

**РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК**  
**ОТДЕЛЕНИЕ ХИМИИ И НАУК О МАТЕРИАЛАХ**

---

**Отчётные материалы**  
**Научного совета РАН по органической химии**  
**за 2016 год**

**Москва 2017**

<u>Оглавление:</u>	Стр.
1. Положение о Научном совете РАН по органической химии	3
2. Состав Научного совета РАН по органической химии (утверждён Бюро ОХНМ РАН 11.02.2016 г.)	7
3. Научные достижения по тематике Совета	9
- Достижения в области органической химии	9
- Достижения в области химии элементоорганических соединений	54
- Достижения в области химии супрамолекулярных систем	69
- Достижения в области прикладных исследований	82

Контактная информация:

К.х.н. Ольга Николаевна Юдина (ИОХ РАН)

Ученый секретарь Научного совета РАН по органической химии

Email: [orgchem@ioc.ac.ru](mailto:orgchem@ioc.ac.ru)

Факс: +7 499 135 8784

<http://zioc.ru/institute/ras-academic-council-in-organic-chemistry>

## **ПОЛОЖЕНИЕ**

### **о Научном совете РАН по органической химии**

1. Научный совет по органической химии РАН (далее – Совет) является научно-консультативным органом РАН, работающим на общественных началах при Отделении химии и наук о материалах РАН (далее – Отделение) и руководствующимся в своей деятельности законами Российской Федерации, Уставом РАН, постановлениями и распоряжениями Президиума и Отделения РАН и настоящим Положением, разработанным на основе Типового Положения о Научном совете РАН.
2. Общее руководство деятельностью Совета осуществляет Бюро Отделения, которое утверждает Положение о Совете, структуру и состав Совета по представлению председателя Совета. Председатель Совета рекомендуется из числа членов РАН Бюро Отделения и утверждается Президиумом РАН не более чем на два пятилетних срока.
3. Структура Совета включает Бюро Совета и три секции: Секцию органической химии, Секцию элементоорганических соединений и Секцию супрамолекулярных систем. Другие Секции Совета, включая региональные, могут быть созданы по мере необходимости с утверждением Бюро Отделения по представлению председателя Совета.
4. Бюро Совета состоит из председателя, заместителей председателя, ученого секретаря и членов Бюро Совета. На время отсутствия председателя Совета его обязанности и полномочия возлагаются на заместителя председателя Совета.
5. Состав Совета формируется из ведущих ученых и специалистов РАН, других академий, имеющих государственный статус, университетов, вузов и отