

Для определения коэффициента диффузии заряда в объеме полимерной фазы модифицированный электрод переносили в фоновый раствор и фиксировали вольтамперограммы при разных скоростях сканирования потенциала (рис. 2). Для расчета использовали параметры вольтамперограммы, записанной в условиях неполного окисления-восстановления полимера за время одного цикла.

По уравнению Рэндлса-Шевчика определено значение коэффициента диффузии заряда в объеме полимера, которое составило  $\sim 1,5 \times 10^{-11} \text{ см}^2 \times \text{с}^{-1}$ .

Предварительные измерения (изучение влияния размера противоионов на параметры вольтамперограмм, определение активационного барьера переноса заряда) позволяют сделать предположение о лимитирующем характере ионной диффузии в процессе окисления-восстановления поли-[Pt(salphen)].

## ТРЕХЪЯДЕРНЫЙ ПАРАМАГНИТНЫЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ ВОССТАНОВЛЕННОГО ГЕКСАДЕКАХЛОРОФТАЛОЦИАНИНА ОЛОВА (II)

*Собов П.А., Романенко Н.Р., Фараонов М.А., Конарев Д.В.*

*ФИЦ ПХФ и МХ РАН, Черноголовка*

*Pavelsobov479@gmail.com*

Фталоцианины (MPC) – гетероциклические соединения, структурно родственные порфиринам. До сих пор около 90% производимых фталоцианинов используется в качестве красителей и пигментов, однако сегодня эти соединения активно применяются и в большом ряде наукоемких областей. Структура MPC может быть изменена различными способами, например, заменой центрального атома металла в центре макроцикла или координацией различных аксиальных лигандов () на этот атом. Это открывает возможности для дизайна комплексов на основе фталоцианинов металлов с перспективными оптическими и магнитными свойствами.

В ходе данной работы был получен координационный комплекс  $(Cp^*_2Cr^{III})^+ \{CpFe^{II}(CO)_2(Sn^{II}[PcCl_{16}]^{4-})\}^-$  путем восстановления гексадекахлорфталоцианина дихлорида олова ( $Sn^{IV}Cl_2PcCl_{16}$ ) при помощи декаметилхромоцена ( $Cp^*_2Cr$ ) в присутствии димера цикlopентадиенилдикарбонила железа ( $\{CpFe^I(CO)_2\}_2$ ). Полученное соединение было исследовано методами электронной спектроскопии и рентгеноструктурного анализа, а также SQUID магнитометрии.

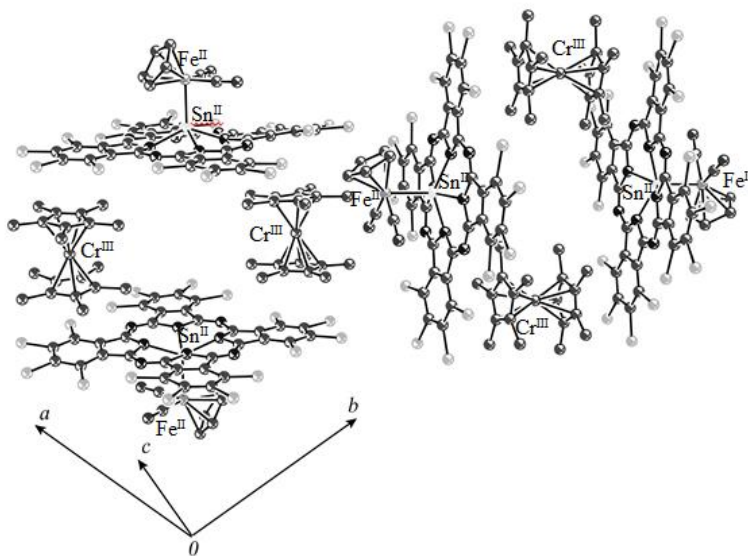


Рис.1. Фрагмент кристаллической структуры  $(Cp^*_2Cr^{III})^+ \{CpFe^{II}(CO)_2(Sn^{II}[PcCl_{16}]^{4-})\}^-$ .

Установлено, что комплекс  $(Cp^*_2Cr^{III})^+ \{CpFe^{II}(CO)_2(Sn^{II}[PcCl_{16}]^{4-})\}^-$  содержит диамагнитный анион вида  $\{CpFe^{II}(CO)_2(Sn^{II}[PcCl_{16}]^{4-})\}^-$  и катион  $(Cp^*_2Cr^{III})^+$ , содержащий парамагнитный центр  $Cr^{III}$  со спином  $S=3/2$ . Между парамагнитными центрами наблюдается слабое антиферромагнитное взаимодействие.

*Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № N 21-73-10207).*

## 3,4,5-ТРИС(3,4-ДИЦИАНОФЕНОКСИ)БЕНЗОЙНАЯ КИСЛОТА И СОЕДИНЕНИЕ НА ЕЁ ОСНОВЕ

*Тонкова С.С., Ерзунов Д.А., Вашурин А.С.*

*ИГХТУ, Иваново*

*tonkova2000@mail.ru*

Использование соединений, содержащих в своей структуре карбоксильные группировки, придает их производным растворимость в водных средах. К тому же за счет объемных ароматических заместителей решается проблема агрегирования в растворах [1]. К таким структурам относится 3,4,5-трис(3,4-дицианофенокси)бензойная кислота (А), на концах которой имеются цианогруппы. Благодаря им открывается возможность получения на основе соединения А водорастворимых устойчивых к агрегации фталоцианиновых комплексов для использования в качестве гомогенных катализаторов окисления серосодержащих органических соединений.

Металлокомплексы замещенных фталоцианинов, содержащих на периферии различные функциональные группы, благодаря наличию уникального набора физико-химических свойств, уже многие десятилетия привлекают внимание ученых, и нашли применение от биосистем до наноэлектроники и фотовольтаики [2]. Растворимость фталоцианинов в воде облегчает их исследование и практическое применение [3].

Таким образом, в настоящей работе были синтезированы 3,4,5-трис(3,4-дицианофенокси)бензойная кислота (А) и тетраakis-[бис(дицианофенокси)-карбоксифенокси]фталоцианинат цинка (Б). Соединение А было получено посредством реакции нуклеофильного замещения 4-нитрофтalonитрилла и бензойной кислоты. Реакцию проводили в среде ДМФА при 80°C и перемешивании. Далее методом темплатной конденсации 3,4,5-трис-(3,4-дицианофенокси)бензойной кислоты с безводной солью цинка был получен тетраakis-[бис(дицианофенокси)-карбоксифенокси]фталоцианинат (Схема 1).

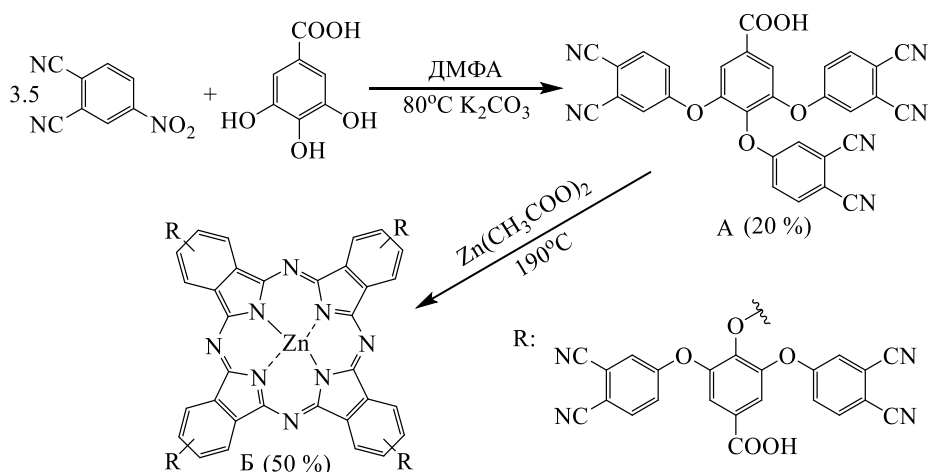


Схема 1. Синтез соединений А и Б

Очистка соединения Б проводилась при помощи колоночной хроматографии на оксиде алюминия, в качестве элюента использовали тетрагидрофуран. Строение и индивидуальность полученных структур подтверждали посредством современных методов анализа, а именно ИК- и ЯМР спектроскопических методов, электронной спектроскопии поглощения.

Для полученного фталоцианина были изучены спектральные характеристики в органических растворителях, спектры флуоресценции, времена жизни. Была замечена необычная форма электронного спектра поглощения для соединения Б в полярных растворителях (Рисунок 1).

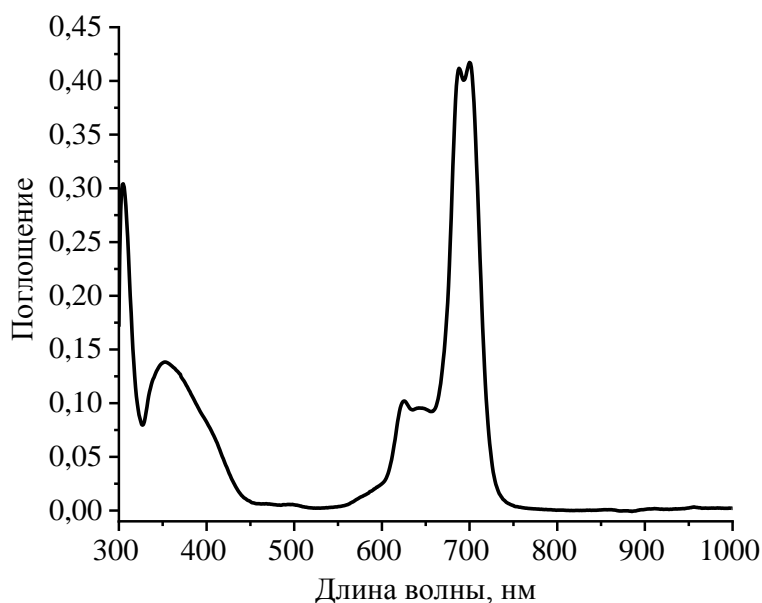


Рис.1. Электронный спектр поглощения соединения Б в пиридине

#### Список литературы

1. Vashurin A., Maizlish V., Kuzmin I., Znoyko S., Morozova A., Razumov M., Koifman O. // J. Porph. Phthal. 2017. 21. Vol. N 1. P. 37.
2. Знойко С.А., Головашова Е.С., Потехина О.В., Березин Д.Б., Серова М.А., Майзлиш В.Е., Шапошников Г.П. // ЖОХ. 2016. Т. 86. Вып. 11. С. 1169.
3. Кудрик Е.В., Смирнова А.И., Майзлиш В.Е., Тарарыкина Т.В., Шапошников Г.П., Усольцева Н.В. // Изв. АН. Сер. хим. 2006. № 6. С. 991.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского Научного Фонда (проект № 22-73-10158).*



## ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИИ ИОНОВ ЦИНКА И МЕДИ НА ПОВЕРХНОСТИ Fe-MOF

*Филиппов Д.В., Карасева А.А., Вашурин А.С.*

*ИГХТУ, Иваново*

*filippov@isuct.ru*

Одной из важнейших задач, стоящих перед исследователями в настоящее время, является создание эффективных материалов для адсорбционных процессов. Большую роль при этом играет термическая и химическая стабильность получаемых веществ, а также простота их синтеза. Также важно точно контролировать морфологию и структуру пор новых адсорбентов [1].

В последние десятилетия внимание учёных привлек относительно новый класс синтетических сорбентов, описанный как металлорганические каркасные структуры (metal-organic frameworks – MOFs). Эти гибридные материалы обладают структурной жесткостью неорганических материалов и функциональной гибкостью органических. Благодаря своим свойствам они находят широкое применение в сорбции, катализе, медицине, разделении и хранении газов, а также в экологических целях. Имеется ряд работ, доказывающих эффективность использования MOF в сорбции ионов тяжёлых металлов [2,3].

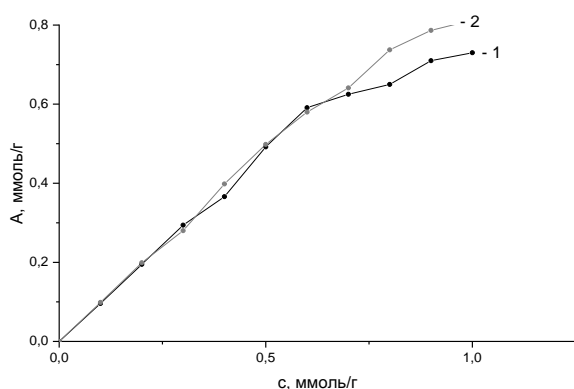


Рис. 1. Изотермы адсорбции ионов  $\text{Cu}^{2+}$  (кривая 1) и  $\text{Zn}^{2+}$  (кривая 2) на поверхности Fe-MOF из водных растворов при температуре 298.15 К.

Исследована адсорбция ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$  из водных растворов на поверхности Fe-MOF при температуре 298.15 К и показана их высокая степень извлечения. Процесс адсорбции ионов меди и цинка во всех случаях является самопроизвольным. Установлено, что равновесие в системе «Fe-ZIF – раствор соли» достигается при времени контакта в интервале 70-90 минут. Максимальная степень заполнения активных центров поверхности достигает 0.96 и 0.71 для меди и цинка соответственно.

Линеаризация экспериментальных данных по адсорбции ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$  достигается в линейных координатах изотермы Ленгмюра и Дубинина-Радушкевича ( $n=2$ ), что подтверждает протекание адсорбции в объеме энергетически однородного пористого адсорбента и преобладание в структуре 2-этилимидазолата железа (III) микропор.

### Список литературы

1. Kong X-J., Li J-R. // Engineering. 2021. Vol. 7. N 8. P. 1115.
2. Rasheed T., Ahmad A., Bilal M., Hussain T., Rizwan K. // Chemosphere. 2020. Vol. 259. Art. № 127369.
3. Гордиенко П.С., Шабалин И.А., Ярусова С.Б., Буланова С.Б., Курявый В.Г., Железнов В.В., Сомова С.Н., Жевтун И.Г. // Ж. неорг. хим. 2019. Т. 64. № 12. С. 1326.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 22-73-10158).



## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИЯДЕРНЫХ 3d-4f ГЕТЕРОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ЛАНТАНОИДОВ С КОБАЛЬТОМ И L-ЛЕЙЦИНОМ

Хащеватская В.И., Семешкина Д.Д., Милых А.С., Долженко В.Д.

*МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва*

*semeshkina.d@gmail.com*

Комплексы редкоземельных элементов (РЗЭ) с переходными металлами являются перспективными в исследовании, так как проявляют ряд особенностей, применимых в современной технологии: демонстрируют свойства молекулярных магнетиков, используются для разработки эффективных и экологически чистых методов магнитного охлаждения, контрастирующих агентов для МРТ [1]. Благодаря особому строению – наличию достаточно жесткого каркаса – комплексы с переходными металлами и аминокислотами позволяют разделять РЗЭ ввиду нестандартного изменения строения атома по ряду – лантаноидного сжатия [2]. Их уникальные физические и химические свойства обусловлены главным образом электронным и/или магнитным взаимодействиями между составляющими ионами металлов [3].

Для проведения синтезов  $\text{Co}(\text{Leu})_2$  получали в растворе аммиака из  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$  и L-лейцина. В процессе отгонки выпадал бледно-розовый осадок, который затем отфильтровали и высушили.  $\text{Co}(\text{Leu})_2$  нерастворим в метаноле, однако при добавлении ионов РЗЭ (в виде хлоридов) и нагревании до 60 градусов для ускорения протекания реакции раствор приобретает розово-оранжевую окраску. Образование комплексного катиона  $[\text{LnCo}_6(\text{Leu})_{12}]^{3+}$  охарактеризовано методом ЭСП. Полученный катион осаждали  $\text{LiClO}_4$  и  $\text{NH}_4\text{PF}_6$  в аргонированном метаноле, так как кобальт(II) склонен к окислению. При получении комплексов из растворов достаточно высокой концентрации удалось выделить монокристаллы, пригодные для рентгеноструктурного анализа.  $\text{Co}(\text{II})$  в маточном растворе постепенно окисляется до  $\text{Co}(\text{III})$ , о чем свидетельствует изменение окраски раствора на малиновую. Данные РСА и сравнение рентгенограмм с аналогичными комплексами кобальта указывают на то, что  $\text{Co}(\text{II})$  в составе кристаллов сохраняется (рис. 1).

Лейцинат кобальта(II) охарактеризован комплексонометрическим титрованием, термогравиметрией и ИК-спектроскопией.  $[\text{LaCo}_6(\text{Leu})_{12}](\text{X})_3$  ( $\text{X} = \text{ClO}_4^-$ ,  $\text{PF}_6^-$ ) исследованы методами РФА, РСА, ИК. Все полученные соединения изоструктурны друг другу и аналогичным комплексам с никелем. По результатам РСА определено, что в  $[\text{LaCo}_6(\text{Leu})_{12}](\text{PF}_6)_3$  ион лантана находится в центре октаэдра из атомов кобальта и икосаэдра из атомов кислорода, принадлежащих лейцину, выполняющему роль мостикового лиганда.

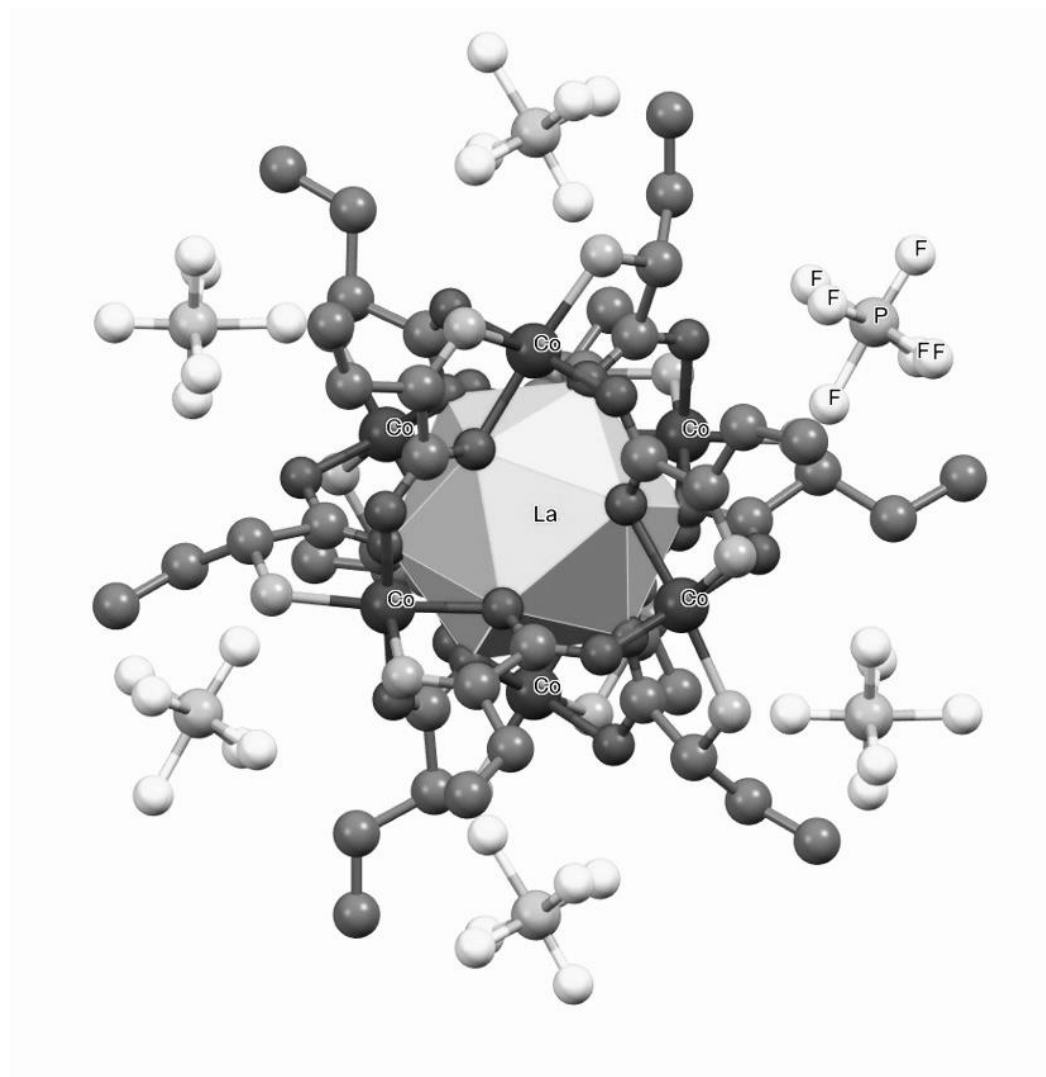


Рис. 1. Структура  $[\text{LaCo}_6(\text{Leu})_{12}](\text{PF}_6)_3$

#### Список литературы

1. Wang Q., Mu B., Lv L., Yang D.-D., Huang R.-D. // *Inorg. Chim. Acta*. 2015. Vol. 437. P. 74.
2. Bezzubov S.I., Churakov A.V., Belousov Y.A., Bilyalova A.A., Lavrova M.A., Zharinova I.S., Kiselev Yu.M., Dolzhenko V.D. // *Cryst. Growth & Design*. 2017. Vol. 17. N 3. P. 1166.
3. Zheng X.-Y., Kong X.-J., Zheng Z., Long L.-S., Zheng L.-S. // *Acc. Chem. Res*. 2018. Vol. 51. N 2. P. 517.

## **ФОТОХИМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ И КАТАЛИТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ ПАЛЛАДИЯ И ОКСИДА ЦЕРИЯ (IV)**

***Цукер Э.В., Исаева Е.И.***

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*isaevae@herzen.spb.ru*

Наночастицы палладия представляют большой научный интерес в катализе, например, они используются в органических реакциях сочетаний Сузуки, Хека и Стилле. Нанесенные на поверхность оксида церия(IV) наночастицы палладия проявляют уникальные каталитические свойства в окислении угарного газа, сажи, широко используются в крупнотоннажных процессах нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Использование  $\text{CeO}_2$  в качестве носителя катализаторов, в том числе палладиевых, позволяет управлять функциональными свойствами катализаторов, приводит к повышению их каталитической активности, термической устойчивости, а также продлевает срок службы катализатора.

Фотохимическое восстановление комплексных соединений палладия(II) является одним из перспективных методов синтеза наночастиц палладия в связи с его экологичностью, простотой аппаратного оборудования и возможностью управления процессом образования наноразмерных частиц. Поверхность оксида церия(IV) с одной стороны выступает в роли стабилизатора образующихся частиц палладия, с другой стороны под действием УФ света служит катализатором их формирования.

В работе предложена методика фотохимического осаждения наночастиц палладия на поверхность волокнистого оксида церия(IV), исследованы состав и морфология полученных наноконпозитов  $\text{CeO}_2/\text{Pd}$ .

В качестве исходного соединения для синтеза наночастиц палладия использовали фоточувствительный комплекс палладия(II) с гидроксиламином  $[\text{Pd}(\text{NH}_2\text{OH})_4](\text{OH})_2$ , синтезированный по методике [1]. Состав данного комплексного соединения подтверждён методами электронной спектроскопии и термического анализа (ТГА/ДСК). В спектре поглощения комплекса  $[\text{Pd}(\text{NH}_2\text{OH})_4](\text{OH})_2$  наблюдается полоса при длине волны 252 нм, соответствующая переносу заряда лиганд→металл (ПЗЛ→М). Анализ термограммы комплексного соединения показывает, что термическое разложение комплекса в атмосфере аргона происходит в одну стадию, начинается при температуре 100°C и заканчивается при 120°C, при этом потеря массы составляет 60,1%, указывая на формирование металлического палладия с удалением газообразных продуктов ( $\text{N}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ).

Фотолиз комплекса осуществляли монохроматическим светом лампы с длиной волны возбуждения  $\lambda_{\text{возб}}$  254 нм в водных растворах в присутствии волокнистого  $\text{CeO}_2$ , полученного темплатным методом при разложении нитрата

церия(III) в присутствии целлюлозы при температуре отжига 750 °С по методике [2]. Показано, что облучение  $10^{-3}$  М растворов  $[\text{Pd}(\text{NH}_2\text{OH})_4](\text{OH})_2$  в течение 3 минут приводит к уменьшению оптической плотности при 252 нм, характеризующей полосу переноса заряда лиганд→металл и росту её значений в видимом диапазоне спектра, что соответствует протеканию внутримолекулярной окислительно-восстановительной реакции, приводящей к образованию наноразмерного палладия.

Анализ рентгенограмм полученного порошка, показывает наличие низкоинтенсивных дифракционных пиков при  $2\theta^\circ$ , равных  $39,92^\circ$  и  $46,56^\circ$ , соответствующих гранецентрированной кубической решётке палладия наряду с рефлексами, характеризующими кубическую кристаллическую решётку  $\text{CeO}_2$ .

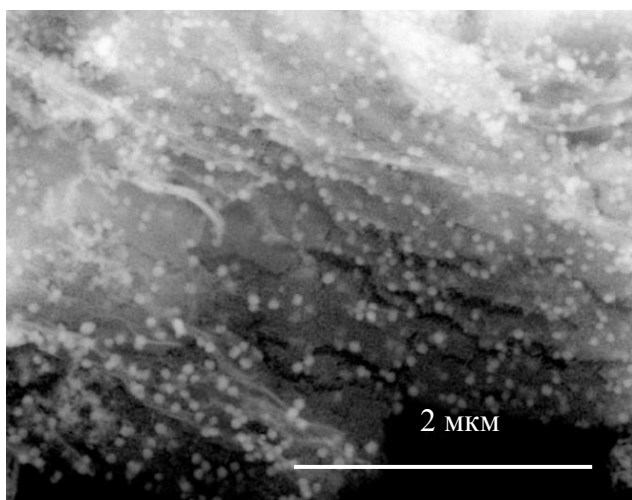


Рисунок 1. РЭМ-изображения структур, содержащих частицы  $\text{CeO}_2$  и палладия.

По данным растровой электронной микроскопии (рис.1) частицы палладия осаждаются на поверхность волокнистого оксида церия(IV). Средний размер образующихся частиц составляет 74 нм.

По результатам энерго-дисперсионного анализа образец содержит линии К-альфа кислорода (57,8 ат.% O), L-альфа церия (24,2 ат.% Ce), L-альфа палладия (11,2 ат.% Pd) и К-альфа никеля (6,7 ат.% Ni), что подтверждает состав наноконкрета  $\text{CeO}_2/\text{Pd}$  (никель использовался в качестве подложки).

В работе также рассмотрена зависимость размеров образующихся частиц от концентрации исходного комплекса и длины волны падающего света. Показано, что формирование частиц палладия происходит и при облучении растворов комплекса монохроматическим светом с  $\lambda_{\text{возб.}} = 365$  нм, однако в данном случае уменьшается степень монодисперсности образующихся частиц. Уменьшение концентрации  $[\text{Pd}(\text{NH}_2\text{OH})_4](\text{OH})_2$  приводит к понижению средней скорости формирования частиц и уменьшению их размера до 50 нм.

Методами дифференциально-сканирующей калориметрии и термогравиметрического анализа в атмосфере синтетического воздуха изучена каталитическая активность частиц  $\text{CeO}_2$  и  $\text{CeO}_2/\text{Pd}$  в реакциях окисления сажи.

#### Список литературы

1. Синтез комплексных соединений металлов платиновой группы / И.И. Черняев, А.В. Бабаева, В.А. Головня и др.. М.: Наука, 1964. 330 с.
2. Волков А.А., Бойцова Т.Б., Стожаров В.М., Исаева Е.И. // ЖОХ. 2020. Т. 90. № 2. С. 308.

## ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОМЕТАЗОНА ФУРОАТА

Черногорцева Н.И., Сологубов С.С., Маркин А.В.

ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород

*n.chernogortseva@gmail.com*

Глюкокортикостероиды – это стероидные гормоны, которые оказывают влияние на все виды обмена в организме (углеводный, белковый, жировой и минеральный), препятствуют распространению воспалительных процессов и широко используются для лечения аутоиммунных заболеваний, а также расстройств сердечно-сосудистой и нервной систем [1]. В клинической практике применяются природные глюкокортикостероиды (кортизон и гидрокортизон), их синтетические и полусинтетические аналоги.

Мометазона фуруат ( $C_{27}H_{30}Cl_2O_6$ , CAS # 83919-23-7) – синтетический стероид, обладающий относительно высокой активностью *in vitro* и противовоспалительными свойствами. Он применяется для лечения астмы, аллергического ринита и различных кожных заболеваний [2, 3]. Структурная формула мометазона фуруата приведена на рис. 1. Исследование морфологии соединения методом поляризационной микроскопии указывает на то, что кристаллы мометазона фуруата однородны и имеют игольчатую форму (рис. 2).

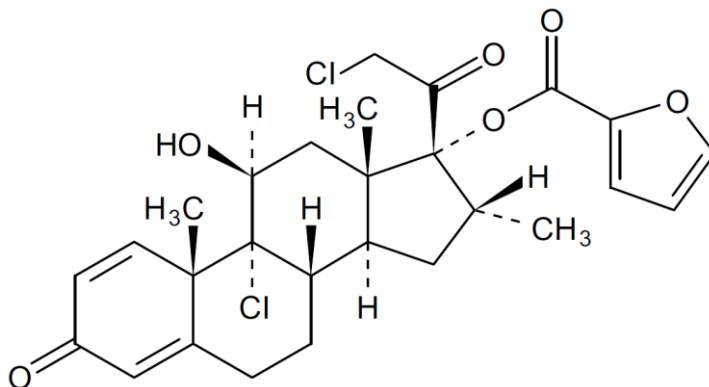


Рис. 1. Структурная формула мометазона фуруата



Рис. 2. Поляризационная микрофотография мометазона фуруата

В работе изучена термическая стабильность образца мометазона фууроата методом термогравиметрического анализа (ТГА) в температурном интервале 300–650 К; проанализировано влияние природы вещества на протекание процесса термической деструкции. Методами прецизионной адиабатической калориметрии и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) определена температурная зависимость теплоемкости мометазона фууроата в интервале 6–520 К. В результате калориметрических экспериментов установлено, что соединение плавится с разложением (инконгруэнтно). По полученным экспериментальным данным рассчитаны стандартные термодинамические функции мометазона фууроата (энтальпия, энтропия, функция Гиббса). Осуществлен сравнительный анализ термодинамических характеристик мометазона фууроата с литературными данными для некоторых представителей синтетических глюкокортикостероидов (метилпреднизолон, бетаметазон).

Информация о физико-химических свойствах является ключевым фактором для стандартизации фармакологически активных веществ синтетического и полусинтетического происхождения. Полученные результаты могут быть востребованы при решении задач в области развития фармацевтической промышленности Российской Федерации.

#### Список литературы

1. Pelt A.C. Glucocorticoids: Effects, Action Mechanisms, and Therapeutic Uses. New York: Nova Science Publishers: Hauppauge, 2011. 250 p.
2. Onrust S.V., Lamb H.M. // Drugs. 1998. V. 56. N 4. P. 725.
3. Chen X.S., Carillo M., Curtis Haltiwanger R., Bradley P. // J. Pharm. Sci. 2005. Vol. 94. N 11. P. 2496.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов (СП-1369.2022.4).*

## **ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ СОЛЬВАТАЦИИ И РАСТВОРЕНИЯ САХАРИДОВ В РАСТВОРИТЕЛЯХ ВИДА ИОННАЯ ЖИДКОСТЬ – ВОДА**

Эрнандес Гарсиа Д.Д., Пасичник Д.Н., Липин В.А., Пошвина Т.А.

*СПбГУИТД ВШТЭ, Санкт-Петербург*

*Ernandes20@yandex.ru*

Ионные жидкости обладают многими уникальными свойствами и потому используются во многих областях промышленности [1]. Одним из перспективных направлений использования ионных жидкостей является разработка промышленных технологий переработки органических полимерных соединений, где ионные жидкости являются универсальными растворителями, способными во многих случаях быть лучшей альтернативой ныне применяемым агрессивным растворяющим средам, использование которых в технологических процессах прямо или косвенно наносит урон биосфере [2].

Многие природные и синтетические полимеры относятся к классу полисахаридов, их промышленная переработка сопряжена с химическими реакциями, которые очень часто сопровождаются с применением воды. Вода в таких случаях либо непосредственно принимает участие в реакции – является или используемым реагентом, или получающимся на выходе продуктом, либо используется как компонент среды реакции – выполняет роль растворителя реагентов и также мономеров в случае реакции деструкции полимера. Сам полимер чаще всего оказывается нерастворим в воде в мягких условиях, поэтому в таком случае доступ реагентов к нему ограничен, следовательно, химические реакции с участием полимера проходят очень медленно и в основном на его поверхности, как итог – многие звенья полимера остаются незатронутыми.

Практический интерес представляет изучение физико-химических свойств тройных систем вида ионная жидкость-моносахарид-вода при разном соотношении компонентов в ней. Целью работы было получение данных о зависимости сольватирующей способности ионной жидкости и воды по отношению к моносахариду от состава системы и разработка шаблона методики проведения подобных исследований в выбранной предметной области с использованием иных реагентов и условий.

Путем обработки результатов экспериментальных данных в пробном программном обеспечении Design-Expert версии 11 были получены полиномиальные уравнения зависимости электропроводности и вязкости растворов одного компонентного состава от содержания компонентов в них и температуры, коэффициенты корреляции уже для полиномов третьей степени оказались выше 0,97. Были рассчитаны энтальпия, энтропия и энергия Гиббса процесса взаимодействия ионной жидкости, воды и моносахарида [3].

По полученным полиномиальным уравнениям зависимости электропроводности и вязкости растворов от их состава в пробном программном обеспечении Design-Expert версии 11 были построены изотермические графики данных зависимостей, исследовав которые, было установлено, что зависимость электропроводности систем от концентрации в ней ионной жидкости и моносахарида имеет экстремальный характер, что говорит о наличии в системах нескольких противоборствующих процессов, совместное действие которых и определяет численное значение электропроводности. Повышение температуры растворов сопровождалось увеличением электропроводности

Обработка данных показала, что процесс ассоциации ионной жидкости и моносахаридов контролируется энтальпией при всех температурах. Значения энергии Гиббса свидетельствуют о спонтанности процесса ассоциации при низких температурах, в то время как при увеличении температуры происходит переход энергии Гиббса из отрицательных значений в положительные.

Минимум электропроводности систем соответствует наименьшей подвижности ионов ионной жидкости. Уменьшение подвижности ионов, и, следовательно, уменьшение электропроводности растворов обусловлено увеличением интенсивности взаимодействия ионной жидкости с молекулами моносахарида посредством водородных связей; этот процесс по своему механизму аналогичен уменьшению электропроводности растворов сильных электролитов при значительном возрастании их концентрации, когда у ионов появляется ионная атмосфера, которая сильно понижает их мобильность в растворе. Так как сольватация низкомолекулярных веществ и полимеров имеет одну природу, то создавая условия, соответствующие наиболее интенсивной сольватации мономерных звеньев макромолекул, можно в целом увеличить растворимость и, следовательно, химическую активность полимеров, включающих в свой состав данный тип мономеров.

Полученные в работе математические зависимости и задействованные методики анализа и обработки статистических экспериментальных данных могут быть в дальнейшем использованы для поиска условий, соответствующих наиболее интенсивному взаимодействию полимеров с растворяющими средами вида ионная жидкость – вода.

#### Список литературы

1. Пасичник Д.Н., Пошвина Т.А., Липин В.А. // Сб. тезисов докладов XVIII Международной научно-практической конференции: Новые полимерные композиционные материалы. 2022. 263.
2. Ha S.H., Нер N. M., Lee S.H., Кoo Y.M. // Bioprocess Biosyst. Eng. 2010. Vol. 33. N 1. P. 63.
3. Пасичник Д.Н., Пошвина Т.А., Петрова Ю.А., Липин В.А. // Сб. тез. докл. III всероссийской научно-практической конференции: Современные тенденции развития химической технологии, промышленной экологии и экологической безопасности. 2022. 226.



## **СЕКЦИЯ 3**

# **АНАЛИТИЧЕСКАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

## КОЛИЧЕСТВЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ МЕДИ В ВОДАХ РЕКИ МИАСС НА ТЕРРИТОРИИ Г. ЧЕЛЯБИНСКА

*Бусыгина В.В.*

*ЮУрГГПУ, г. Челябинск*

*businka.vika@mail.ru*

Река Миасс – водная артерия, источник питьевого водоснабжения г. Челябинска и ряда территорий Челябинской области. Проходя по территории Челябинска, воды реки претерпевают значительное антропогенное загрязнение, вследствие чего жители города получают для использования воду пониженного качества. В связи с этим, воды реки на территории города нуждаются в контроле качества, в том числе, по показателям загрязнения тяжелыми металлами, как распространенными загрязнителями. Распространенным поллютантом природных вод на Южном Урале являются соединения меди, которые поступают в речную воду как от естественных, так и от антропогенных источников. Выступая в качестве микроэлемента, необходимого живым системам, в избыточных количествах медь приводит к появлению серьезных заболеваний, в том числе, канцерогенеза. Большинство соединений меди, поступивших в водную среду, оседают и связываются с водными отложениями, но значительные количества могут переноситься с водным потоком. Источником загрязнения вод реки соединениями меди являются воды, омывающие промышленные отходы, канализационные стоки, ливневые воды, аэрозольные переносы продуктов сжигания топлива и автотранспорта [1].

С целью определения содержания меди в воде реки Миасс в черте города Челябинска отобраны поверхностные воды с трех участков реки:

- 1) в районе Заячьего острова – неблагоустроенная территория с одичавшей растительностью и большим количеством мусора;
- 2) вблизи кольца металлурга – территория в зоне действия крупных производственных объектов, например, Челябинского цинкового завода;
- 3) в районе Челябинской ГРЭС.

Отбор проб поверхностных вод проводился в октябре 2022 г в первой половине дня при отсутствии атмосферных осадков. Пробы консервировали концентрированной азотной кислотой и хранили до проведения анализа в холодильнике.

Определение меди проводили фотометрическим методом с помощью диэтилдитиокарбамата натрия. Метод основан на взаимодействии ионов меди (II) с диэтилдитиокарбаматом натрия в слабо-аммиачном растворе с образованием диэтилдитиокарбамата меди желто-коричневого цвета. Преимуществом данного метода является возможность количественного определения меди в присутствии распространенных ионов железа, мешающее влияние которых устраняется путем связывания последних тартратом калия – натрия [2].

В лаборатории аналитической химии ЮУрГГПУ с помощью прибора КФК-3 с использованием шкалы стандартных растворов меди построен график зависимости оптической плотности раствора от концентрации ионов меди (рис. 1).

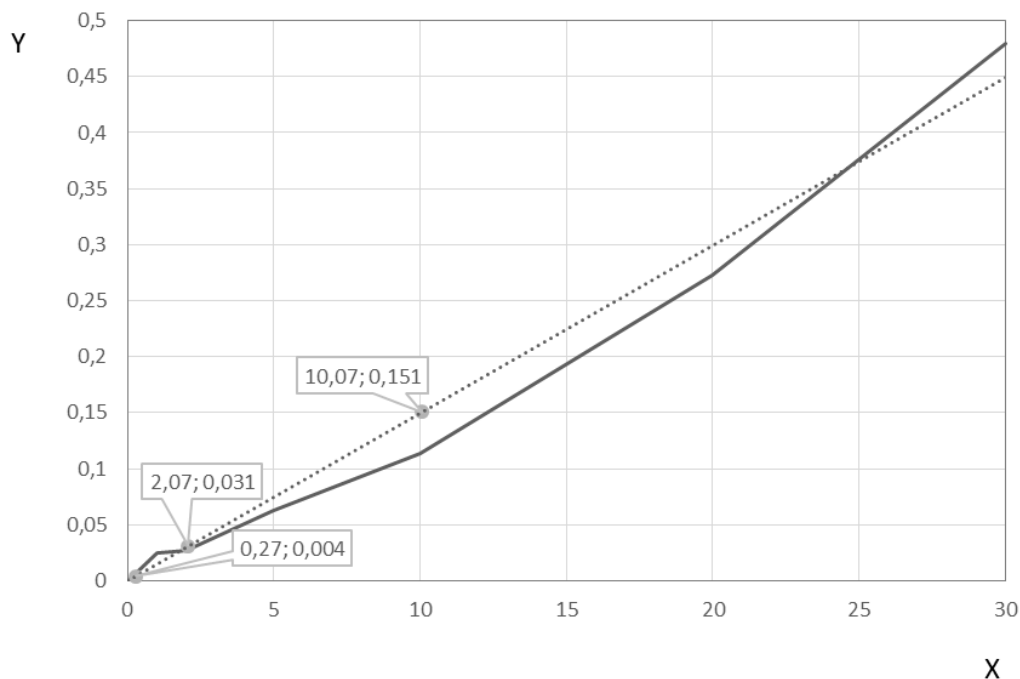


Рис. 1. График зависимости оптической плотности растворов (Y) от содержания меди (X, мкг/дм³)

По полученным результатам определения оптической плотности исследуемой воды, обработанной аналогично стандартным растворам, установлено содержание меди в исследуемых образцах речной воды. Установлено, что для проб в районе Заячьего острова содержание меди составляет 41,4 мкг/л. В пробе №2 это значение составляет 5,4 мкг/л, а в пробе №3 – 201,4 мкг/л.

Значение ПДК меди в природных водах составляет 0,1 мг/л. Результаты показывают, что воды, взятые в зоне действия ЧГРЭС, значительно загрязнены медью (двукратное превышение ПДК). Проба 2 отобрана в зоне ниже по течению от точки 3, до ее достижения вода самоочищается в результате осаждения соединений меди [3].

#### Список литературы

1. Петин А.Н., Лебедева М.Г., Крымская О.В. Анализ и оценка качества поверхностных вод. Учебное пособие. Белгород: Изд-во БелГУ, 2006. 252 с.
2. Подчайнова В.Н., Медь, М., Свердловск: Металургиздат, 1991. 249с.
3. Смирнов В. И. Металлургия меди и никеля. М., Свердловск, 1950. 234с.

*Автор выражает благодарность за консультацию зав. Кафедрой химии, экологии и МОХ ЮУрГГПУ Сулягину А.А.*

## ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОД ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ

Галкина С.И.<sup>1</sup>, Тихомирова И.Ю.<sup>1</sup>, Панова Е.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург

<sup>2</sup>СПбГУ, Санкт-Петербург

*sofya.galkina.96@mail.ru*

Баренцево море является окраинным морем Ледовитого океана и ограничивается архипелагами Новая Земля, Шпицберген и Франца-Иосифа. Располагается оно на континентальном шельфе. Северо-атлантическое течение не позволяет замерзнуть зимой юго-западной части моря. Юго-западная часть отличается относительно высокой температурой и солёностью, что обусловлено поступлением теплых атлантических вод.

С середины XX века интенсивность освоения его берегов и акватории привели к значительному загрязнению вод. Изменчивость морских экосистем под влиянием антропогенного воздействия - одна из важнейших современной гидробиологии. Мурманский морской биологический институт РАН ежегодно проводит сбор данных в рамках комплексных исследований Баренцева моря на нескольких разрезах Баренцева моря на НИС «Дальние Зеленцы», необходимых для анализа и прогноза происходящих в нем природных процессов и антропогенного воздействия [1].

Целью данного исследования является определение химического состава анализа вод юго – западной части Баренцева моря.

Объектами исследования являлись 10 проб морских вод, отобранных в августе 2022 года, в разных точках: Ретинская бухта (глубина), Белокипенская (глубина/литораль), плантация ламинарии, Причал (грязная), Прибойная бухта (сублитораль, чистое место), Зеленецкая губа (причал-напротив пролива).

При гидрохимическом исследовании были определены следующие показатели: водородный показатель (рН), удельная электропроводность, катионный, анионный состав, солёность, карбонатная щёлочность, жесткость общая, кальциевая, магниевая, перманганатная окисляемость с использованием химических методов анализа, методов потенциометрии, кондуктометрии и метода адсорбционной молекулярной спектrophотометрии [2].

Показатель кислотно-основного равновесия (рН) измеряли в нефилтрованных пробах, который менялся незначительно (7,45-7,94) во всех анализируемых пробах. Слабощелочная среда морской воды обусловлена содержанием небольшого количества солей, образованных сильными основаниями и слабыми кислотами ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaH}_2\text{BO}_3$ , и др.). Солёность морской воды характеризуется промилле и определяется суммарной массой всех солей, содержащихся в 1 кг воды. 1‰ (один промилле) = 1г солей/1 кг морской воды. Солёность всех проб морской воды составила 32-34‰. Величина удельной электропроводности морских вод юго-западной части Баренцева

моря, обусловленная наличием высоким содержанием ионов, очень высокая и составила 4,4-4,8 См/м.

Карбонатная щёлочность проб воды составила 2,25 – 2,80 мг-экв/л; содержание хлорид-ионов 15,60-18,91 г/л, При определении сульфатов, показатели варьируются от минимального 282,6 мг/дм<sup>3</sup> (плантация ламинарии) до максимального 2512,0 мг/дм<sup>3</sup> (Ретинская бухта - глубина). Соотношение концентраций анионов в морской воде юго – западной части Баренцева моря:  $Cl^- > SO_4^{2-} > HCO_3^-$  не отличается от состава морских вод Ледовитого океана.

Жесткость общая морской воды составила 285-357 °Ж, кальциевая жесткость превышает магниевую. Содержания общего фосфора, фосфатов и нитратов находятся ниже предела обнаружения.

Величина перманганатной окисляемости, характеризующая присутствие в водах веществ, которые окисляются перманганатом калия в щелочной среде, составила 17,6 мгО/л у причала; 11,3 мгО/л в Зеленецкой бухте во время прилива, при отливе - 4,4 мгО/л; водах плантации ламинарии - 9,8 мгО/л. Полученные данные свидетельствуют о присутствии растворенного органического вещества в загрязненных водах бухт и на плантации ламинарии.

Результаты проведенного исследования химического состава вод юго-западной части Баренцева моря характеризуют их как слабощелочные, высокой солености, с преобладанием хлоридов. Содержания общего фосфора, фосфатов и нитратов находятся ниже предела обнаружения; окисляемость в загрязненных бухтах и на плантации превышает ПДК незагрязнённых вод.

#### Список литературы

1. Научный отчет комплексной экспедиции на НИС «Дальние Зеленцы» в Баренцевом море с 11 февраля по 20 марта 2022г. / О.П. Калинин, Т.М. Максимовская и др. ММБИ РАН: Мурманск, ММБИ РАН, 2022. 76с.
2. РД 52.10.243-92. Руководство по химическому анализу морских вод.

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА КОМБИНИРОВАННЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ

Кравец О.Б., Баранова Н.В.

ТвГУ, Тверь

*oll.krav@mail.ru*

Витамины и лекарственные препараты улучшают качество нашей жизни и укрепляют здоровье. Поэтому контроль подлинности состава лекарственных средств помогает выявлять их эффективность для человеческого организма.

В настоящей работе было определено количественное содержание солей магния и висмута в лекарственном препарате «Викаир». «Викаир» – комбинированное лекарственное средство, оказывающее вяжущее, антацидное, слабительное и спазмолитическое средство. Карбонат магния, входящий в состав препарата снижает кислотность желудочного сока, уменьшает активность пепсина. Нитрат висмута образует защитную пленку на слизистой оболочке желудка, оказывая противовоспалительное, бактерицидное средство.

В качестве метода анализа был выбран титриметрический анализ. Раствор препарата титровали Трилоном Б в присутствии индикаторов ксиленолового оранжевого и эриохрома черного Т, соответственно [1-3]. Результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты количественного определения содержания солей магния и висмута в препарате «Викаир»

Объект исследования	Карбонат магния		Нитрат висмута	
	$m_{\text{теор}}$ , Г	$m_{\text{пр}}$ , Г	$m_{\text{теор}}$ , Г	$m_{\text{пр}}$ , Г
«Викаир», АО «Фармстандарт»	0.0104	0.0098	0.1739	0.0999

На основании результатов исследования можно сделать вывод о том, что масса соли магния соответствует заявленной массе согласно аннотации на лекарственный препарат. Однако количественное содержание нитрата висмута в 1,74 раза меньше заявленной производителем. Поэтому можно сделать вывод о несоответствии содержания определяемого компонента заявленному и, соответственно, о фальсификации препарата.

### Список литературы

1. Анализ комбинированных лекарственных препаратов / В.В. Тыжигирова. Иркутск: ИГМУ, 2016. -107 с.
2. Чистякова А.С., Гудкова А.А., Тринеева О.В., Сорокина А.А., Васильева С.А. // Химия растительного сырья. 2020. № 3. С. 155.
3. Евтифеева О.А., Георгиян В.А. // Фармаком. 2008. № 2. С.65.

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДЫ ВОДООТВОДНЫХ КАНАЛОВ ПОЛИГОНА СКЛАДИРОВАНИЯ ТКО**

**Лиховцов Д.А., Тихомирова И.Ю., Леманова Т.В.**

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*Lichovtsov80@gmail.com*

В настоящее время одной из главных причин нарушения экологического равновесия является накопление большого числа твердых коммунальных отходов (ТКО). Мусороперерабатывающий завод МПБО-2, находящийся в 500 метрах от жилого комплекса «Ясно-Янино» - тому не исключение. По территории МПБО-2 проходят дороги для подвоза ТКО и техники, вдоль которых находятся водоотводные каналы, часть которых впадает в ливневую канализацию вдоль Колтушского шоссе.

Сточные воды полигона захоронения ТКО являются жидкостями, образующимися в результате попадания атмосферных осадков (дождя, снега) на объем ТКО или за счет выделения влаги непосредственно отходами. За счёт движения сточных вод к границам объема отходов (гравитационные и капиллярные силы), они обогащаются различными токсическими соединениями, затем попадают в почву, грунтовые, поверхностные воды и, в конечном счете - в систему водоотводных каналов.

Целью исследования являлась экологическая оценка состояния проб воды водоотводных каналов МПБО-2 Янино-1.

Отбор проб сточных вод из водоотводных каналов проводился вдоль захоронения ТКО свалочного грунта 2-х годичной и 20-летней давности, на расстоянии от 100 м до 700 м от строений МПБО-2 в 2020 и 2018 годах [1], соответственно. Отбор проб проводился в соответствии с ГОСТ- 31861-2012.

Показатель кислотности (рН) в пробах воды, отобранных вдоль 20-летних захоронений ТКО и 2-годичных захоронений, имеет практически схожее значение. Средняя величина удельной электропроводности в образцах 20-летней давности в 1,5 раза ниже, чем в образцах 2-годичных захоронений. Высокие значения удельной электропроводности в пробах воды водоотводных каналов, отобранных у 2-годичных захоронений можно объяснить миграцией большого количества сильных электролитов из ТБО, которые не успели полностью подвергнуться процессу деградации. Концентрация водорастворимых веществ в водах, отобранных вдоль захоронений 2-годичной давности выше в 2,5 раза, чем у проб, отобранных вдоль захоронений 20-летней давности.

По результатам рентгенофлуоресцентного анализа было установлено, что практически все пробы воды загрязнены тяжёлыми металлами разных классов опасностей, такими как: свинец, мышьяк, цинк, кобальт, марганец. Наблюдаются повышенные концентрации таких элементов, как фосфор, сера, хлор, калий и кальций. Выявлено значительное превышение ПДК по

различным элементам (рис 1.). Превышение ПДК [2] в пробах воды, отобранных из водоотводных каналов вдоль захоронений ТБО 2-годичной давности наблюдается для следующих элементов: марганец (в 977 раз), висмут (в 860 раз), серебро (в 280 раз), кобальт (в 193 раза), свинец (в 80 раз), хлор (в 73 раза), фосфор (в 64 раза), мышьяк (в 60 раз), цинк (в 16 раз).

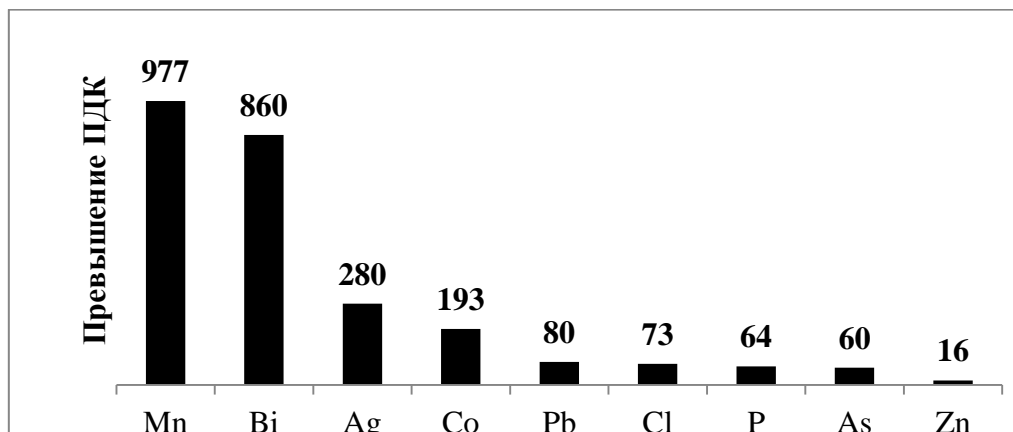


Рис.2. Превышение ПДК некоторых элементов проб воды, отобранные из водоотводных каналов вдоль захоронений ТКО 2-годичной давности на территории МПБО-2

Оценка экологического состояния вод, отобранных из водоотводных каналов МПБО-2 вдоль захоронений ТКО, была произведена по индексу загрязнения воды (ИЗВ) [3]. ИЗВ характеризует общесанитарное состояние воды водоема (его кислородный режим и баланс биогенных веществ), а также наличие вредных химических веществ. В результате оценки было выявлено, что воды из водоотводных каналов относятся чрезвычайно загрязнённым.

#### Список литературы

1. Сидоровская П.А., Тихомирова И.Ю., Панова Е.Г. // Сборник научных трудов 67 Всероссийской научно-практической конференции химиков с международным участием «Актуальные проблемы химического и экологического образования». Санкт-Петербург, 2021. С. 278.
2. Постановление правительства РФ ОТ 29.07.2013 N 644 (РЕД. ОТ 30.11.2021) "об утверждении правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты правительства РФ".
3. РД 52.24.643-2002 Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод.



## СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ЖЕЛЕЗА И ТИТАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ

*Черемисина О.В., Пономарева М.А., Машукова Ю.А., Сваволя А.С., Молотилова А.Ю.*

*Горный университет, Санкт-Петербург*

*molotilova.nastya@gmail.com*

На сегодняшний день обеспечение безопасности производств в сфере экологии является актуальной задачей [1, 2]. Предприятия по производству титана в числе других производств, занимающихся переработкой минерального сырья, являются источником большого количества отходов.

Извлечение ценных компонентов из образующихся отходов с целью их повторного использования в технологическом цикле позволит снизить воздействие на окружающую среду.

Отходы титанового производства в настоящий момент помещаются в кислотонакопитель, что негативно влияет на окружающую природную среду вследствие низких значений рН в нем сточных вод и содержащихся загрязняющих компонентов, таких как Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, S и Ti.

В первую очередь необходимо провести очистку сточных вод от соединений железа и титана, способных образовывать летучие соединения в определенных условиях. Очищенную серную кислоту целесообразно использовать повторно для вскрытия минеральных концентратов.

К возможным методам очистки технологических вод от металлов относят методы экстракции, сорбции, а также осаждения. Однако снижение воздействия на окружающую среду может быть достигнуто применением сорбционных процессов, поскольку данный метод позволяет избежать использования летучих растворителей и осуществлять извлечение целевых компонентов в условиях низких значений рН. Кроме того, полимерные смолы обладают высокой селективностью по отношению отдельным компонентам сложносольевых систем.

Исследование процесса сорбции ионов железа и титана проводили с использованием смолы отечественного производства (катионит КУ-2-8), а также катионитов Puromet<sup>TM</sup> MTS9580 и Puromet<sup>TM</sup> MTS9560 в H<sup>+</sup> форме.

Для изучения сорбционного процесса были использованы кислые растворы со значением рН=0,3-0,5, моделирующие состав кислотонакопителя производства оксида титана.

Раствор сульфата титана (III) приводили в контакт с воздухом для его обесцвечивания и перехода ионов титана в форму катионов титанила TiO<sup>2+</sup>. Термодинамическим расчетом установлена форма существования ионов железа в растворе серной кислоты в виде комплексных катионов состава [FeSO<sub>4</sub>]<sup>+</sup>.

Проведены исследования по определению соотношения твердой и жидкой фаз, обеспечивающего наибольшую эффективность извлечения целевых

компонентов. Для смолы MTS9560 данное соотношение составило 1:10, в то время как для катионита MTS9580 – 1:5, а для КУ-2-8 – 1:1.

Получены экспериментальные изотермы сорбции комплексных катионов  $[\text{FeSO}_4]^+$  и титанил-ионов на катионитах КУ-2-8, MTS9580 и МТ9560 при оптимальном соотношении фаз.

Термодинамическое описание изотерм сорбции проводилось на основании линеаризованного закона действующих масс.

Графическим решением уравнения определена константа ионообменного равновесия, значение изменения энергии Гиббса и полной емкости катионообменных смол. Согласно полученным данным (таблица 1) наибольшей емкостью как к ионам  $[\text{FeSO}_4]^+$ , так и к ионам  $\text{TiO}^{2+}$  обладает катионит MTS9560.

Таблица 1. Термодинамические и емкостные характеристики процесса сорбции ионов  $[\text{FeSO}_4]^+$  и  $\text{TiO}^{2+}$  на катионите MTS9560

Катион	$\Gamma_{\text{пред}}$ , моль/кг	К	$-\Delta G_{298}$ , кДж/моль
$[\text{FeSO}_4]^+$	$0.86 \pm 0.04$	$171.56 \pm 8.58$	$12.74 \pm 0.64$
$\text{TiO}^{2+}$	$0.89 \pm 0.04$	$(9.07 \pm 0.45) \cdot 10^4$	$28.27 \pm 1.41$

Проведены исследования совместной сорбции комплексных ионов железа и титанил-ионов. В присутствии  $\text{TiO}^{2+}$  наблюдается повышение предельной емкости ионообменных смол по отношению к комплексным ионам железа.

Утилизация кислотонакопителя с попутным извлечением ценных компонентов позволит повторно использовать очищенную серную кислоту в основной технологии вскрытия концентратов, что является актуальной задачей с точки зрения мировой тенденции перехода к замкнутому технологическому циклу. В качестве перспективного способа решения данной задачи предложено применение ионообменных смол, обладающих высоким значением сорбционной емкости по отношению к ионам железа и титана. Сорбционный метод извлечения обеспечит наименее агрессивные по отношению к окружающей среде условия переработки вторичных ресурсов, а также позволит предотвратить экологические катастрофы, связанные с концентрационными особенностями кислотонакопителей, содержащих токсичные химические соединения.

### Список литературы

1. Литвинова Т. Е., Сучков Д. В. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022. № 6-1. С. 331.
2. Пашкевич М. А., Коротаева А. Э. Анализ биологических методов для очистки карьерных сточных вод от азотных соединений // Геология и геофизика Юга России. 2021. Т. 11. № 4. С. 170.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЧЕРНИКИ ОБЫКНОВЕННОЙ

Муратшина Р.Р.

*ЮУрГГПУ, Челябинск*

*ruditamuratshina@gmail.com*

В последние годы отмечается стабильный рост глобального рынка лекарственных препаратов растительного происхождения (ЛПРП). Интерес к лекарственным средствам во всем мире сопровождается увеличением требований к их эффективности и безопасности, так как большинство препаратов, производимых из растительного сырья относится к категории безрецептурных.

Качество, эффективность и безопасность подобных средств зависят от множества технологических особенностей их производства. В этой связи предъявляются повышенные требования к их стандартизации, от которой во многом зависит воспроизводимость заявляемых фармакологических свойств и параметров безопасности.

Целью работы является стандартизация плодов Черники обыкновенной как растительного сырья для производства лекарственных препаратов.

Черника обыкновенная отличается тем, что в её составе содержится большое количество флавоноидов и антоцианов, обладающих физиологической активностью [1]. Соответственно препараты с экстрактом черники предназначены для поддержания зрения, так как находящиеся в его составе антоцианы стимулируют родопсин.

Для извлечения антоцианов и флавоноидов использовали высушенное и замороженное растительное сырьё. Для исследования были взяты следующие пробы: сухие пробы от производителей: "ДоброДед", «Быстров», «Ясное солнышко», замороженные ягоды от компании «Премиум класс», ягоды собранные в период - июль 2022 года в районе озер Теренкуль и Аргази.

Для качественного определения антоцианов был использован метод тонкослойной хроматографии (ТСХ) в системе: *n*-бутанол-ледяная уксусная кислота-вода (4:1:2) [2].

По данным ТСХ можно сделать вывод, что цианидин-3-гликозид является одним из доминирующих антоцианов плодов Черники Обыкновенной.

Для количественного определения содержания антоцианов и флавоноидов был использован метод дифференциальной спектрофотометрии, основанный на способности флавоноидов образовывать окрашенные хелатные комплексы со спиртовым раствором (95%) хлорида алюминия.

По результатам проведенных опытов можно сделать вывод, что при сушке содержание веществ составило: 8,82%-антоцианов, 2,89%-флавоноидов. При нарушении условий хранения при заморозке в сырье содержится 2,75%-

антоцианов, 0,95%-флавоноидов, а при нормальных условиях хранения при заморозке: 4,45%-антоцианов, 2,94%-флавоноидов.

Нами методом спектрофотометрии и ТСХ были исследованы безрецептурные препараты такие как «Черника форте Эвалар» и «Экстракт Черники» на содержание антоцианов.

Результат показал, что в препаратах был обнаружен Цианидин-3-гликозид, наибольшее содержание которого составило – 2,08%.

#### Список литературы

1. Абдуллин И.Ф., Турова Е.Н., Будников Г.К. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2001. Т. 67. № 6. С. 3.
2. Рязанова Т.К., Куркин В.А. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. №5(3). С. 754.

*Автор выражает благодарность за помощь в подготовке статьи научному руководителю к.п.н., доценту кафедры химии, экологии и МОХ ЮУрГГПУ Лисун Наталье Михайловне.*

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОСФАТАЗЫ В РАСТЕНИЯХ СЕМЕЙСТВА БОБОВЫХ

Новаковская Е.И.

*ЮУрГГПУ, Челябинск*

*novakovskaya-1999@mail.ru*

В настоящее время большой интерес вызывают выращивание и употребление в пищу бобовых растений. Но чтобы знать, какие из бобовых выгоднее выращивать для получения большего урожая и в какой период своей жизненной активности они наиболее полезны, нужно знать ферменты, которые непосредственно влияют на это. Такими ферментами являются фосфатазы, прежде всего щелочная и кислая.

Исследование данных ферментов является актуальной задачей современной биохимии, так как позволяет выяснить, что активность кислой и щелочной фосфатаз зависит от развития растений и их взаимодействия с микроорганизмами-симбионтами, а также от кислотности почвы.

Целью работы является определение активности щелочной фосфатаз в растениях семейства бобовых.

Бобовые культуры – это источник растительного белка, углеводов, жиров, аскорбиновой кислоты, каротина и витаминов группы В. К растениям семейства бобовых относится множество растений: горох, фасоль, соя, чечевица, маш и др.

Анализ проводился с использованием пророщенных семян чечевицы, маша и фасоли. Учитывались дни пророста: 5; 7; 10. Принцип метода основан на количественном учете неорганического фосфора, образующегося при расщеплении органических фосфорных соединений в строго определенных условиях под действием щелочной фосфатазы. Использовался боратный буфер с рН 9,0. Измельченные пророщенные семена чечевицы, маша, фасоли в смеси с боратным буфером отфильтровывали через бумажный фильтр. Отфильтрованная жидкость использовалась как исходный ферментативный препарат для определения активности щелочной фосфатазы. Использовался готовый субстрат для щелочной фосфатазы "Абрис +". В смесь буфера, субстрата, раствора хлорида магния и ферментного препарата после двух часовой инкубации в термостате при температуре 35°C для прекращения ферментативной реакции и осаждения белков вводили трихлоруксусную кислоту. В осветленном отфильтрованном растворе с применением аскорбиновой кислоты колориметрическим методом определяли содержание фосфора. Одновременно проводили определение неорганического фосфора сразу после прекращения ферментативного расщепления органических фосфатов. Поэтому в каждом растительном образце неорганический фосфор определяли дважды: сразу после прекращения ферментативного расщепления органических фосфатов и после действия фермента в течение двух часов.

Активность фермента определялась количественной разницей между вторым и первым определением. Выражалась активность в мг неорганического фосфора на 1г растительных образцов.

Полученные данные об активности фосфатазы представлены в таблице 1.

Таблица 1. Активность щелочной фосфатазы на 1 г сырой ткани за 2 часа и за 1 час соответственно

День прорастания семян	Представитель семейства Бобовые					
	Чечевица		Маш		Фасоль	
	2ч	1ч	2ч	1ч	2ч	1ч
5	7.2	3.6	11	5.5	0.7	0.35
7	30	15	12.9	6.45	1.5	0.75
10	15	7.5	3	1.5	0.9	0.45

Результаты опытов показали, что наибольшая активность фосфатазы наблюдается на 7 день онтогенеза. В последующем с большим прорастанием корешка, стебелька и появлением листочков, активность фосфатазы снижается, что свидетельствует о исчерпывании запасов органического фосфора, который идет на рост растений.

Автор выражает благодарность за помощь в подготовке статьи научному руководителю к.п.н., доценту кафедры химии, экологии и МОХ ЮУрГГПУ Лисун Наталье Михайловне.

#### Список литературы

1. Иванов А.Л., Сычев В.Г., Державин Л.М., Адрианов С.Н. и др. Агробиологический цикл фосфора / под ред. академика А.Л. Иванова. М.: Россельхозакадемия. 2012. 512 с.
2. Sharma U., Pal D., Prasad R. // Indian J. Clin. Biochem. 2014. Vol. 29. N 3. P. 269.
3. Васильев В. П. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа: учеб. для студ. вузов, обучающихся по химико-технол. спец. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Дрофа, 2002. 384 с.

## **АККУМУЛЯЦИЯ ЖЕЛЕЗА В ЛИСТЬЯХ БЕРЕЗЫ И ТРАВЯНИСТОГО ПОКРОВА В УСЛОВИЯХ УРБАНИЗАЦИИ**

**Соловьева А.В.**

*ЮУрГГПУ, Челябинск*

*colovieva-anna@mail.ru*

Использование древесных растений в условиях городской среды в качестве объектов биоиндикации позволяет оценить возрастающую техногенную нагрузку на урбанизированной территории.

На территории города Челябинска расположено несколько предприятий черной металлургии, что повышает актуальность изучения состояния экологической обстановки на основе данных о содержании железа в растениях – биоиндикаторах, в частности на растении эндемике - *Bétula péndula*.

Особую опасность для человека и окружающей природной среды несут тяжелые металлы. Они могут присутствовать в почве, воде и атмосфере. Тяжелые металлы накапливаются в почве и затем аккумулируются растениями, многие из которых резко реагируют на поллютанты. Таким образом, существует много способов выявления тяжелых металлов в окружающей среде, одним из которых является растений – биоиндикаторов.

Растения – биоиндикаторы реагируют и дают адекватную реакцию на воздействие комплекса факторов (активные формы кислорода, тяжёлые металлы и другие). Выбор березы как объекта исследования обусловлен тем, что данное растение является эндемиком для Челябинской области, а так же её способностью аккумулировать железо в своём организме.

Целью исследования стала оценка техногенной нагрузки в разных районах г. Челябинск на основе данных о содержании железа в листьях берёзы.

Задачей исследования являлось определение железа в листьях березы, которые были собраны во всех районах Челябинска и контрольной точке, находящейся за пределами города. При выборе мест отбора проб учитывалась степень антропогенной нагрузки и направление розы ветров относительной источников загрязнения. Анализ проводился с использованием метода фотометрии.

Результаты исследования показывают, что наибольшее количество железа было обнаружено в пробах, взятых в Металлургическом и Калининском районах, по сравнению с контрольной точкой. Такие высокие показатели объясняются тем, что Металлургический район, является промышленным, здесь сконцентрировано почти 30 % промышленного потенциала города: ПАО «Мечел», ПАО «Челябинский металлургический комбинат», ОАО «Челябинский электродный завод», ОАО «Уралавтоприцеп», «Теплоприбор», АОТ «Кемма», ЗАО «Мечелстрой» и др., почти 700 предприятий малого предпринимательства. Высокие показатели в Калининском районе объясняются наличием на его территории: Челябинской ГРЭС, Челябинского абразивного завода и Челябинского электрометаллургического комбината. Это означает, что в этих районах растения подвергаются наибольшей техногенной нагрузке.

### **Список литературы**

1. Иваныкина Т.В. // Вестник Амурского государственного университета. Серия: Естественные и экономические науки. 2010. № 51. С. 81.

*Автор выражает благодарность за помощь в подготовке статьи научному руководителю к.п.н., доценту кафедры химии, экологии и МОХ ЮУрГГПУ Лисун Наталье Михайловне.*

## **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ТАЛОЙ ВОДЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

**Улидова Т.С., Тихомирова И.Ю.**

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*tanaulidova@mail.ru*

Санкт-Петербург – один из крупнейших промышленных центров, на территории города функционирует 26 предприятий. Основными источниками загрязнения атмосферы являются предприятия автомобилестроения, химическая промышленность и автотранспорт.

Объективным показателем экологической обстановки в городе в зимний период времени является содержание различных поллютантов в снежном покрове [1]. Снежный покров обладает рядом свойств, делающих его удобным индикатором загрязнения воздушной среды [2]. Таким образом, исследование снежного покрова, позволяет оценить уровень загрязнения атмосферы в городе.

Цель данной работы заключалась в изучении химического состава талой воды снежного покрова различных районов г. Санкт-Петербурга вдоль автомобильных трасс и скверов.

Пробы снега отбирались в конце марта - начале апреля 2022 года в Центральном, Московском, Невском, Кировском, Выборгском, Петроградском районах Санкт-Петербурга в зонах с различной степенью интенсивности и видами техногенного воздействия. В качестве фоновых точек был выбран участок, расположенный в 30 км от г. Выборг и снежный покров Ладожского озера в 5 км от пос. Леднево, испытывающих минимальное техногенное воздействие вследствие удаленности от населенных пунктов и трасс. Для получения данных о загрязненности снега за весь зимний период отбиралась полная колонка снега точечным методом. Общий объем талой воды, как правило, составлял 5 л. В дальнейшем 0,5 л талой воды пропускалось через фильтр «синяя лента», который высушивался и использовался для анализа твердой составляющей снегового покрова.

В пробах талой воды определяли минерализацию, водородный показатель (рН), величину удельной электропроводности, щелочность, содержание гидрокарбонат- и хлорид- ионов с использованием стандартных методик анализа качества природных вод [3]. Измерение рН проводилось с использованием потенциометрического метода, основанного на использовании зависимости потенциала измерительного электрода от состава анализируемого раствора. Гравиметрический метод анализа использовался при определении минерализации талой воды, основанный на определении веса высушенного остатка, полученного после прокаливания пробы при 105°C. Для определения содержания в пробах талой воды гидрокарбонат-, хлорид- ионов, ионов кальция и магния были использованы методы кислотно-основного титрования,



аргентометрии и комплексонометрии. Дисперсный состав твердой фазы снежного покрова исследован с использованием ситового метода.

Общая минерализация, отражающая суммарное накопление макроэлементов в снежном покрове, является важнейшим показателем загрязнения воздушной среды. В точках отбора вдоль автомобильных трасс общая минерализация талой воды в 5-6 раз превышает фоновый показатель. Величина водородного показателя (рН) снегового покрова Санкт-Петербургского региона меняется незначительно и составляет в среднем 6,50-6,98, что характеризует талые воды как нейтральные, по сравнению с незагрязненными осадками фоновых точек. Зоны техногенного загрязнения характеризуются более высокими значениями рН снеговой воды, что связано с высоким показателем аэрозольных выбросов с высоким содержанием оксида кальция и магния. Щелочность воды связана с минерализацией и рН воды. Карбонатная щелочность определяется содержанием гидрокарбонатных ионов, и составляет 1,50-2,75 мг-экв/л, что в 3-5 раз превышает соответствующие значения в фоновых точках. Содержание хлорид-ионов в талой воде снегового покрова в 2-3 раза превышает это значение в фоновых точках отбора и составляет 0,90-1,70 мг/л, что свидетельствует об использовании антигололедных средств на автомобильных трассах. Общая жесткость талых вод снегового покрова вдоль автомобильных трасс составляет порядка 1 мг-экв/л, в скверах –0,50-0,60 мг-экв/л, в фоновых точках – 0,15-0,20 мг-экв/л; кальциевая жесткость превышает магниевую в 5-10 раз.

Результаты проведенного исследования гранулометрического состава твердой фракции снегового покрова свидетельствуют о том, что доля мелких фракций диаметром менее 0,25 мм в черте города на 50-60% выше, чем в фоновых точках. Мелкодисперсные частицы пылевидных частиц воздушной среды могут служить адсорбционными центрами для тяжелых металлов.

Таким образом, химический состав талой воды снежного покрова может служить индикатором загрязненности воздушных масс урбанизированных территорий.

#### Список литературы

1. Белова Е.А., Ковальчук Н.В. // Живые и биокосные системы. 2013. № 3. С. 1.
2. Давыдова Н.Д. // Фундаментальные исследования. 2015. № 8. С. 469.
3. Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. 3-е изд. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 270 с.

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ НЕФТЕПОЛИМЕРНОЙ СМОЛЫ С<sub>5</sub>

Федорова К.Э., Дронов С.В.

*СПбГТИ(ТУ), Санкт-Петербург*

*karina.fedorova@list.ru*

Нефтеполимерные смолы С<sub>5</sub> представляют собой особый класс низкомолекулярных синтетических смол, которые обладают уникальными физико-химическими свойствами [1].

Мировой объем производства нефтеполимерных смол постоянно увеличивается. Это объясняется широкой и доступной сырьевой базой, низкими затратами на их производство, а также возможностью их использования в самых различных отраслях промышленности: целлюлозно-бумажная, нефтеперерабатывающая, нефтехимическая и др. Нефтеполимерная смола может успешно заменить дефицитные продукты природного происхождения.

К настоящему времени асфальтовое покрытие и дорожная разметка становятся все более восприимчивыми к образованию колеи и растрескиванию из-за увеличения объема движения транспорта и увеличения нагрузок. Применение композиционных разметочных материалов на основе нефтеполимерной смолы значительно повышает срок их службы в 5-10 раз по сравнению с традиционными лакокрасочными материалами.

Применение нефтеполимерных смол в качестве компонента связующего для цветного асфальта обусловлено светлым цветом и составом, что позволяет при помощи пигментов получать дорожные покрытия различных цветов для любой дорожно-климатической зоны. Такие покрытия устраивают в местах пешеходных переходов, перекрестков, остановочных площадках, велосипедных дорожках, что повышает различаемость объектов на дороге [2].

Таким образом, применение нефтеполимерных смол в настоящее время является весьма перспективным и экономически выгодным направлением. Это связано с относительно низкими затратами на ее производство, а также возможностью применения нефтеполимерных смол вместо дорогостоящих продуктов – растительных масел, канифоли, иден-кумаровой смолы и др.

### Список литературы

1. Царева Е.Е. // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15. № 7. С. 163.
2. Пат. 2620120 Российская Федерация, МПК С08L 91/00, С08L 93/04, С04В 26/22. Вяжущее для цветного асфальтобетона / Калинин М. В., Майданова Н. В., Романенко Ю. Н., Фомин С. Н.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество "Асфальтобетонный завод N 1" - № 2016121374; заявл. 30.05.2016; опубл. 23.05.2017 Бюл. № 15 – 10 с.

## **ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВОД ИСТОРИЧЕСКИХ КАРЬЕРОВ ПО ДОБЫЧЕ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД**

***Чагай К.С.,<sup>1</sup> Тихомирова И.Ю.,<sup>1</sup> Панова Е.Г.<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*<sup>2</sup>СПбГУ, Санкт-Петербург*

chagaj.kostya@bk.ru

Среди мировых промышленных мегаполисов Санкт-Петербург - уникальный по масштабу памятник – город, сохранивший в основных чертах грандиозный исторический центр, в строительстве и архитектуре которого широко использовался природный камень. Строительство Петербурга требовало большое количество природного камня: известняка, мрамора, гранита [1]. Добыча камня проводилась в окрестностях СПб, на территории Карелии и Финляндии чаще всего открытым способом методом откалывания, разрезания, взрывания. После того, как запасы камня истощались, добыча камня становилась нерентабельной, и каменоломни оставались заброшенными. На местах выработки камня образовывались карьеры, которые постепенно заполнялись атмосферными осадками, талыми и подземными водами. В настоящее время большинство карьеров стали местом отдыха населения. Химический состав карьерных вод не контролируется.

Все разнообразие химических составов вод карьеров определяется двумя водными потоками, различающихся направлением движения и способами приобретения минерализации. Один поток – нисходящий, связанный с просачиванием под землю атмосферных осадков, преимущественно дождевых и талых вод. Такие воды называются водами просачивания, или инфильтрационными. Все они приобрели ту или иную минерализацию под влиянием биосферы, пройдя через своеобразный биологический фильтр. Второй поток (глубинные воды) – восходящий, он образуется в результате химического взаимодействия обогащенных мантийными элементами вод с горными породами. При встрече водных потоков, глубинные воды вступают в контакт с инфильтрационными, что приводит к образованию вод смешанного состава. Их минерализация – результат гидрогеохимического взаимодействия вод различного происхождения.

Цель работы – исследование влияния скальных грунтов карбонатных горных пород на состав воды карьеров по добыче природного камня для строительства Санкт-Петербурга.

Объектом исследования являлись воды Парицкого, Борницкого, Пудостского карьеров Гатчинского района Ленинградской области по добыче известняка; Большого Мраморного, Итальянского карьеров и подземного туннеля верхних горизонтов выработки мрамора природного парка Рускеала Сортавальского района Карелии. Отбор проб воды производился в соответствии с ГОСТ[2] в конце августа – сентябре 2022 года.

В лаборатории кафедры химического и экологического образования РГПУ им. А.И. Герцена проведен гидрохимический анализ карьерных вод по следующим показателям: рН, величина удельной электропроводности, минерализация, карбонатная щелочность, общая жесткость, содержание ионов кальция, магния, хлорид- и гидрокарбонат-ионов по стандартным методикам [3].

Отобранные пробы вод карьеров неокрашенные, отличаются высокой прозрачностью до глубины 4-5м, характеризуются отсутствием взвешенных частиц; слабощелочные, рН находится в пределах 7,62-8,39.

Известняки относятся к группе карстующихся осадочных пород карбонатного типа, которые способны частично растворяться при взаимодействии с поверхностными и грунтовыми водами. Воды карьеров Пудостского, Парицкого, Борницкого по добыче известняка отличаются высокой минерализацией (448, 388, 234 мг/л - соответственно), удельной электропроводностью (668, 610, 365 мкСм/см); щелочностью (7,35, 6,80, 3,90 мг-экв/л). Содержание гидрокарбонат ионов в карьерных водах составило: 448, 415, 238 мг/л - соответственно. Более низкие показатели вод Борницкого карьера связаны с его состоянием: заброшенностью, наличием свалки вокруг и постепенном заилении дна карьера. Величина общей жесткости характеризует воды как жесткие (7-8 мг-экв/л), но есть важная особенность - в водах содержится преимущественно магний, что связано с наличием в известковых породах доломитов.

Мрамор – карбонатная метаморфическая порода. Воды мраморных карьеров Рускеалы – маломинерализованные, низкая величина удельной электропроводности (200-300 мкСм/см) свидетельствует о малом количестве ионов сильных электролитов. Воды – мягкие, с преобладанием кальциевой жесткости, с низким содержанием гидрокарбонатов.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что характер влияния породообразующих карбонатных пород разного генезиса, вступающих в контакт с поверхностными водами, на состав вод карьеров отличается: известняки оказывают более значительное влияние на состав воды карьеров.

#### Список литературы

1. Булах А. Г., Борисов И.В., Гавриленко В.В., Панова Е.Г. Каменное убранство Петербурга. Книга путешествий. Кн.5. СПб. 2002. 240с.
2. ГОСТ 31861-2012. Межгосударственный стандарт. Вода. Общие требования к отбору проб.
3. Алекин О.А., Семенов А.Д., Скопинцев Б.А. Руководство по химическому анализу вод суши. 3-е изд. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 270 с.

## **СЕКЦИЯ 4**

### **МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ**

## **ПРИВЛЕЧЕНИЕ ШКОЛЬНИКОВ К УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ И ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ХИМИИ**

*Алексеева Е.Н.*

*ГБОУ Лицей №214, Санкт-Петербург*

*cat.alekseeva2018@yandex.ru*

В обучении химии большое внимание уделяется учебно-исследовательской и проектной деятельности с исследовательской составляющей, поскольку именно здесь происходит формирование научного стиля мышления и освоение научного метода познания мира. Кроме того, учебно-исследовательская и проектная деятельность способствует активности учащегося, гибкости его мышления, способности к совершенствованию своих знаний и опыта.

Исследовательская деятельность и работа над исследовательским проектом могут проходить во внеурочное время и на уроках химии.

При этом на уроках ведущую роль в развитии интереса к исследовательской деятельности играет химический эксперимент. Качественное проведение химического эксперимента не только как иллюстрации, а именно в исследовательском формате, например, для получения фактов и проверки гипотезы, повышает интерес к химии не только за счет зрелищности опыта, но и интерес и желание к получению нового (в случае школьника – субъективно нового) знания.

Вторым важным способом вовлечения в исследовательскую деятельность и получения исследовательских навыков на уроке химии являются задания и задачи в которых в качестве исходных данных приведены описания процесса исследования. Такие задачи встречаются среди олимпиадных заданий по химии разных уровней и в заданиях на формирование функциональной естественнонаучной грамотности.

Исследовательские проекты по химии во внеурочной деятельности или во внеурочное время могут выходить за рамки школьной программы, углубляя или расширяя ее. В процессе работы над исследовательским проектом у учащихся формируется умение искать и анализировать информацию, устанавливать причинно-следственные связи между явлениями, выделять главные признаки явления и объяснять их, выдвигать гипотезу, формулировать ее доказательства, проводить эксперимент, прогнозировать и объяснять его результаты.

Исследовательская и проектная деятельность по химии связана не только с проведением химического эксперимента, но достаточно сложных вычислений. Часто для решения сложных химических задач необходим определенный уровень математических знаний. Исследовательские проекты должны выходить за рамки школьного курса, касаться квантовой химии, для которой необходим функциональный анализ, термодинамики, для которой необходимо понимание теории вероятности, углубленной органической химии с теорией графов для

предсказания свойств сложных органических молекул, химической кинетики, которая невозможна без дифференциальных уравнений [1, 2]

Для качественного контролирования выполнения проектной деятельности необходимо и четкое понимание типовых ошибок при ее выполнении. Ошибки встречаются на любом этапе работы, от выбора и формулировки темы до оформления списка литературы. Так же важно учесть и недостатки при выступлении, которые могут остаться незамеченными учащимися. Педагогу, курирующему выполнение исследовательского проекта, необходимо четко понимать, чем именно возможно помочь своему воспитаннику так, чтобы привести его к качественному результату, но не выполнить работу за него.

Исследовательская деятельность по химии не только развивает личность школьника, но и открывает для него перспективы в различных программах, таких как Всероссийские олимпиады «Грани науки», «Гранит науки», Всероссийский конкурс научно-технологических проектов «Большие взрывы», естественно-научные и профильные по химии программы образовательного центра «Сириус».

#### **Список литературы**

1. Математические методы решения химических задач: учеб. Пособие для студ. Учреждений высш.проф. образования / под ред. Козко А.И. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 368 с.
2. Теоретическая и математическая химия для школьников. Подготовка к химическим олимпиадам / Еремин В.В. М.: МЦНМО, 2007. 392 с.

## USING COLLABORATIVE TECHNIQUES AT CHEMISTRY CLASSES

*Баранцева А.О., Се Хаожань, Чэнь Цзинвэнь*

*ПГГПУ, Пермь*

*barantseva@pspu.ru*

The necessity of introduction of collaborative methods of teaching at Chemistry classes is becoming acknowledged by many experts. M.M. Cooper enumerates several benefits of collaboration at Chemistry classes: students take responsibility for their own learning, they develop higher order cognitive skills and learn to explain, listen and negotiate actions and meanings; collaboration also leads to an increase in students' satisfaction with their overall learning experience, which in turn entails more positive attitudes towards the subject matter [1].

Below several examples of application of some collaborative techniques are provided.

### *1) Collaborative technique "Jigsaw".*

Students work in small groups to develop knowledge about a given topic and to formulate effective ways of teaching it to others. These expert groups then break up, and students move to new Jigsaw groups, each consisting of students who have developed expertise in different subtopics.

Topic: Acids and Bases

Procedure:

1. Give an open chemistry question, such as which substances can react with acids. This is a question with multiple answers, and students can discuss it.
2. The whole class can be divided into five groups for discussion.
3. After the discussion, the teacher will choose five students to share their opinions discussed in the group with other students, who will listen and observe. The observers actively evaluate and interact with the five people after sharing: why these substances can react with acid, etc. Students need to be listeners and speakers.
4. After the discussion, observers are asked to volunteer with any additional insights.
5. Then, the teacher will also participate in the students' comments. The teacher should ensure that all students participate in the discussion and reflection.
6. Finally, students are required to reflect and summarize the contents of the discussion.

### *2) Collaborative technique "Analytic Teams".*

In "Analytic Teams", team members assume roles and specific tasks to perform when critically reading an assignment, listening to a lecture, or watching a video. Roles such as summarizer, connector (relating the assignment to previous knowledge or to the outside world), proponent, and critic focus on the analytic process.

Topic: Redox processes

Procedure:



1. The students are divided into groups of four students. The members of each group are the summarizer, questioner, predictor and respondent respectively. Each member should complete different tasks according to the distributed reading materials and the teacher's explanation.

2. Summarizer: according to the teacher's explanation and the examples in the material, summarize the main content of the teacher's explanation and the main content of the material description.

3. Questioner: for the explanation and the material provided, put forward questions that you do not understand or expand questions, and put forward as much as you want to ask.

4. Responder: the respondent is responsible for answering the questions raised by the questioner. If other members of the group also have questions, they can try to answer them according to their own understanding.

5. Predictor: according to what you have learned, complete the task paper sent by the teacher. On the task paper, there are some relevant reactions outside the content of the class. The predictor predicts whether these reactions occur, what will be generated if they, what the cause of the reaction is. if not, and what is the cause.

6. The group is on the stage to show their completion, the members report on their own content.

### 3) Collaborative technique "Buzz Group"

"Buzz Groups" are teams of four to six students that are formed quickly and extemporaneously to respond to course-related questions. Each group can respond to one or more questions, and all groups can discuss the same or different questions.

Topic: Periodicity

Procedure:

1. Make cards with different elements on the periodic table, let students draw the cards they want to represent.

2. Give them a preparation day to understand the elements they represent, and summarize how the elements they represent exist and affect our lives in their daily life.

3. Arrange the students according to the periodic table seats, let them find their corresponding position, and then in the order of their representative elements, let them understand the content.

4. Everyone speaks, let them see themselves and the adjacent elements, first they must guess the relationship between adjacent elements, and then with the help of a teacher, the characteristics of the first 20 elements, the characteristics of each family each cycle, and summarize several of the most common material elements in life situations.

### Список литературы

1. Cooper M.M. // J. Chem, Educ. 1995. Vol. 72. N 2. P. 162.

## ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ ПО ХИМИИ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ

*Буданова Д.В., Толетова М.К.*

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*budanova.d.v@gmail.com*

В Федеральном законе «Об образовании в Российской Федерации» гарантировано право детей, которые по состоянию здоровья не могут посещать образовательную организацию, на получение образования в домашних условиях. Анализ литературы по проблеме исследования (Н.А. Добролюбов, К. Роджерс, Е.В. Бондаревская, Ш.А. Амонашвили В. В., Грачев, В.В. Сериков, В.А. Петровский, И.С. Якиманская, Ю.В. Громыко и др.) позволил сделать выводы о необходимости разработки методического сопровождения домашнего обучения химии с учетом психофизических особенностей учащихся. К основным проблемам обучения химии в условиях домашнего обучения мы относим: во-первых, ограничение времени контактной работы ученика и преподавателя, во-вторых, увеличенный объем самостоятельной работы, в-третьих, отсутствие системы оценки и контроля работы обучающихся дома [1] а также ограничения проведения химического эксперимента вне оборудованной учебной лаборатории.

В качестве способа возможного решения указанных проблем мы рассматриваем разработку индивидуального (с учетом особенностей здоровья ребенка) учебно-дидактического комплекта по изучаемой теме, который включает инструкции, презентации и тексты объяснения нового материала, тренажеры, дифференцированные задания для закрепления знаний и умений учащихся по данной теме (задания учебника или индивидуальные), творческое исследовательское задание и т.д. С целью обеспечения индивидуализации обучения химии обучающихся на домашнем обучении, помимо того, что сообщается учителем на уроке, необходимая информация размещается на сайте учителя. Сайт включает материалы уроков (презентации, материал в текстовом формате), видеуроки, видео опыты, задания для домашней работы, инструкции по их выполнению заданий, дифференцированные задания, индивидуальные карточки, которые выдаются учащимся перед изучением нового материала. Индивидуальная карточка отражает последовательность изучения материала и основные элементы содержания, помогает ученику ориентироваться в изучаемом материале.

Формирующий эксперимент с учениками 9 класса, изучающими химию в условиях домашнего обучения, показал, что внедрение указанного методического сопровождения способствует повышению уровня знаний и умений по предмету.

### Список литературы

1. Бакулина Е.А. Теория и практика домашнего задания в современных условиях обучения математике учащихся средних общеобразовательных учреждений: дис. кандидат наук образование наук: 13.00.02. Саранск, 2012. 158 с.

## **ПРИМЕНЕНИЕ НАНОМАТЕРИАЛОВ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ ВОДЫ И ВОЗМОЖНОСТИ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ В УЧЕБНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ УЧИТЕЛЯ ХИМИИ**

**Буллинг Е.С.**

*ЮУрГТТУ, Челябинск*

*ekat.buling2018@yandex.ru*

Одной из эффективных форм обучения в школе выступает проектная деятельность, направленная на достижение метапредметных результатов посредством решения проблемы с достижением запланированного результата при активной познавательной деятельности [3]. Распространение проектной деятельности требует от учителя умений ее организации и проведения, а развитие навыков ее сопровождения выступает в качестве обязательного образовательного компонента педагогического вуза [2]. Для проектной деятельности важную роль играет практическое применение теоретических знаний, что ярко проявляется при изучении вопросов прикладной химии. Изучение этого раздела обеспечивает подготовку высококвалифицированных учителей химии, способных освещать вопросы современного состояния науки и производства, использования их результатов в народном хозяйстве. Одним из важных разделов прикладной химии является очистка воды, в том числе, современными методами, например, с использованием наноматериалов [1]. Так, в рамках лабораторных занятий по прикладной химии возможна реализация группового проекта «Применение наноматериалов при очистке воды».

Перед выполнением проекта студентам предлагается проектная задача: «Перед водоочистными сооружениями водоканала поставили задачу: улучшить способ коагуляции на основе соединений железа. Опираясь на механизмы коагуляции и закономерности процессов адсорбции, ученые предположили, что этот процесс может быть улучшен при использовании нанодисперсного гидроксида железа. Но ряд ученых выступил против этого метода. На основе выполнения эксперимента предложите доводы за и против применения этого коагулянта на практике.». Из условия задачи студенты определяют общую проблему – преимущества и недостатки коагуляционной очистки с применением нанодисперсного гидроксида железа (III), формулируют цель и задачи проекта.

При выполнении проекта аудитория делится на шесть групп по 2-3 человека. Каждая группа получает комплект материалов, включающих технологическую схему очистки воды, выдержки из литературных источников, в которых описаны способы очистки воды, методику определения ХПК, по значению которого делается вывод об эффективности очистки, методику фотометрического определения железа с роданидом, а также оборудование и реактивы. В качестве модельной системы загрязненной воды используется

раствор органического вещества, например, гумата натрия, как распространенного загрязнителя природных вод.

После ознакомления с материалами группам предлагается выбрать и проверить эффективность различных коагулянтов: гидроксид железа (III), полученный гидролизом хлорида железа (III); гидроксид железа (III), осажденный щелочью; коллоидный раствор над осадком, полученным при гидролизе; насыщенный раствор хлорида железа (III). Пятая группа определяет содержание железа в очищенных водах фотометрическим методом, а шестая – величину ХПК для загрязненной и холостой пробы, и отвечает на вопросы, раскрывающие преимущества и недостатки использования наноматериалов для защиты окружающей среды. Вопросы могут быть следующего содержания:

1) С какими свойствами наноматериалов связано широкое применение их практически во всех сферах деятельности?

2) Чем обусловлено негативное влияние наноматериалов на окружающую среду, несмотря на внедрение их в технологии защиты окружающей среды?

3) Использование наноматериалов соответствует принципам «зеленой химии». В чем заключается сущность понятия «зеленые нанотехнологии»?

4) Наноматериалы используются в системах очистки воды (углеродные нанотрубки повышают эффективность очистки воды от органического вещества). Чем обусловлена большая эффективность применения наноматериалов для очистки воды? Почему их использование ограничено?

5) Наноматериалы могут решать экологические проблемы как непосредственно, так и опосредованно. В чем заключается опосредованное решение экологических проблем с использованием наноматериалов?

По результатам анализа заполняется общая таблица, на основании которой выводится диаграмма, позволяющая обсудить эффективность используемых коагулянтов. После обсуждения делаются выводы об эффективности очистки воды с использованием нанодисперсного гидроксида железа (III). Отмечается, что его использование ограничено вторичным загрязнением ионами железа.

Реализация проекта позволит студентам разобраться с возможностями применения наноматериалов для защиты окружающей среды, освоить методику организации группового проекта для применения ее в школе.

#### Список литературы

1. Анциферова И.В., Зенков А.И. // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. 2012. № 1. С. 107.
2. Газизова Т.В., Колесникова Т.А., Пеленков. А.И. // Сибирский педагогический журнал. 2016. № 1. С. 79.
3. Лисичкин Г.В. Метод проектов в химическом образовании // Сборник «Естественнонаучное образование: вызовы и перспективы» / Под общей ред. В.В. Лунина и Н.Е. Кузьменко. М.: Изд-во Московского университета, 2015. С. 125.

*Автор выражает благодарность своему научному руководителю: к.х.н., доценту, заведующему кафедрой химии, экологии и МОХ ЮУрГГПУ Сутягину Андрею Александровичу за помощь в подготовке материалов статьи.*

## **ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДИКИ ФАСИЛИТАЦИИ В ПРЕПОДАВАНИИ ХИМИИ**

**Владыкина Л.А., Космодемьянская С.С.**

*КФУ, Казань*

*liliavladykina8260@gmail.com*

В современном обществе, где все меняется в очень короткое время, большую ценность имеют специалисты, которые могут работать в коллективе и организовывать работу группы, при этом не теряя своей собственной точки зрения, мнения и индивидуальности. Этим и обусловлена необходимость в совершенствовании организации различных форм совместной учебной деятельности школьников.

Наше исследование по методическим особенностям применения элементов технологии фасилитации в химическом образовании началось с 2020 г. На первом этапе нашего исследования мы провели дефиницию основных понятий и терминов по тематике. Нами проанализированы вариативные методики педагогической технологии фасилитации и определена возможность реализации элементов педагогической технологии в условиях временных рамок, материального обеспечения школ, целесообразности в зависимости от темы урока химии. В рамках исследования был проведен опрос, педагогическое наблюдение и анкетирование.

Фасилитация является одной из форм организации групповой формы работы. Под групповой формой обучения понимают такую форму организации деятельности, при которой на базе класса создаются небольшие рабочие группы (5-7 учащихся) для совместного выполнения учебного задания [1].

Проанализировав научную литературу, можно сделать вывод, что групповым формам работы, которые предполагают межличностное взаимодействие ученика с учеником и ученика с учителем, уделяется все-таки недостаточное внимание на уроках. Целью работы является определение влияния инновационных методик фасилитации на изменение уровня активности и мотивации познавательной деятельности школьников, а также на повышение качества усвоения знаний на уроках химии. В рамках исследования был проведен анализ истории возникновения и развития технологии фасилитации в нашей стране и за рубежом как одной из форм групповой деятельности обучающихся. Так, в работах Г.Триплета, Ф. Олпорта, В. Меде, появившихся в конце XIX – начале XX веков, был описан феномен, впоследствии получивший название «социальной фасилитации». Педагогические идеи Карла Роджерса [2] о роли преподавателя в учебном процессе, значимости взаимоотношений с участниками образовательного процесса внесли весомый вклад в основу гуманизации обучения за рубежом.

Фасилитация в область химического образования проникает очень медленно по ряду причин. Из-за этого учитель сразу же может столкнуться с тем, что практически все методики фасилитации созданы исключительно для бизнес-

сферы, а для уроков химии необходимо адаптировать эти методики под класс, возраст, тему, этап урока, учебно-методический комплекс и т.д.

В рамках второго этапа трехлетнего исследования мы провели анкетированный опрос. Отвечая на один из вопросов анкеты, респонденты дали понять, что групповая деятельность повышает уровень эффективности занятия. Но как сильно она увеличивается? Почти половина оценила повышение эффективности на три единицы по пятибалльной системе, примерно 30% – на «4», 13% – «5». Все это говорит о том, что не всегда уместно использовать групповую работу на уроках. Необходимо правильно организовать деятельность учащихся, предложить хорошую тему, подобрать задания для продуктивной работы на уроке.

Применение групповых форм работы и методик фасилитации на уроках в качестве педагогической технологии для объяснения или закрепления того или иного материала повышает уровень заинтересованности и активности обучающихся, делает урок более динамичным. Активное взаимодействие между собой помогает обучающимся развить коммуникативные навыки, распределение задач в группе воспитывает в ребятах взаимответственность.

Разработка заданий, реализация на уроках, оценивание деятельности обучающихся требуют от личности педагога кардинальных перемен [3]. Перед проведением уроков с технологией группового взаимодействия необходима тщательная подготовка. Помимо подготовки нескольких экземпляров заданий, нужно еще тщательно подумать об оценивании. Не стоит забывать и о разделении групп, лучше, если учитель химии сам их сформирует. Во время решения задания учителю нельзя оставаться пассивным наблюдателем, необходимо подходить к командам, спрашивать о затруднениях, которые возникли, постараться навести на правильный ответ. Все это делается для увеличения эффективности усвоения и повторения полученных знаний.

Итак, в нашей стране фасилитация трудно внедряется в образование, хотя как метод обучения она бы способствовала созданию комфортной эмоциональной атмосферы на уроках химии, развитию критического мышления, улучшению взаимоотношений «учитель-ученик». Методики фасилитации, или элементы данной педагогической технологии, применимы на любом этапе урока химии по любой теме и учебно-методическому комплексу, но частое использование может быть нецелесообразно.

#### Список литературы

1. Владыкина Л. А. Инновационные методики фасилитации в преподавании химии // *INTERNAUKA Prospects and key tendencies of science in contemporary world*. 2022. № 26 С. 62.
2. Гикал Л.В. Групповая работа как эффективная форма организации урока // *Открытый урок* Первое сентября. 2009. [Электронный Ресурс] Режим доступа: <https://urok.1sept.ru/articles/530702> (дата обращения 27.01.2023).
3. Овчаренко В. Фасилитацию в школы! // *СКОЛКИ мысли о неформальном образовании*. 2020. [Электронный Ресурс] Режим доступа: <https://skolki-project.com/blog/fasilitatsiju-v-shkoly> (дата обращения 27.01.2023).

## **СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ В ОСНОВНОЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ШКОЛЕ**

**Головня О.С.**

*НГПУ, Новосибирск*

*golovnya.75@mail.ru*

Современная система обучения претерпевает ряд изменений, основанных на потребностях общества, росте значимости инновационных технологий, внедрению дистанционных форм работы со школьниками и т.д. И одним из ведущих факторов образовательной системы, испытывающих влияние перемен, является оценивание результатов обучения.

Современное образование – это сложная система, объединяющая организации, учреждения, предприятия, занятые обучением, воспитанием, передачей знаний, проведением научных исследований, выпуском учебной и научной литературы, подготовкой кадров для всех отраслей экономики.

В федеральных проектах Национального проекта «Образование», где в центре внимания находится не образовательная услуга, а всесторонне развитый и образованный человек, гармонично развитая личность, квалифицированный работник, качественно освоивший образовательные продукты, предоставляемые образовательной организацией, четко прослеживается главенствующая роль школы. Как отмечают отечественные исследователи, общеобразовательная школы – это тот фундамент, на котором основывается будущее всего государства. Потому не удивительно, что вопросы преобразования системы оценивания образовательных результатов школьников от формального оценивая предметных знаний к комплексному компетентностному оцениванию привлекают внимание всех субъектов образовательного процесса. Важно отметить, что эта позиция закреплена ФГОС, где прописаны критерии оценки знаний, умений и освоения компетенций. Так же существует и дополняется ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», где так же определены главенство компетентностного подхода к оцениванию знаний и значимость подготовки грамотного населения [2].

Обращаясь к существующим способам оценки, А.В. Калач отмечает два подхода: традиционный – ориентированный на количество знаний, уровень их освоения и применения, который выражен в оценочной шкале; личностный подход – опирающийся на метапредметные достижения и навыки учащегося, что выражается в оценке личностного роста и накоплении индивидуального разностороннего признания. Последнее стало поводом для развития такого направления как «оценка самостоятельности школьника» [2].

Коллективом авторов Д.Ю. Добротиним, А.А. Кавериной и М.Г. Снастиной была проведена оценка методик и подходов к контролю знаний и

умений учащихся на примере «Химии». Исследователи предложили алгоритм подхода к оценке знаний по предмету:

1. определиться с тем, что необходимо оценить – освоение предметных, метапредметных или личностных компетенций и знаний;
2. дать возможность сформировать оценку на основе мнений учителя и ученика;
3. обобщить и вывести среднеарифметическое из полученных выше показателей;
4. указать (можно перед началом работы с классом), где будут фигурировать выставленные оценки;
5. обозначить критерии оценивания, доступные для понимания класса [1, С.2-25].

М.М. Шалашова отмечает, что международные исследования качества образовательных достижений учащихся свидетельствуют о том, что отечественные школьники проявляют недостаточный уровень способности применять имеющиеся знания; это заставляет пересматривать образовательные стандарты и изменять подход к оцениванию от традиционного формального к инновационному компетентностному. При оценке образовательных результатов сегодня, особенно на уроках химии, необходимо использовать принципы педагогической квалиметрии, многомерных заданий, инновационных измерителей и качественных контрольно-измерительных материалов [3, С. 88-94].

В настоящее время оценивание результатов обучения химии в основной общеобразовательной школе включает как традиционные, так и инновационные методики оценивания с тенденцией расширения и развития тех, которые позволяют провести диагностику не только предметных, но и метапредметных и личностных результатов, опыта деятельности по решению ситуационных задач в различных предметных и межпредметных контекстах.

#### Список литературы

1. Добротин Д.Ю., Каверина А.А., Снастина М.Г. Методика формирования и оценивания базовых навыков, компетенций, обучающихся по программам основного общего образования по химии, необходимых для решения практико-ориентированных задач // [https://doc.fipi.ru/metodicheskaya-kopilka/metodika-otsenivaniya-bazovykh-navykov/khimiya\\_metodika.pdf](https://doc.fipi.ru/metodicheskaya-kopilka/metodika-otsenivaniya-bazovykh-navykov/khimiya_metodika.pdf)
2. Калачак А.В. Современные образовательно-оценочные технологии в обучении химии // <https://nsportal.ru/shkola/khimiya/library/2019/01/10/sovremennye-obrazovatelno-otsenochnye-tehnologii-v-obuchenii-himii>
3. Шалашова М. М. // Новые технологии. 2020. № 3. С.88.



## **КОЛЛЕКТИВНАЯ И ГРУППОВАЯ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ НА УРОКЕ ХИМИИ**

**Горшкова К.А., Инишина Т.В.**

*ФГБОУ ВО СГУ им. Н.Г. Чернышевского, Саратов*

*goranikksey2020@mail.ru*

Несмотря на то, что химию учащиеся изучают в старших классах, учителя довольно часто отмечают актуальность периодов социализации в силу нового состава класса по выбранному профилю. Таким образом, учителю важно вовремя диагностировать и использовать профилактические приемы школьной дезадаптации, чтобы исключить и минимизировать потерю мотивации к учебе, снижение уровня самооценки учащегося. Большую роль в этом процессе играет участие в коллективной деятельности.

В данной работе рассмотрено применение коллективной и групповой формы обучения с точки зрения повышения результативности обучения, а также как способ социализации учащихся.

Настоящие формы обучения похожи по методу организации, однако не каждую групповую работу учащихся можно считать коллективной. Коллективная форма обучения – это деятельность учащихся, при которой происходит взаимообучение школьников. Она предполагает работу в мини-группах от 4 человек. Участники одной мини-группы работают в динамической или вариационной парах. Деятельность учащихся в динамической паре предполагает работу группы по одному заданию, состоящего из четырёх частей. То есть, каждый ученик отвечает за определённую часть задания и, после выполнения, обсуждает с участниками своей группы. Работа в вариационных парах в свою очередь подразумевает, что каждый учащийся в мини-группе выполняет индивидуальное задание. После консультации учителя, ученик должен объяснить задания своей группе [1].

В результате данной формы деятельности, каждый ученик обучает другого и является объектом обучения для своего товарища под руководством учителя. При этом на школьников возлагается ответственность не только за свои знания, но и за знания своих одноклассников. Роль учителя в качестве субъекта обучения отступает на второй план. Преподавателю требуется контролировать процесс взаимообучения детей и оказывать консультативную помощь при возникновении вопросов у школьников [2].

Групповая форма обучения предполагает деятельность учащихся, при которой происходит совместное обучение. Класс необходимо разделить на группы по 3-6 человек, вместе с тем каждая группа выполняет задание сообща под руководством лидера группы или учителя. Состав групп подбирается с учётом интеллектуальных возможностей учащихся и их межличностных взаимоотношений. Выделяют группы однородные и дифференцированные. Однородные группы называют группы, выполняющие одинаковое задание.

Дифференцированные группы – выполняющие различные задания в разных группах. В конце работы групп необходимо общее обсуждение и коррекция полученных знаний учащихся.

В результате данной формы деятельности каждый ученик имеет возможность получить консультативную помощь как от учителя, так и от своих одноклассников. Более сильные ученики при настоящей организованной работе укрепляют свои знания и конкретизируют их. Выполняя единое задания для всей группы, учащиеся развивают свои коммуникативные навыки, а также навык самостоятельности, так как результаты выполненной работы каждого ученика будут влиять на общий результат всей группы. Деятельность учителя заключается в направлении учебной деятельности учащихся в группе и организации их самостоятельной работы.

При планировании коллективной и групповой формы на уроке нами был выстроен учебный материал и задания для каждой группы учащихся, учитывая уровень знаний и их психологические особенности при формировании учебных групп. Стоит отметить, что планирование возможных перемещений учащихся при работе по коллективной форме обучения в динамических парах требует большого опыта от учителя. Также при проведении уроков в данных формах отмечается более низкий уровень дисциплины в классе, что требует от учителя грамотно распределять внимание между группами и учениками для их плодотворной работы.

На занятиях по химии нам удалось наиболее эффективно применять коллективную форму обучения при проведении лабораторных и практических работ, а групповую – при текущем контроле и на уроках-закрепления. Также данные формы работы учащихся можно использовать на уроках изучения нового материала, например, при изучении основных химических понятий, классов неорганических соединений в 8 классе, при изучении классов органических соединений в 10 классе.

Подводя итог, стоит отметить, что использование коллективной и групповой форм обучения позволило решить поставленные задачи – сформировать навыки сотрудничества и общения в классах с недружной атмосферой, максимально задействовать всех учащихся класса и внести новизну в привычные уроки.

#### Список литературы

1. Левитес Д.Г. Педагогические технологии: учебник. М.: ИНФРА-М, 2022. 403 с.
2. Дьяченко, В.К. Новая дидактика. М.: Народное образование, 2001. 496 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ВО ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПО ХИМИИ

Зобова Е.А., Пономаренко А.П., Олейник А.С.

*ФГБОУ ВО НГПУ, Новосибирск*

*rina.vorl@mail.ru*

Одной из главных целей современного образования является формирование разносторонне развитой личности, что включает в себя коммуникативное и эмоциональное развитие обучающегося [1]. Внеурочная деятельность школьников может реализовываться через различные формы занятий, одной из которых является факультативный курс. Его введение является рациональным решением некоторых проблем, связанных с относительно небольшим количеством аудиторных часов, которые отводятся на изучение химии в рамках учебной программы, также он предоставляет широкие возможности для развития химических компетенций и мотивирует обучающихся к изучению химии.

Химия, как и большинство естественных наук, носит экспериментальный характер, поэтому эксперимент должен присутствовать как на уроках химии, так и на факультативных занятиях по химии.

Факультативный курс по химии «Определение качества продуктов питания» предназначен для обучающихся 10 классов. Целью курса является формирование компетенций, обеспечивающих успешное решение учебных задач, связанных с проведением химического эксперимента; предоставление обучающимся возможности применить химические знания на практике.

Особенностью предлагаемого курса является его прикладная направленность. Большое внимание уделено изучению тех веществ, которые окружают школьников в повседневной жизни.

Разработанный факультативный курс рассчитан на 34 часа (Таблица 1) и включает в себя 6 часов теоретических занятий и 12 практических занятий (по 2 часа). Результатом прохождения курса является выполнение проектных работ. Заключительным этапом считается защита проектов.

Таблица 1. Тематическое планирование курса 10 класс

Тема программы (количество часов)	Тема урока	Практические занятия
Введение. Научный эксперимент и его роль в познании (4 часа)	1. Научный эксперимент и его роль в познании. Взаимосвязь между составом и свойствами веществ. 2. Ознакомление с оборудованием и основными приемами работы в химической лаборатории.	№1. Ознакомление с оборудованием и основными приемами работы в химической лаборатории (2 часа)

Секция 4 – Методика обучения химии

Методы исследования продуктов питания (4 часа)	3. Качественный анализ. 4. Потенциометрический метод анализа. 5. Ареометрический метод анализа. 6. Титриметрический метод анализа.	
Качественный анализ (8 часов)		№2. Методы определения солей натрия свободных жирных кислот в растительных маслах (2 часа) №3. Методика определения свежести мяса (2 часа) № 4. Метод определения соды в молоке (2 часа) № 5. Метод определения перекиси водорода в молоке (2 часа)
Потенциометрический метод анализа (4 часа)		№6. Метод определения водородного показателя и свободной кислотности в мёде (2 часа) №7. Метод определения среды напитков и соков овощей и фруктов (2 часа)
Ареометрический метод анализа (2 часа)		№8. Ареометрический метод определения плотности молока, жидких продуктов переработки молока (2 часа)
Титриметрический метод анализа (8 часов)		№ 9. Метод определения хлорида натрия (поваренной соли) (2 часа) № 10. Метод определения кислотности в молоке, сливках, кисломолочных продуктах и молокосодержащих продуктах (2 часа) № 11. Метод определения кислотности в сухом молоке (2 часа) № 12. Метод определения кислотности в муке и отрубях (2 часа)
Итоговое занятие (4 часа)		Защита проектов

Таким образом, проведение факультативных занятий позволяет наиболее полно раскрыть содержание учебных предметов, что способствует гармоничному развитию личности обучающихся.

**Список литературы**

1. Дьякович С. В. Методика факультативных занятий по химии. Москва: Просвещение, 1985. 175 с.

## **ТАКСОНОМИЯ Б. БЛУМА КАК ОСНОВОПОЛАГАЮЩИЙ КОМПОНЕНТ СИТУАЦИОННЫХ ЗАДАЧ ПО ХИМИИ**

***Калугин И.А., Иншина Т.В.***

*ФГБОУ ВО СГУ им. Н.Г. Чернышевского, Саратов*

*kaluginivan@list.ru*

На настоящий момент в учебном процессе наиболее перспективным и малоиспользуемым является метод ситуационных задач (СЗ). Он основан на описании определенного события (ситуации), максимально приближенного к реальным жизненным условиям, что крайне важно при актуализации знаний, умений и навыков для практического применения в повседневной жизни. Суть данного метода заключается в ознакомлении учащихся с текстом, содержащим описание ситуации, а затем предлагается определенное количество вопросов по тексту, нацеленных на применение учащимися приобретенных знаний и умений в предложенных условиях.

Открытым остается вопрос о том, каким образом составлять задания и в каком количестве. Нами преследовалась цель: не просто ознакомить учащихся с возможностями применения приобретенных химических ЗУН в какой-либо ситуации, а развивать посредством решения СЗ их мышление. Такой подход является сложным, системным, поэтапным процессом, и проблема составления вопросов СЗ сводится к применению таксономии усвоения знаний (таксономии учебных целей).

Чошанов М.А. очень подробно рассматривает различные таксономии учебных целей: таксономию Б. Блума с существующими ее модификациями, В. Герлаха и А. Салливана, А. де Блока, Дж. Гилфорда, Р. Ганье и М. Мэрилла [1]. Автор отмечает, что среди всех вышеперечисленных таксономий именно таксономия Блума является наиболее полной классификацией учебных целей, охватывающей когнитивную, аффективную и психомоторную области. Существующие модификации данной таксономии устраняют некоторые обнаруженные в ней недостатки: недостаточная проработка звеньев «применение – анализ – синтез», отсутствие конкретизации некоторых методических аспектов (таксономия Г.Мадэса, Р. Хорна), при этом сохраняя концепцию таксономии Блума, базирующейся на иерархии внутренних умственных действий.

Таксономии учебных целей А. де Блока и Дж. Гилфорда ввиду своей чрезмерной структурной сложности делают невозможным их собственное применение. Таксономии Герлаха и А. Салливана, а также Р. Ганье и М. Мэрилла очень похожи на таксономию Блума, при этом имея некоторые отличительные особенности: в первой – в основе иерархии целей лежат не внутренние умственные действия учащегося, а выполняемые им внешние процедуры (концепция учебного поведения); вторая таксономия более интегративна по сравнению с таксономией Б. Блума. К сожалению, широкое

распространение и применение данные таксономии не получили, поэтому оценить их эффективность не представляется возможным, в отличие от таксономии Б. Блума, имеющей многолетний опыт использования, а также большое количество последователей (Л. Андерсон, Д. Красвол и т.д.) [2].

Опыт многих исследований показывает, что таксономия Б. Блума является уникальным инструментом, предоставляющим возможность учителю составлять развивающие, проблемные и другие задачи для учащихся, подбирать адекватные целям методы оценивания и самооценивания результатов обучения, проводить рефлексию и т.д. [2]

При составлении СЗ нами использовалась оригинальная модель, а не модификации таксономии Б. Блума, сохраняющая исходную последовательность учебных целей, поскольку это значительно облегчает процесс составления вопросов СЗ. Также для сохранения логической последовательности решения самой задачи важен уровень «оценки», предполагающий у учащегося развитость критического мышления и сформированность диагностических умений. Он должен быть завершающим в данной иерархии, чтобы затем учащийся вернулся к поставленному в начале личностно-значимому познавательному вопросу, который предполагает у учащегося сформированность тех же умений, что и уровень «оценки», и смог ответить на него.

Таким образом, с применением оригинальной таксономии Б. Блума нами был разработан перечень СЗ для учащихся 8 классов. Очевидно, что структура ситуационных задач приобретает совершенно иной вид [3], центральное место в которой отводится построенным согласно данной таксономии заданиям. Все структурные компоненты СЗ взаимосвязаны и логически выстроены, сама структура СЗ достаточно проста и функциональна, что дает возможность ее широкого практического применения учителями при составлении собственных ситуационных задач.

#### Список литературы

1. Чошанов М.А. Инженерия обучающихся технологий. 3-е изд. (эл.). Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 242 с.). М.: БИНОМ, 2015. (Педагогическое образование) // Лаборатория знаний. URL: <http://files.pilotlz.ru/pdf/cC2973-1-ch.pdf> (дата обращения: 20.01.2023).
2. Султанова Г.С. Таксономия Блума как инструмент интеллектуально развивающего обучения студентов // Высшее образование сегодня. 2019. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/taksonomiya-bluma-kak-instrument-intellektualno-razvivayuschego-obucheniya-studentov> (дата обращения: 18.01.2023).
3. Калугин И.А., Иншина Т.В. Роль ситуационных задач в курсе органической химии // Проблемы и достижения химии кислород- и азотсодержащих биологически активных соединений: сборник тезисов VI Всероссийской молодежной конференции (г. Уфа, 17-18 ноября 2022 г.) / отв. ред. Р.Ф. Талипов. Уфа: РИЦ УУНиТ, 2022. 192 с.

## **«ТОЧКИ», «ДОРОЖКИ», «ТРОПКИ», «СЕТКИ», «ДЕРЕВЬЯ»: УРОВНЕВЫЕ ЗАДАЧИ ПО ХИМИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКЕ**

*Канайкина И.О., Шагабутдинов Р.Р., Кузнецова И.В.*

*СГУ им. Н.Г. Чернышевского, Саратов*

*ivkuznetsova2013@mail.ru*

Изучение естественнонаучных дисциплин, химических в том числе, невозможно без системного подхода. Наиболее глубокое их понимание достигается при применении теоретических знаний в учебной и повседневной деятельности. В учебной деятельности, это, в первую очередь, решение задач. Но нарастающая особенность образовательной ситуации заключается в очень сильной поляризации обученности и обучаемости поступивших абитуриентов. Поэтому и изучение теории, и решение задач наиболее продуктивно в рамках уровневого подхода, когда каждый студент может выбрать приемлемую для себя индивидуальную образовательную траекторию.

Мы собираем и составляем собственные задачи разного уровня сложности по теме «Химическая термодинамика» – одной из ключевых для дальнейшего глубокого понимания химии элементов. Нам показалась интересной идея деления задач на «точки», «дорожки», «тропки», «сетки» и «деревья» [1], как раз отвечающие уровневому подходу. Самыми простыми являются «точки», в которых сразу ясно, про что они и какое уравнение применять. Анализ текста одного из самых распространенных задачников по общей химии [2], показал, что в данном разделе приводится много именно таких задач, решение которых состоит из одного действия, основанного на следствии из закона Гесса. Здесь варьируются только уравнения химических реакций. Задачи на закон Гесса чаще всего относятся к «дорожкам», если надо преобразовать 3-4 простых уравнения. Если же уравнений больше и преобразования не очевидны, такие задачи могут быть отнесены и к «сеткам». Они встречаются, как правило, на олимпиадах. Но главное, что отсутствует в условиях этих задач и что необходимо дополнить, это «химический» вывод: а с какой целью проводился расчет? Например, выберите оптимальный восстановитель для получения металла в задачах-«точках». Или какая из параллельных реакций, протекающих в доменном процессе получения чугуна, сопровождается наибольшим выходом целевого продукта (потерями пренебречь) и при какой температуре в задаче-«дерево». Здесь уже надо написать несколько уравнений реакций, догадаться, что целевым продуктом является чугун, состоящий из железа и цементита, их соотношение, зависимость выхода от энергии Гиббса реакции и т.п.

Известные задачи на расчет по термохимическому уравнению реакции, на наш взгляд, относятся тоже к «точкам». В вузе им уделяется мало внимания, полагая, что они хорошо усвоены в курсе школы. Но, не смотря на их простоту, практика показывает, во-первых, что это не всегда так, во-вторых, школьники их решают «автоматически», не понимая их смысла. А смысл заключается в

том, что они «подводят» к понятию «стандартное состояние» и «стандартные значения» и имеют практическую направленность. В последнем случае она должна быть сформулирована в ситуационной форме. Например, коллекционер приобрёл ретро-автомобиль 1900 года выпуска и решил проверить его работоспособность. В то время в автомобилях устанавливали карбидные лампы. Он загрузил в одну камеру 128 г карбида кальция, в другую – 200 мл воды. Как ни удивительно, но в начале пути лампа довольно ярко светила, даже в темном тоннеле, но потом яркость свечения становилась все меньше и меньше. Как Вы думаете, почему? Напишите уравнения протекающих реакций. Кроме свечения у этих ламп есть еще одно полезное свойство, а именно, выделение тепла, которое можно использовать для обогрева рук, например, в фонарях. А фирма «Honda» одна из первых стала использовать это тепло для обогрева водителя. Рассчитайте количество тепла, выделившегося в данных реакциях, полагая, что количество тепла является аддитивной величиной (при ответе используйте справочные данные).

Педагогическая практика показывает, что одним из затруднений при термодинамических расчетах является непонимание студентами зависимости значений термодинамических функций от агрегатного состояния веществ. Поэтому очень важно подбирать не только уравнения твердо- и газофазных, но и жидкофазных реакций. В качестве примера приведем задачу-«тропку», включающую несколько последовательных действий из разных разделов: рассчитайте количество теплоты, которое выделяется при взаимодействии растворов серной кислоты и гидроксида калия и растворов соляной кислоты и гидроксида натрия. Сравните полученные значения и дайте теоретическое объяснение. Аналогичные задачи можно использовать для оценки кислотно-основных свойств амфотерных оснований как в твердой фазе, так и в растворах, энтальпий растворения, фазовых переходов.

Еще одним типом незаслуженно забытых задач является оценка теплового эффекта по энтальпиям разрыва и образования связей в исходных веществах и продуктах реакции, которые необходимы для понимания механизма протекания химических реакций и их классификации на эндо- и экзотермические.

Такие задачи должны стать неотъемлемой частью развиваемой сегодня многоуровневой системы обучения, которая призвана выполнить роль навигатора достижения индивидуального образовательного результата и его конечной цели: формирование глубокого смысла понятийного аппарата термодинамики, абстрактного и «прикладного» мышления студентов.

#### Список литературы

1. Хатуль Л. // Химия и жизнь. 2013. № 9. С. 38.
2. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии. М.: Интеграл-Пресс, 2005. 240 с.



## **ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ НЕВЕРБАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧИТЕЛЯ ХИМИИ**

**Кашипуллина А.А., Космодемьянская С.С.**

*КФУ, Казань*

*kashpullina2016@mail.ru*

Педагогическая деятельность в системе «учитель - обучающийся» базируется на взаимодействии, раскрывающемся в квинтэссенции вербальной и невербальной коммуникации. В настоящее время в методике химии уделяется недостаточное внимание изучению компонентов невербальной коммуникации. Значимость развития данного направления подтверждается исследованиями ученых, которые выявили, что передача и получение информации происходит главным образом через невербальные компоненты коммуникации [3].

С точки зрения методики химии в области невербальных компонентов наиболее важными являются труды отечественных ученых-методистов (Н. И. Леонов, А. А. Леонтьев, В. Н. Панферов), а также зарубежных ученых-риториков (Р. Вердербер, Д. Хаймс, Р. Бёрдвистелл).

В данной работе проводится обзорное исследование компонентов невербальной коммуникации: оптико-кинетическая, паралингвистическая, экстралингвистическая, пространственная система знаков, система контакта глазами. Данные компоненты рассматриваются с позиции методики химии, выявляются особенности и закономерности их применения в деятельности учителя химии.

Оптико-кинетическая система знаков (кинесика) рассматривает жестикуляцию, мимику и пантомимику. Понимание и использование данной системы знаков позволяют учителю химии в процессе педагогической деятельности прогнозировать ход мыслей обучающихся, анализировать эмоциональное состояние, оказывать воспитательное влияние, более полно доносить учебный материал [2]. Формирование данной невербальной системы знаков у обучающихся позволяет с большей эффективностью проводить мысленный химический эксперимент.

Паралингвистическая система знаков (просодика) включает интонацию, громкость и тембр голоса. Данные характеристики позволяют учителю химии формировать образ обучающегося, акцентировать внимание, организовывать дисциплину. Паралингвистика предоставляет дополнительные возможности как для учителя химии (совершенствование деловых и дидактических игр), так и для обучающихся (развитие лидерских качеств, организация пропедевтической работы).

Экстралингвистическая система знаков раскрывается в использовании пауз. Исследования показывают, что паузы на 10-15% способствуют восприятию информации. Использование данного приема позволяет учителю

химии структурировать информацию, добиться большего понимания учебного материала у обучающихся [1].

Пространственная система знаков (проксемика) позволяет изучать пространственные условия в процессе педагогической деятельности учителя химии. Данная область позволяет учителю организовывать необходимую обстановку в классе, устанавливать доверительные отношения. Также, с точки зрения проксемики, можно рассматривать организацию статических химических средств обучения химии – Периодическая система химических элементов Д. И. Менделеева, электрохимический ряд активности металлов.

Система контакта глазами выражается через зрительный контакт учителя и обучающихся. Данный компонент невербальной коммуникации позволит учителю химии получать обратную связь в процессе урока, а также делать выводы о степени вовлеченности обучающихся в учебный процесс.

Невербальные компоненты коммуникации раскрывают перед учителем химии дополнительные возможности для организации более результативной педагогической деятельности. Необходимо акцентировать внимание на изучение данного направления в методике химии, это позволит поднять личность педагога на новый уровень.

#### Список литературы

1. Вердербер Р., Вердербер К., Психология общения / Серия «Главный учебник». СПб.: ПРАЙМ ЕВРОЗНАК, 2003. С. 62.
2. Космодемьянская С.С., Кашпулина А.А. Методические особенности применения коммуникативных технологий в обучении химии // Сетевой журнал «Современный педагог». МАНО (Многопрофильная академия непрерывного образования). Сертификат о публикации в СМИ СП-№152 от 26.12.2022.
3. Поваляева М.А., Рутер О.А. Невербальные средства общения. Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. С. 6.

## ХИМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ С ПИЩЕВЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ В ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ

***Кильби В.В., Роговая О.Г.***

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*kilbi.valentina@yandex.ru*

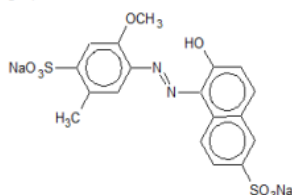
Предлагаемая проектная деятельность является творческой обучающей деятельностью, расширяющей химические знания о синтетических и натуральных пищевых красителях и способствующей пропедевтике органической химии.

Пищевой краситель - добавка, предназначенная для придания, усиления или восстановления окраски пищевой продукции. В настоящее время в пищевой промышленности растёт тенденция ухода от синтетических красителей к натуральным, поэтому возникает актуальность знакомства школьников с описанной проблемой. Глубокое изучение химии пищевых красителей в школьном курсе химии невозможно, поэтому для реализации идеи был выбран метод проектов. В разработанном сценарии проектной деятельности учащимся предлагается сравнить красящие свойства и некоторые другие характеристики натуральных пищевых красителей, сделанных самостоятельно, с их синтетическими аналогами. Результаты исследования используются для окрашивания теста в домашних условиях. Данный проект можно реализовать индивидуально или с группой учащихся. В апробации разработки приняла участие ученица 9 класса. Первоначально были проверены ее знания по теме «Пищевые красители», выявлена их недостаточность. Тест «Мотивация учебной деятельности: уровни и типы» (Домбровская С.И.) показал, что у ученицы высокая степень мотивации с доминированием социального типа учебной мотивации, познавательные мотивы выражены слабо. Контрольные измерения запланированы после завершения проекта, разработана критериальная оценка результативности проектной деятельности.

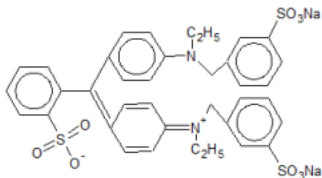
Участница проекта выбрала тесто для приготовления домашней лапши в качестве пищевого продукта и захотела окрасить его в красный, жёлтый и синий цвет. Тесто окрашивалось в процессе замеса, оценивалась интенсивность и стойкость окраски после варки.

В качестве синтетических красителей были выбраны:

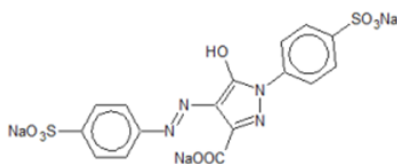
1. E129 – Красный очаровательный АС, получают дазотированием 4-амино-5-метокси-о-толуолсульфокислоты и сочетанием с 2-нафтол-6-сульфокислотой (кислота Шиффа).



2. E133 – Синий блестящий FCF, триарилметановый краситель получают конденсированием 2-Формил-бензолсульфонокислоту с  $\alpha$ -N-этиланилино/-толуолсульфонокислотой-(3), далее окисляют и переводят в натриевую соль.



3. E102 – Тартазин, азокраситель получают диазотированием 4-аминобензолсульфонокислоты и сочетании с 1-(4-сульфофенил)-5-пирозолон-3-карбоновой кислотой.



Натуральные пищевые красители получены:

1. Красный краситель - водной экстракцией из свёклы.
2. Синий краситель - водной экстракцией из краснокочанной капусты.
3. Жёлтый краситель - растворением порошка клубневидного корневища растения «Curcuma».

Важном фактором успешности проекта является роль учителя в сопровождении проектной деятельности учащихся. По результатам апробации разработки были созданы методические рекомендации по проведению проектной деятельности по химии с учащимися 9 классов на тему «Пищевые красители».

Планируемыми результатами исследовательской деятельности в рамках описанного проекта являются: расширение химических знаний учащихся по пищевым красителям и пропедевтика органической химии, развитие экспериментальных умений, повышение мотивации к изучению химии, индивидуализация образовательного процесса, личностное развитие в аспекте самообразования на основе привития ответственности за результаты обучения.

#### Список литературы:

1. Филатова М.Н. // Молодой ученый. – 2015. № 16 (96). С. 430.
2. Пищевые красители: классификация, свойства, анализ, применение / В.М.Болотов, А.П. Нечаев, Л.А.Сарафанова. СПб.: ГИОРД, 2008. 204 с.
3. Позняковский В.М., Чугунова О.В., Тамова М.Ю. Пищевые ингредиенты и биологически активные добавки: учебник. М.: ИНФРА-М, 2021. 143 с.

## **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В ОБЛАСТИ ХИМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ**

***Краснова В.Ф., Молчанова Г.Д., Левковская М.В.***

*Университет ИТМО, Санкт-Петербург*

*krasnova@infochemistry.ru*

Высшие учебные заведения занимают важное место в нашем обществе, способствуя распространению инноваций и развитию науки. Исследование [1] показало, что существует необходимость внедрения инновационного VR-преподавания на университетском уровне. Кроме того, предоставление технологии VR способствует процессу распространения технологий и является рентабельной инвестицией для высшего учебного заведения. Для расширения внедрения инноваций важно гарантировать внутреннюю поддержку создания контента для преподавателей, чтобы обеспечить своевременную поставку качественного контента.

Если говорить о разработке контента для образования в области химии, очевидно, что он не будет обладать характеристиками контента для сферы общего образования. Что касается виртуального контента для ученых, обучающих своих студентов на научных проектах – для них главное в данном контенте: информативность и возможность генерации «здесь и сейчас». Сегодня сложность обеспечения преподавателей и научных сотрудников обучающим VR-контентом главным образом связаны с двумя факторами, приведенными ниже.

1. Отсутствие у химиков компетенций в области разработки VR-контента.
2. Невозможность лабораторий нанимать разработчиков для данных задач с связи с ограниченностью финансовых и временных ресурсов.

Решением таких проблем может стать разработка химического VR-визуализатора для работы с выходными данными различных методов вычислительной химии (квантовохимические расчеты и симуляции молекулярной динамики), и использование его в образовательных и научных целях.

Данная разработка нацелена решить проблему создания контента для преподавателей. Ученые и преподаватели смогут оперативно, без специальных навыков 3D-моделирования и разработки VR-приложений создавать контент в образовательных целях. Кроме того, разработка будет содержать возможности настройки визуальных эффектов, что позволит применять ее материалы, как привлекательные демонстрационные работы для конференций, стендов и других представлений.

В обзоре существующих решений были рассмотрены две группы программ. Первая группа, к которой относятся программы Avogadro и Chemcraft, работает с выходными данными квантово-механических симуляций. Однако, эти программы не работают с данными симуляций молекулярной

динамики (МД), в отличие от второй группы. Ко второй группе относятся три программы: VMD, ChimeraX и PyMol. Эти программы работают с расчетами МД и, соответственно, лучше визуализируют большее число молекул, чем программы первой группы, хотя в них отсутствует информация, связанная с квантовомеханическими расчетами.

Для апробации и исследования были взяты молекулы меламина и цианурата. Благодаря своим свойствам такие супрамолекулярные самосборки представляют большой интерес. Потенциал соединений заключается в возможности инкапсуляции и хранения биомолекул непосредственно в капсуле меламина цианурата.

Эти исследования в будущем могут помочь создавать капсулы для адресной доставки лекарств [2]. Кроме того, цианурат меламина по своей структуре напоминает структуру молекулы ДНК. Понимание того, как «собираются» такие вещества могут приблизить ученых к созданию искусственной молекулы ДНК.

Анализ текущей работы показывает, что внедрение предлагаемого технологического решения положительно повлияет на понимание обучающихся структуры органических молекул независимо от их начальных способностей пространственного мышления. Решение базируется на точных данных, при этом большое внимание уделяется визуально-эстетическому оформлению программы и созданию адаптивного интерфейса что также поможет улучшить пользовательский опыт.

В дальнейшем планируется продолжить работу по проекту. Разработка реализуется на базе центра юзабилити и смешанной реальности ИТМО совместно с НОЦ инфохимии ИТМО. Работа будет представлена в 2024 году, в открытом доступе.

#### Список литературы

1. Marks B., Thomas J. // Educ. Inf. Technol. 2022. Vol. 27. N 1. P. 1287.
2. Imoro N., Shilovskikh V.V., Nesterov P.V., Timralieva A.A., Gets D., Nebalueva A., Lavrentev F.V., Novikov A.S., Kondratyuk N.D., Orekhov N.D., Skorb E.V. // ACS Omega. 2021. Vol. 6. N 27. P. 17267.

## **ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ В ОБУЧЕНИИ ХИМИИ В ШКОЛЕ И ХУДОЖЕСТВЕННО-РЕСТАВРАЦИОННОМ КОЛЛЕДЖЕ**

*Гавронская Ю.Ю., Мохова К.Р.*

*РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург*

*kristinamokhova.6@gmail.com*

Современная российская система образования имеет несколько уровней общего и профессионального образования. Поступающие в художественно-реставрационный колледж после 9 класса переходят с уровня основного общего на уровень среднего профессионального образования. Для реализации непрерывного образования между всеми ступенями должен реализовываться принцип преемственности.

Преемственность в обучении понимается как дидактическая система, единицы которой выстроены в определенном порядке, содержание которых неразрывно связано друг с другом. Кроме того, содержание каждой дидактической единицы должно быть закреплено, обобщено и отработано в следующей структуре. Согласно данному принципу, на каждой степени образования должны быть согласованы содержание учебного материала, методы и средства обучения, цели образования [2].

Выделяют несколько типов преемственности [3]:

- Мотивационная (осуществляется при решении задач профессиональной направленности, повышая тем самым мотивацию и познавательный интерес на следующих этапах обучения);
- Содержательная (подразумевает овладение системой знаний, умений и навыков, определенных требованиями к результатам обучения, которые в последствии должны быть реализованы и развиты на следующей ступени образования);
- Учебно-организационная (выполняется в способах и методах проведения процесса обучения и их взаимосвязи на разных ступенях образования).

Значимость специальности 54.02.04 «Реставрация» в последнее время только возрастает. Культурное наследие, оставленное веками назад, не может быть долговечным и требует особого отношения, ухода и даже восполнения утраченных элементов или полного восстановления. В требованиях освоения программы [1] по данной специальности особую важность играет профессиональная компетенция 1.4. «Проводить необходимые физико-химические исследования». Это подчеркивает важность химических знаний для будущих реставраторов и высокую роль обучения химии в формировании компетенций для деятельности выпускников по реставрации исторических объектов и произведений искусства.

Средний балл в 2022 году при поступлении на базе 9 классов в «Реставрационно-художественный колледж» на данную специальность составил 4,6 балла, что является показателем выше среднего уровня. Это

говорит о том, что абитуриенты имеют хорошие и отличные оценки по всем предметам, в частности по химии.

В начале учебного года, при проведении входного контроля по химии, было установлено, что средний балл по итогам тестирования составил 3,2 балла, что существенно ниже заявленных в школьном аттестате. Причинами такого показателя может являться низкий уровень естественнонаучной подготовки, а также низкой профессиональной мотивации. Это может быть связано с переходом на письменную форму сдачи выпускных экзаменов, сокращением часов естественнонаучного цикла в школе, ослаблением метапредметных связей в цикле. Как результат: низкое развитие критического мышления, способности устно отвечать на уроках химии, устанавливать связь дисциплины с будущей профессией.

Разрыв форм и методов обучения в школе, а также сокращение часов и, как следствие, содержания предмета химия нарушает преемственность в обучении химии между школой и реставрационно-художественным колледжем. А значит осуществляет разрыв между основной общей и средней специальной ступенями российского образования, что мешает осуществлению непрерывного образования и подготовки профессиональных кадров, в частности будущих реставраторов.

Нами активно реализуются все типы преемственности между основным общими и средним профессиональным образованием: учебно-организационная — через использование урочной формы обучения химии, приближенной к формату общего образования, системно-деятельностного подхода и методов проблемного и активного обучения химии; содержательная — через ориентацию на достижение предметных результатов обучения химии в соответствии со стандартами среднего общего образования; мотивационная, состоящая в подборе примеров, наглядности, решаемых задач с учетом получаемой художественно-реставрационной специальности, акценте и повышенном внимании к лабораторному эксперименту физико-химической направленности в целях формирования профессиональной компетенции обучающихся.

### Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования по специальности 54.02.04 Реставрация (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 27 октября 2014 г. N 1392). – Москва: 2022 г. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/70812450/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> [Дата обращения 04.02.2023].
2. Чернобельская Г.М. Методика обучения химии в средней школе: учебник для студентов вузов. М.: Владос, 2000. 335 с.
3. Четыз Т.Н. // Вестник Адыгейского государственного университета. 2005. № 3. С. 1583.



## **ОБУЧАЮЩИЕ ИГРЫ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ**

***Назарова М.М., Ахмедова Н.Ф., Пашаева А.А.***

*Бакинский Государственный Университет, Баку, Азербайджанская Республика*

*n\_akhmed@mail.ru*

Вопросы повышения качества и эффективности обучения неразрывно связаны с активным и сознательным стремлением обучающихся к познанию основ изучаемой науки. В связи с этим возникает необходимость совершенствования учебного процесса, его организационных форм и методов, то есть использовать новейшие современные подходы, активно применяемые в настоящее время в школьном образовании.

Одной из активных форм обучения химии в школе можно рассматривать дидактические игры, которые активизируют и стимулируют познавательную активность учащихся. Практика использования дидактических игр при преподавании химии свидетельствует о том, что игровая форма обучения полностью соответствует актуальным современным задачам педагогики, дидактики, методики и психологии, перед которыми стоят задачи активизации учебного процесса на уроках химии [1].

Использование дидактических игр в учебной деятельности оказывает положительное влияние на интеллектуально-пассивных учащихся, которых большинство в классах. Проведенные наблюдения и исследования свидетельствуют о том, что обучающиеся по сравнению со стандартной учебной деятельностью, в процессе игры способны лучше освоить предоставляемую им учебную информацию [2].

Наблюдения за школьниками показывают, что ролевые и деловые игры не вызывают особенного интереса у них. Большую заинтересованность и привлекательность для учащихся на уроках химии представляют такие дидактические игры как игры-задания, кроссворды, карты, лото и др.

Таким образом, использование игровых технологий в педагогической практике преподавателя по химии может стать ценным инструментом в обучении, поскольку они могут сделать процесс обучения более увлекательным и интерактивным. Их также можно использовать, чтобы помочь учащимся развить навыки самостоятельного решения проблем, критического мышления и сотрудничества.

### **Список литературы**

1. Ляпина О.А., Рогачева Н.А., Яковлев К.В. Использование игровых технологий при обучении химии // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 4. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=27770> (дата обращения: 02.02.2023).
2. Сафина Л. Г. // Самарский научный вестник. 2014. № 2 (7). С.102.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЦИФРОВЫХ ЛАБОРАТОРИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Пономаренко А.П., Зобова Е.А., Олейник А.С.

*ФГБОУ ВО НГПУ, Новосибирск*

*gelcharonotarenko25@gmail.com*

Цифровые лаборатории (ЦЛ) – это новое поколение естественнонаучных лабораторий, которые позволяют сконцентрировать обучающихся на постановке целей, задач исследования, анализе данных и поиске путей решения поставленных задач. Использование ЦЛ на уроках позволяет полноценно реализовать межпредметные связи с другими предметами и интегрировать учебные проекты по естественным наукам [1].

На уроках химии значительная роль отведена химическому эксперименту, который учит детей не только обращаться с оборудованием и реактивами, но и знакомит их с методами химической науки, поэтому учителю необходимо вызвать интерес к предмету, научить наблюдать процессы, сформировать практические навыки и умения, и в этом ему помогают цифровые лаборатории. Внедрение современной техники в учебный процесс влечет за собой совершенствование химического эксперимента.

Одной из наиболее используемых ЦЛ является «Releon» – это отечественный производитель цифровых лабораторий, программного обеспечения и учебно-лабораторного оборудования, который активно занимается внедрением информационно-коммуникационных технологий в учебный процесс.

Цифровую лабораторию «Releon» можно использовать не только на уроках химии, но и в рамках других школьных предметов, кроме того, данную лабораторию применяют как в старших, так и в начальных классах и даже в дошкольном образовании. Использование ЦЛ помимо прочего способствует проведению ряда экспериментов внеурочного курса химии в рамках исследовательской и проектной деятельности, как следствие учащиеся получают возможность заниматься научной деятельностью, не ограниченной темой конкретного урока, и самим анализировать полученные данные.

ЦЛ «Releon» оснащена разнообразными датчиками, позволяющими проводить школьный лабораторный эксперимент в соответствии с учебной программой по химии 8 – 11 классов.

В рамках Региональной экологической краеведческой профильной смены «СИБИРиЯ» с обучающимися 4 – 11 классов из различных районов Новосибирской области была апробирована работа «Определение жёсткости воды». Работа актуальна, поскольку вода с высокой жёсткостью вредна для здоровья и обладает низкими потребительскими характеристиками. В то же время использование мягкой воды не рекомендуется.

Обучающимся было предложено сравнить общую жёсткость по электропроводности. В качестве образцов использовали дистиллированную, водопроводную сырую и водопроводную кипячённую воду.

В комплекте датчиков цифровой лаборатории есть датчик электропроводности. Согласно рекомендованной методике, датчик подключали к компьютеру, запускали программу измерений и опускали в стакан с анализируемым образцом. Полученные данные предлагалось внести в таблицу. Совместно с ребятами делали вывод, что электропроводность воды увеличивается с повышением её жёсткости. Ребята активно участвовали в процессе и обсуждении полученного эксперимента.

Таким образом, внедрение цифровых лабораторий в школьный химический эксперимент способствует повышению уровня знаний учащихся по химии за счёт активной деятельности учащихся в ходе экспериментальной или исследовательской работы.

#### **Список литературы**

1. Использование цифровых лабораторий при обучении химии в средней школе / П. И. Беспалов и др. М.: БИНОМ. Лаборатория изданий, 2014. 229 с.

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ЭЛЕКТИВНОГО КУРСА ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 11 КЛАССА «ОСНОВЫ МЕДИЦИНСКОЙ ХИМИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОЧАСТИЦ»**

**Сизова А.А., Исаева Е.И.**

*РГПУ им. А.И. Герцена, Санкт-Петербург*

*miss.truvor2014@yandex.ru*

Вовлечение учащихся школ в научную и проектную деятельность является одним из ключевых направлений современного российского образования [1]. Реализации данного подхода способствует разработка различных элективных курсов, формирующих у учащихся представление об актуальных проблемах науки и способах их решения.

Нанохимия – развивающееся направление современной химической науки. Широкое применение наноразмерные объекты нашли в медицине. На настоящий момент создано большое число программ элективных курсов по нанохимии для обучающихся школ, но вопросу задействования наноструктур в медицинской практике уделяется не более 2 учебных часов [2]. Предложенный элективный курс «Основы медицинской химии металлических наночастиц» для учащихся 11 класса рассчитан на 17 учебных часов, 10 из которых посвящены рассмотрению аспектов применения металлических наночастиц в медицине, что способствует формированию у школьников целостного представления о данной сфере науки и развитию межпредметных связей.

Цель элективного курса - формирование у обучающихся представления об участии наночастиц металлов в химических процессах и их применении в медицине. Он удовлетворяет принципам и идеям современного образования: гуманизации образования, научности, цифровизации, экологизации, взаимосвязи теории и практики, идеи прикладного характера научных знаний.

Курс состоит из 7 частей и завершается итоговым контролем. В ходе учебного процесса у учащихся формируется представление о наномире, свойствах наночастиц металлов, основных методах их синтеза и применении наночастиц золота, серебра и других металлов в медицине. Помимо традиционных уроков курс включает урок-дискуссию, практические работы по синтезу наночастиц и наблюдению антибактериальной активности наночастиц серебра, а также создание короткометражного обучающего фильма о способах диагностики и терапии заболеваний с использованием наночастиц золота.

Курс был реализован на практике в рамках образовательного процесса в 11 классе ГБОУ школы-интерната №2 Кировского района Санкт-Петербурга.

### **Список литературы**

1. Министерство просвещения Российской Федерации: официальный сайт. Москва. Обновляется в течение суток. URL: <https://edu.gov.ru/> (дата обращения 28.01.2023).
2. Еремин В.В., Дроздов А.А. Нанохимия и нанотехнология. 10-11 классы. М.: Дрофа, 2009. 109 с.

## ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ ХИМИИ В КОЛЛЕДЖЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦИКЛА

Скрягина Л.В.

ГПОУ «ЧПТК», Чума

*skryagina.larisa@yandex.ru*

Химия – фундаментальная наука о свойствах и превращениях веществ, из которых состоит материальный мир [1]. Для специальности СПО 23.02.07 «Техническое обслуживание и ремонт двигателей, систем и агрегатов автомобилей» в содержании этой учебной дисциплины выделен профессионально значимый компонент, содержание является профильно-ориентированным и носит профессионально значимый характер.

В работе приводим примеры практических работ с учетом специфики профессиональной подготовки. Например, тема «Ознакомление с продуктами нефтепереработки и коксования каменного угля» включает:

Оборудование и реактивы: Коллекции «Нефть и продукты ее переработки» и «Продукты переработки каменного угля».

Задание. 1) Рассмотрите образцы коллекции. Объясните, почему все нефтепродукты (кроме мазута) называются светлыми. Запишите формулы углеводородов, образующих фракции светлых нефтепродуктов.

Заполните таблицу:

Название	Химическая формула	Применение
Светлые нефтепродукты		
Бензин		Двигатели автомобилей
Керосин		Авиационное топливо
Темные нефтепродукты		
Газойль		Применение топливо для ТЭС
Смазочные вещества		Смазка

2) Рассмотрите образцы коллекции: «Продукты переработки каменного угля» и изучите их физические свойства. Заполните таблицу:

Название	Физические свойства	Применение
Кокс		металлургия
Смола		химический синтез
Аммиак		обогрев
Светильный газ		химическая промышленность

В процессе изучения «Свойств карбоновых кислот (уксусной кислоты)» говорится, что карбоновые кислоты – это органические вещества, в состав которых входит карбоксильная группа – COOH, связанная с углеводородным радикалом.

Домашнее задание: «Удаляем пятна ржавчины»: Ржавым гвоздем сделайте пятно на кусочке белой ткани и опустите ее в горячий раствор уксуса. Потом, промойте ткань 2-3 раза водой. Пятно исчезнет.

Практическая работа: Сформировать умение составлять уравнения реакций с участием карбоновых кислот.

Оборудование и реактивы: пробирки, спиртовки, держатели, спички; уксусная кислота, раствор карбоната натрия, металлический магний.

Задание.

Действия	Признаки реакции	Уравнение реакции	Выводы
Взаимодействие $\text{CH}_3\text{COOH}$ с $\text{Na}_2\text{CO}_3$ в пробирку насыпают 1-2 г карбоната натрия и добавляют 1 мл уксусной кислоты.	Что наблюдается?	Составьте уравнение реакции взаимодействия уксусной кислоты и карбоната натрия (назовите основной продукт реакции).	Какое вещество получили? Какой газ выделился и почему?
Взаимодействие $\text{CH}_3\text{COOH}$ с металлическим магнием. К 1-2 мл уксусной кислоты добавляют 0,1-0,2 г металлического магния. Поджигают выделяющийся газ.	Что наблюдается? Горит ли выделяющийся газ?	Составьте уравнение реакции взаимодействия	Какие соединения образуются при взаимодействии карбоновых кислот с металлами?

В современном мире очень востребованными являются специальности технической направленности. А чтобы стать высококлассным специалистом, необходимо еще в школьные годы изучить химию. В практических опытах отрабатываются способы действий, умения совершенствуются и нарабатывается навык, т.к. учащиеся выполняют работу самостоятельно.

#### Список литературы

1. Теренин В.И., Ливанцов М.В., Ливанцова Л.И., Матвеева Е.Д., Ивченко П.В., Нифантьев И.Э. Практикум по органической химии / под ред. Н.С. Зефирова. М.: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2010. С. 206.

## **ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ ОЛИМПИАДЫ ПО ХИМИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПЕРВОГО КУРСА ПЕДАГОГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ**

**Тасбалтаева А.Б.<sup>1</sup>, Бекбенова А.Р.<sup>1</sup>, Гавронская Ю.Ю.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*КазНПУ им. Абая, Алматы, Казахстан*

<sup>2</sup>*РГПУ им А.И. Герцена, Санкт-Петербург*

*gavronskaya@yandex.ru*

Важнейшими линиями в университетском образовании будущего учителя химии являются предметная подготовка по химии, обеспечивающая глубокое знание объектов, законов и теорий химии, и педагогическая подготовка, гарантирующая овладение передовыми методиками обучения и воспитания школьников, в том числе методикой сопровождения учащихся при подготовке к олимпиадам. В Казахском национальном педагогическом университете имени Абая (Алматы), Южно-Казахстанском государственном университете им. М.О. Ауэзова (Шымкент) наряду с другими реализуются образовательные программы подготовки учителей химии. Начиная с первого курса студенты вовлекаются в олимпиадное движение; предметная олимпиада для первокурсников имеет двойную цель, с одной стороны это выявление и педагогическое сопровождение одаренных в химии студентов, с другой — приобретение профессионально значимого опыта подготовки к олимпиадам будущих учеников. Достижение этой комплексной цели возможно при соблюдении ряда педагогических условий.

Организационно-педагогическими условиями являются наличие административных, кадровых, материальных, информационных и методических ресурсов для проведения и подготовки олимпиады.

Психолого-педагогическими условиями мы считаем создание электронной образовательной среды, обеспечивающей включение студента в активную индивидуальную деятельность и образовательное общение по углублению и расширению знаний и умений; дифференцированный подход к формированию групп для внеаудиторных занятий по подготовке к олимпиаде; сбалансированность деятельности по решению теоретических задач повышенной сложности и выполнению задач практического тура; проведение тренингов по тайм-менеджменту, самоорганизации, нестандартному мышлению.

Дидактические условия заключаются в отборе содержания заданий на основе принципов соответствия программе обучения, повышенной трудности при подготовке к олимпиаде, возрастающей сложности и новизны заданий при проведении олимпиады; обязательного проведения экспериментального тура; наличие открытой критериальной системы оценивания.

### **Список литературы**

1. Жукова Н.В., Ляпина О.А., Панькина В.В. // Гуманитарные науки и образование. 2017. Т. 31. № 3. С. 103.

## РАЗВИТИЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ ГРАМОТНОСТИ УЧАЩИХСЯ 9 КЛАССОВ НА УРОКАХ ХИМИИ

Тарасова А.А., Гавронская Ю.Ю.

*РГПУ им. А. И. Герцена, Санкт-Петербург*

*chemedu@herzen.spb.ru*

Естественнонаучная грамотность [1] (далее ЕНГ) является одной из ключевых характеристик современной личности. В исследовании по программе PISA 2020 года наглядно отражены отстающие позиции российских учащихся в развитии ЕНГ [2]. Вот почему в последние годы внимание к развитию у российских школьников ЕНГ значительно возрос, как и необходимость формирования новых методических и дидактических систем в данной области.

Образовательным продуктом данного исследования является банк заданий, направленных на формирование и оценку компетенции “интерпретация данных и использование научных доказательств для получения выводов” у учащихся 9-го класса. Задания объединены химическим содержанием в рамках изучения темы “Металлы”, к каждому разработаны критерии оценивания.

В ходе педагогического эксперимента разработанные задания были применены как с формирующей, так и с диагностической целью [1]. На констатирующем этапе эксперимента была составлена и апробирована на участниках контрольной и экспериментальной групп входная диагностическая работа, направленная на выявление степени развитости каждого из ключевых умений исследуемой компетентности. Были составлены сводные таблицы результатов обеих групп, рассчитан  $K_u$  для каждого задания.

На формирующем этапе эксперимента задания применялись с формирующей целью на уроках химии на этапах мотивации, актуализации или закрепления один раз в неделю на протяжении двух месяцев. Задания различались контекстом, уровнем сложности, направленностью на развитие разных умений. Пример такого задания приведен ниже.

Задание 1. Состав сплавов.

Проанализируй диаграммы, отражающие возможный процентный состав сплавов некоторых металлов. На основе утверждений под диаграммами установите соответствие между названиями сплавов и диаграммами.

А) Дюралюминий    Б) Сталь    В) Чугун    Г) Латунь    Д) Бронза



#### Секция 4 – Методика обучения химии

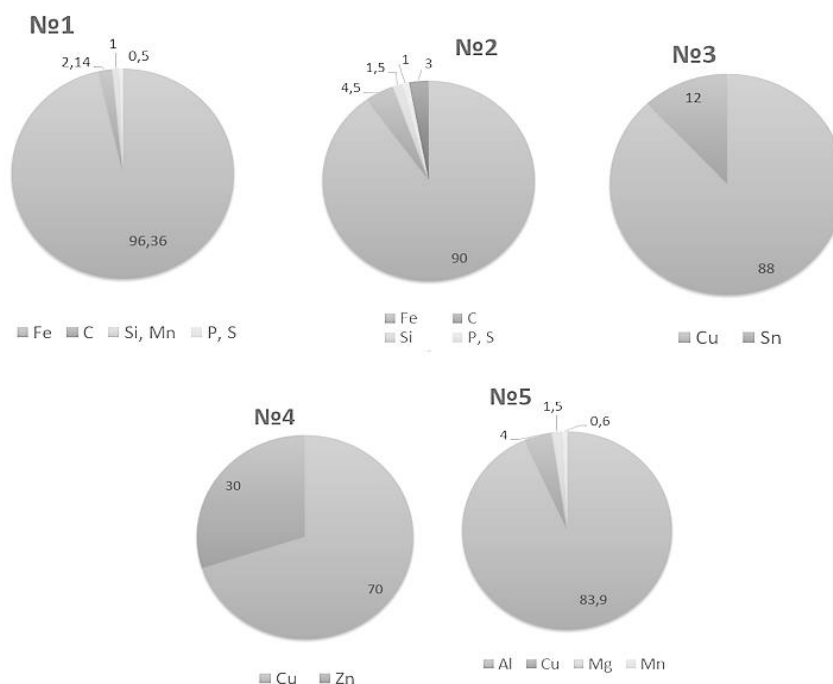


Рис. 1 Диаграммы возможного состава сплавов А-Д.

- Сталь и чугун – наиболее распространенные сплавы железа.
- С увеличением содержания углерода повышаются твердость и прочность сплавов железа, снижаются пластичность и вязкость.
- Сплавы меди, такие как бронза и латунь, были известны еще в древности.
- Для улучшения механических и технологических свойств сплавы дюралюминия легируют магнием, марганцем, литием или кремнием.
- Чугун гораздо менее пластичен, чем сталь.
- Медь – дорогостоящий металл.
- Преимуществом латуней над бронзой является более низкая стоимость.

В ходе эксперимента наблюдается устойчивая положительная динамика формирования ЕНГ, что свидетельствует о потенциале предложенной методики и перспективности используемых подходов.

#### Список литературы

1. Пентин А.Ю., Никифоров Г.Г., Никишова Е.А. // Отечественная и зарубежная педагогика. 2019. № 4 (52). Т. 1. С. 177.
2. Федеральный институт оценки качества образования: РЕЗИЛЬЕНТНОСТЬ ОЦЕНКА ПО МОДЕЛИ PISA-2020 [Электронный ресурс]. – URL [https://fioco.ru/Media/Default/Documents/Резильентность\\_2020.pdf](https://fioco.ru/Media/Default/Documents/Резильентность_2020.pdf) (дата обращения 23.11.2022).

## ВОЗМОЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ НА УРОКАХ ХИМИИ

Тарасова Т.А.

*ГБОУ лицей №214 Центрального района, Санкт-Петербург*

*tarasovata38@gmail.com*

Одно из важнейших умений обучающихся – это умение самостоятельно добывать нужную учебную информацию. В таких условиях учебный материал значительно лучше усваивается и запоминается. Привитие этой потребности делает гораздо более эффективной подготовку к экзаменам, олимпиадам и конкурсам, научно-практическим конференциям, компенсирует недостаток времени при изучении предмета на базовом уровне.

По преобладающим видам деятельности обучающихся можно классифицировать уроки химии следующим образом: теоретический, решение задач, практикум, подготовка к экзамену. Проблемная ситуация вплетается в структуру урока, как правило, на мотивационно-целевом этапе урока. Учитель ставит проблемный вопрос, ответ на который формулирует цель и задачи урока.

На основе анализа собственного опыта проблемного обучения химии предлагаю рассмотреть некоторые удачные методические приёмы для создания проблемных ситуаций на уроках химии разных типов.

**Урок усвоения теоретического материала.** Например, изучение темы «Общая характеристика металлов» можно начать с презентации, где по картинкам ученикам предстоит узнать, о каком металле идет речь и аргументировать свой ответ. Учитель задает проблемный вопрос: «Почему металлы сходны по своим свойствам?» Логично предположить, что существует прямая связь между строением, свойствами и применением металлов. Затем учитель выдает обучающимся конспекты-заготовки с пропущенными блоками учебного материала, делит класс на группы и предлагает каждой группе проработать и представить классу свой блок. Таким образом формируется образовательный продукт – конспект по теме «Металлы». Интерактивные задания на платформах LearningApps, Quizizz позволяют закрепить материал.

**Урок – решение задач.** Варианты начала урока могут быть разными. Можно смоделировать ситуацию с любимыми героями мультфильмов или фильмов. Учитель предлагает помочь реальным или вымышленным героям найти ответы на поставленные вопросы. Раскручивая цепочку действий для ответа на вопросы, общими усилиями создается алгоритм для решения подобных задач. Дальше надо закрепить навык решения таких задач через лабиринт из задач, конкурс решения задач с элементами соревнования.

**Урок – практикум.** В нашем предмете дети больше всего любят опыты, на то и делается ставка. Без практических работ не обойтись, если речь идет о серьезной подготовке к ОГЭ и ЕГЭ, требующей знание цветов осадков. Чтобы

визуальные признаки реакций лучше запоминались, можно предложить практические проблемные ситуации. Например, при изучении темы «Реакции ионного обмена» можно принести бутылку минеральной воды «Ессентуки», прочитав на этикетке состав: «хлоридно – гидрокарбонатно – сульфатно – натриево – кальциевая». Затем предложить ученикам проверить, действительно ли эти ионы содержатся в минеральной воде. Интересная находка - домашний эксперимент по теме «Факторы, влияющие на растворимость сахарозы в воде», позволяющий приобретать навыки научно-исследовательской работы.

Таким образом, использование технологии проблемного обучения на уроках химии способствует повышению познавательной самостоятельности обучающихся и достижению ими более высоких образовательных результатов.

#### Список литературы

1. Даутова О. Б., Иваньшина Е. В., Ивашедкина О.А., Казачкова Т. Б., Крылова О. Н., Муштавинская И. В. Современные педагогические технологии. СПб.: КАРО, 2017.
2. Кудрявцев В.Т. Проблемное обучение: истоки, сущность, перспективы. М.: Знание, 1991.
3. Лернер И. Я. Проблемное обучение. М.: Знание, 1974.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРАЕВЕДЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА В ПРЕПОДАВАНИИ ХИМИИ

Шабалдин А.В.

*НГПУ, Новосибирск*

*xtz.t16@mail.ru*

Школьный историко-краеведческий музей «Память» МБОУ Новоключевской СОШ Купинского района Новосибирской области был основан в 1974 году известным краеведом, профессором, академиком ММАДЮТиК Александром Викторовичем Киндяковым, который оставил добрый след в памяти своих земляков ни одного поколения. На сегодняшний день фонд музея составляет около 3 тыс. экспонатов, содержащий в себе огромный ресурс в воспитании духовно-нравственных качеств современного подрастающего поколения. На базе школьного музея проводят уроки по истории, литературе, географии, и в последнее время – уроки по химии.

Работа строится в несколько этапов:

– На первом «От простого собирательства – к активному созерцанию», некоторые экспонаты можно использовать, как демонстрационный материал на уроках химии. Например, сравнивая трофейные немецкие ложки промышленного производства с самодельной фронтальной ложкой советского солдата времён Великой Отечественной войны, с помощью магнита ребята могут предположить и назвать вещества, из которых они изготовлены. Соответственно, из сплава железа изготовлены немецкие ложки, а самодельная изготовлена из цветного металла, предположительно из сплава алюминия либо свинца.

На втором этапе «От активного созерцания – к целевому поиску» уместным будет сравнить коллекции экспонатов, сделанные из одного вещества. Например, из чугуна. Это – старинные утюги – «на углях», «на дровах», нагревающиеся от плиты. Также ступки, пестики, которые наши предки использовали для измельчения соли, круп, топоры (кстати, один выплавлен на уральском Демидовском заводе), «чугунки», кайло, ухваты и многие др. Из дополнительной литературы при выполнении исследовательской работы ребята узнают информацию о разных марках чугуна, соответственно, о различных массовых долях веществ, составляющих этот сплав.

Третье направление «От целевого поиска – к широкому исследованию» изучать химию нам помогает жемчужина нашего села – памятник природы областного значения озеро Горькое. Солёный вкус воды обусловлен содержанием в ней хлорида натрия, а горечи – солей магния. Добавляя растворимые соли меди в целебную воду, мы наблюдаем выпадение чёрного осадка, что свидетельствует о наличии в ней сульфид ионов. Благодаря памятнику природы озера Горькое, на уроках мы можем говорить о жёсткости воды, каким способом её смягчить, о физических методах в химии –

дистилляция и выпаривание. Беседа о малоприятном для нашего обоняния сероводороде не обходится без нашего озера.

Следующий этап «Через исследование – к «простому» творчеству» богат сочинёнными заданиями по химии. Задачи с краеведческим компонентом в качестве домашней работы могут составляться учениками и решаться самостоятельно, узнав рецепт приготовления семейного кулинарного блюда, домашней засолки, местного ремесла или лечебного средства. Приведу пример.

«Среди коллекций поддужных (ямских) колокольчиков нашего музея есть один с надписью «СЪ СЕРЕБРОМЪ». Производимые анализы металлов ямских колокольчиков показывают, что доля меди близка к 80%, а олова к 20%. Чем больше олова, тем дороже изделие, потому что этот металл, привозился в Россию из-за границы. Вместе с тем, даже незначительная передозировка олова приводила к колкости изделия. Легенду о содержании серебра в ямских колокольчиках развеял исследователь В.Ф.Потехин. Им установлено, что среднее суммарное количество серебра в колокольчиках с надписью «СЪ СЕРЕБРОМЪ» - 0,04%, в то время как во всех ямских колокольчиках, что им исследовались - 0,05%. Вывод этого исследователя состоит в том, что серебро в ямских колокольчиках присутствует лишь как естественная природная примесь в металлах, из которых отливаются изделия».

Далее работая с исторической информацией с детьми, решаем химическую задачу на нахождение массы веществ в сплаве:  $m(\text{Cu}) - ?$ ,  $m(\text{Sn}) - ?$   $m(\text{Ag}) - ?$

Масса колокольчика это смесь сплава –  $m(\text{спл.})=200\text{г}$ . Т.к. серебро присутствует как естественная природная примесь в металлах, а олова не должно быть в избытке, следовательно, массовая доля меди и серебра -  $w(\text{Cu})+w(\text{Ag})$ , будет составлять 80%(0,8), а олова -  $w(\text{Sn})=20\%$  (0,2). Далее из формулы нахождения массовой доли вещества –  $w(\text{в-ва})$  выводим формулу нахождения массы вещества:  $m(\text{в-ва}) = w(\text{в-ва}) \cdot m(\text{спл.})$  и производим математические расчёты. Полученные результаты записываем в ответ:  $m(\text{Cu}) = 159,9\text{г}$ ,  $m(\text{Sn}) = 40\text{г}$ ,  $m(\text{Ag}) = 0,1\text{г}$ .

Применение краеведческого материала на уроках химии «оживляет» образовательный процесс и коммуникацию между учителем и учениками, практически связывает науку химию с реальной жизнью, и делает трудный и непонятный ранее предмет любимым и интересным для учеников, вызывает любознательность. Внимательный читатель, увлечённый химией в этой статье, в третьем абзаце, где описывается второй этап («От активного созерцания...») найдёт ошибку автора в статье сознательно им допущенную.

## **РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОБЩАЯ И НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ» ДЛЯ СТУДЕНТОВ ФАРМАЦЕВТОВ НА ФРАНЦУЗСКОМ ЯЗЫКЕ**

***Шаашаев Г., Сусликова И.Ю.***

*СГМУ им. В. И. Разумовского, Саратов*

*suslikova-i@mail.ru*

В настоящее время разработка, создание и использование электронных элементов занимают ведущие позиции в процессе трансформации образовательной среды [1]. Внедрение элементов электронного обучения приобретает большой методический интерес с точки зрения реализации дистанционного обучения иностранных студентов.

Вместе с этим актуальным является применение электронных элементов обучения для организации самостоятельной внеаудиторной работы иностранных студентов, обучающихся на французском языке.

Общая и неорганическая химия изучается студентами фармацевтического факультета на 1 курсе. Параллельно учебному процессу студенты находятся в периоде адаптации к новым условиям среды. Внедрение на этом этапе интерактивных обучающих тренажеров способствует некоторому психологическому комфорту обучающихся.

В настоящей работе представлены некоторые элементы электронного обучения в виде интерактивных заданий для студентов, обучающихся по специальности фармация на французском языке. Для создания интерактивных заданий по общей и неорганической химии предлагается использовать платформу «LearningApps.org.» [2]. Интерфейс данной обучающей платформы представлен на шести языках, что является одним из её преимуществ перед другими платформами такого рода. Пространство «LearningApps.org.» даёт возможность создать задания порядка двадцати различных типов. Авторами были выбраны следующие типы: классификация, ввод текста, заполни пропуски, найти пару, викторина с вводом текста и кроссворд.

Новые интерактивные задания находятся в свободном доступе на платформе «LearningApps.org.». С некоторыми из них можно ознакомиться, применив ссылки:

1. Задание «Le matériel du laboratoire de chimie»  
<https://learningapps.org/view28143169>;
2. Задание «Les Classes de composés inorganiques»  
<https://learningapps.org/view28144882>;
3. Задание «Les Oxydes» <https://learningapps.org/view28145053>;
4. Задание «Les noms de oxydes» <https://learningapps.org/view28145173>;
5. Задание «Les électrolytes faibles et forts»  
<https://learningapps.org/view28145310>.

Все новые элементы созданы на французском языке и внедрены в процесс изучения соответствующих им тем по общей и неорганической химии. Они активно используются студентами в качестве обучающих тренажеров. В тоже время преподаватель может использовать новые интерактивные задания на обобщающих занятиях с применением игровых технологий.

#### Список литературы

1. Зубова Н.А., Корельская Т.А., Онохина Н.А. Дистанционное обучение иностранных студентов по дисциплине "Химия" // Основные направления обеспечения качества профессионального образования на современном этапе: Материалы XXVI Межрегиональной учебно-методической конференции, 28 октября 2021. Архангельск: Издательство Северного государственного медицинского университета, 2022. С. 72.
2. Буренина Е.Е. Использование онлайн-сервисов для подготовки интерактивных заданий по биологии и химии // Развитие научно-технического творчества детей и молодежи: Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 12 апреля 2019 года, Том Вып. 3. Смоленск: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2019. С. 79.

## АЛФАВИТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

### А

Агафонов О.В. – с. 27  
Алексеева Е.Н. – с. 185  
Аликина Ю.А. – с. 109  
Аль-Карави А.М. – с. 105  
Амирханян А.А. – с. 29  
Андропова М.С. – с. 106  
Анисимова Н.А. – с. 40, 54, 61  
Антина Л.А. – с. 123  
Ардашева Л.П. – с. 128, 149  
Ахмедова Н.Ф. – с. 132, 212  
Ашуров Ж.М. – с. 33

### Б

Бабаева Т.А. – с. 132  
Байчурин Р.И. – с. 45, 66, 87  
Байчурина Л.В. – с. 87  
Балакина Е.А. – с. 96  
Балова И.А. – с. 59  
Баранова Н.В. – с. 169  
Баранцева А.О. – с. 187  
Башилова А.Д. – с. 108  
Бекбенова А.Р. – с. 218  
Беяева К.А. – с. 109  
Беспалов А.В. – с. 29, 39, 41, 52  
Бикеева К.А. – с. 30  
Бойцова Т.Б. – с. 139  
Борисов А.Н. – с. 128, 149  
Боярская И.А. – с. 27  
Буданова Д.В. – с. 189  
Буланов Е.Н. – с. 111  
Булинг Е.С. – с. 190  
Бусыгина В.В. – с. 165  
Быкова С.К. – с. 110  
Бычкова А.Н. – с. 122, 138

### В

Василенко Н.М. – с. 109  
Васильев А.Н. – с. 51  
Васильева А.А. – с. 111  
Васильева Е.Ю. – с. 99  
Васильева О.С. – с. 43, 44, 94  
Вахрушев А.Ю. – с. 118  
Вахрушева Е.Д. – с. 61  
Вашурин А.С. – с. 23, 122, 125, 138, 142, 152, 155  
Владыкина Л.А. – с. 192

Власов Р.Р. – с. 74  
Воротов К.Е. – с. 82

### Г

Гавронская Ю.Ю. – с. 210, 218, 219  
Гайковая Е.М. – с. 31  
Галкина С.И. – с. 167  
Ганиев Б.Ш. – с. 33  
Герасимов Д.Р. – с. 34  
Герасимова Е.А. – с. 38  
Гимадиева А.Р. – с. 92  
Головня О.С. – с. 194  
Горбунова В.В. – с. 147  
Горкуша Г.В. – с. 112  
Горшков А.А. – с. 113  
Горшкова К.А. – с. 196  
Грачева А.С. – с. 106  
Гришин Д.Ф. – с. 102  
Гузъ Д.Д. – с. 35, 89  
Гурьев Н.В. – с. 115

### Д

Давлетшина Н.В. – с. 91  
Даноби В. – с. 69  
Дахно П.Г. – с. 36, 47  
Денисова А.А. – с. 117  
Диаалдаин Х.М. – с. 105  
Диалло А. – с. 125  
Догадина А.В. – с. 38, 58, 78  
Долганов А.А. – с. 37  
Долженко В.Д. – с. 110, 135, 143, 156  
Доценко В.В. – с. 29, 35, 36, 37, 41, 47, 65, 76, 89  
Дронов С.В. – с. 181

### Е

Егоров Д.М. – с. 38, 58, 78, 79, 154  
Егорова А.В. – с. 49, 80  
Епифанцева В.Э. – с. 38  
Еремеев И.Е. – с. 138  
Ерзунов Д.А. – с. 142, 152  
Ершов И.С. – с. 101  
Ефимова Т.П. – с. 31  
Ефремова И.Е. – с. 30



## Ж

Журина А.А. – с. 118

## З

Замятин О.А. – с. 127

Зефирова А.А. – с. 39

Зобова Е.А. – с. 198, 213

Зоркина П.Д. – с. 40

## И

Игонин А.С. – с. 119

Ильина А.А. – с. 120

Иншина Т.В. – с. 196, 200

Исаева Е.И. – с. 115, 119, 120, 158, 215

## К

Казарян К.Ю. – с. 122

Калинкина В.А. – с. 123

Калугин И.А. – с. 200

Кальтенберг А.А. – с. 108

Канайкина И.О. – с. 202

Карасева А.А. – с. 125, 155

Карцова А.А. – с. 24

Кашпуллина А.А. – с. 204

Кильби В.В. – с. 206

Киндоп Влад.К. – с. 41

Киндоп Вяч.К. – с. 41

Князев А.В. – с. 105

Князева Н.А. – с. 73

Ковалева Е.А. – с. 43

Ковалёва О.А. – с. 31

Ковалева Ю.Н. – с. 117

Кокурина Т.В. – с. 126

Колесников И.Е. – с. 80

Колякина Е.В. – с. 102

Конарев Д.В. – с. 57, 62, 141, 151

Кононов Е.А. – с. 137

Короткова П.Ю. – с. 44

Космодемьянская С.С. – с. 192, 204

Костина О.В. – с. 45

Кравец О.Б. – с. 169

Краснов М.В. – с. 127

Краснова В.Ф. – с. 208

Кузнецова И.В. – с. 202

Кулаков И.В. – с. 63, 84, 96

Куликов В.Н. – с. 55, 71

Кустин Р.П. – с. 46

Кучкина Н.В. – с. 136

## Л

Лебедева Д.В. – с. 93,

Левковская М.В. – с. 208

Левченко А.Г. – с. 36, 47

Леманова Т.В. – с. 170

Липин В.А. – с. 60, 77, 162

Литосов Г.Э. – с. 112

Лиховцов Д.А. – с. 170

Лобова А.М. – с. 49

Лукина Д.Ю. – с. 76

Лукьяненко В.И. – с. 50

Лыщиков А.Н. – с. 51

## М

Макаренко С.В. – с. 17, 45, 66, 86

Макарова А.А. – с. 128

Максимова А.В. – с. 51

Мальцева В.Е. – с. 130

Мамедов С.Э. – с. 132

Мамедова Б.А. – с. 132

Маньшина А.А. – с. 49, 80

Мардонов У.М. – с. 33

Маркелевич Д.Ю. – с. 52

Маркин А.В. – с. 106, 160

Машукова Ю.А. – с. 133, 172

Мелькова Д.А. – с. 40, 54

Меркушев Д.А. – с. 126

Милых А.С. – с. 135, 156

Михайлов В.Н. – с. 59

Михальченко А.В. – с. 136

Молотилова А.Ю. – с. 133, 172

Молчанова Г.Д. – с. 208

Мохова К.Р. – с. 210

Мулюкова А.Б. – с. 137

Муратшина Р.Р. – с. 174

Мурзюкова А.С. – с. 55, 71

Мухина Е.С. – с. 98

Мыкина Е.А. – с. 122, 138

## Н

Назаров Д.И. – с. 57

Назарова М.М. – с. 212

Наронова Н.А. – с. 82

Насакин О.Е. – с. 51

Никитина Н.А. – с. 43

Нипрук О.В. – с. 117

Новаковская Е.И. – с. 176

Новикова Т.А. – с. 31

## Алфавитный указатель

Носова Н.А. – с. 58

### О

Огурцова А.Д. – с. 59  
Одинцова С.Е. – с. 60, 77  
Озерова О.Ю. – с. 30, 34, 93  
Олейник А.С. – с. 67, 99, 198, 213  
Осадчая В.К. – с. 61  
Осипов Н.Г. – с. 62  
Островский В.А. – с. 19, 101  
Остроглядов Е.С. – с. 43, 44, 94

### П

Паламарчук И.В. – с. 63  
Панаэтов А.О. – с. 65  
Панова Е.Г. – с. 167, 182  
Панькин Д.В. – с. 80  
Паромова А.А. – с. 139  
Пасичник Д.Н. – с. 162  
Пашаева А.А. – с. 212  
Пелипко В.В. – с. 45, 66, 86, 119  
Перфилова В.Н. – с. 20  
Пилип А.Г. – с. 80  
Пилипенко И.А. – с. 66  
Пономарева М.А. – с. 133, 172  
Пономаренко А.П. – с. 198, 213  
Попов Ф.А. – с. 52  
Пошвина Т.А. – с. 162  
Пронина Ю.А. – с. 79  
Проскурина А.Д. – с. 67  
Пыпа Ю.В. – с. 50

### Р

Роговая О.Г. – с. 206  
Джек Вера Даноби Розмонд – с. 69  
Романенко Н.Р. – с. 62, 141, 151  
Романов И.С. – с. 55, 71  
Рузанов Д.О. – с. 112  
Рычкова В.И. – с. 73  
Рябов С.А. – с. 74  
Рябова Д.И. – с. 74

### С

Саварец А.Р. – с. 110  
Салахов Т.Л. – с. 76  
Сарвин И.А. – с. 142  
Сармини Ю.А. – с. 106  
Сваволя А.С. – с. 172

Светлолобов А.Ю. – с. 60, 77  
Се Хаожань – с. 187  
Семенова А.М. – с. 89  
Семешкина Д.Д. – с. 110, 135, 143, 156  
Сидорова И.П. – с. 145  
Сизова А.А. – с. 215  
Синицына А.А. – с. 147  
Скрылькова А.С. – с. 78  
Скрыльникова М.А. – с. 101  
Скрягина Л.В. – с. 216  
Смирнова А.А. – с. 149  
Собов П.А. – с. 151  
Соколов А.А. – с. 79  
Соловьева А.В. – с. 178  
Сологубов С.С. – с. 106, 160  
Сонин Н.О. – с. 80  
Сорокина Д.Э. – с. 82  
Сорокина С.А. – с. 136  
Сорокоумов В.Н. – с. 59  
Сталинская А.Л. – с. 84  
Степанова А.М. – с. 86  
Степанова К.А. – с. 87  
Степанова С.Ф. – с. 35, 89  
Султанова Д.Р. – с. 91  
Сусликова И.Ю. – с. 225  
Сыров Е.В. – с. 111

### Т

Тарасова А.А. – с. 219  
Тарасова Т.А. – с. 221  
Тараченкова М.Н. – с. 60, 77  
Тасбалтаева А.Б. – с. 218  
Тихомирова И.Ю. – с. 167, 170, 179, 182  
Тихомирова Т.А. – с. 138  
Тихомирова Т.В. – с. 122  
Толетова М.К. – с. 189  
Тонкова С.С. – с. 152  
Тоцкая Я.В. – с. 31  
Тришин Ю.Г. – с. 61

### У

Улидова Т.С. – с. 179

### Ф

Фараонов М.А. – с. 57, 62, 141, 151  
Фатуев Е.Д. – с. 154  
Федорова К.Э. – с. 181  
Федоскин И.А. – с. 60, 77

## Алфавитный указатель

Фельгендлер А.В. – с. 87  
Филиппов Д.В. – с. 125, 155

## Х

Хазимуллина Ю.З. – с. 92  
Хацеватская В.И. – с. 135, 156  
Хомченко А.С. – с. 99

## Ц

Цаплинская М.В. – с. 93  
Цукер Э.В. – с. 158  
Цыренщикова А.А. – с. 94

## Ч

Чагай К.С. – с. 182  
Чеканова Л.Г. – с. 137  
Черемисина О.В. – с. 133, 172  
Чернов И.С. – с. 101  
Чернов Н.М. – с. 46, 50  
Черногорцева Н.И. – с. 160  
Черномыз М.С. – с. 95  
Чикава А.Р. – с. 37

Чикунов С.Ю. – с. 96  
Чулкова Т.Г. – с. 27  
Чэнь Цзинвэнь – с. 187

## Ш

Шашауе Г. – с. 225  
Шабалдин А.В. – с. 223  
Шавкунов С.П. – с. 145  
Шагабутдинов Р.Р. – с. 202  
Шадрина З.М. – с. 98  
Шевельков А.В. – с. 22  
Шилко Е.К. – с. 99  
Шифрина З.Б. – с. 136  
Шманёва Н.Т. – с. 101  
Шоипова Ф.Х. – с. 102

## Э

Эленбергер Е.В. – с. 34  
Эрнандес Гарсиа Д.Д. – с. 162  
Яшников А.В. – с. 63



Научное издание

## **ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ XXI ВЕКА**

Материалы VII Всероссийской студенческой конференции  
с международным участием,  
посвященной 110-летию со дня рождения профессора В. В. Перекалина  
и 60-летию факультета химии РГПУ им. А. И. Герцена

Вёрстка: Исаева Е. И., Пелипко В. В.

*Печатается с готового оригинал-макета, в авторской редакции*

---

Подписано в печать 23.03.2023 г. Формат 60 × 84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Объем 14,5 печ. л. Бумага офсетная. Печать цифровая.  
Тираж 110 экз. Заказ № 93к

Издательство РГПУ им. А. И. Герцена  
191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48

Типография РГПУ им. А. И. Герцена  
191186, Санкт-Петербург, наб. р. Мойки, 48

---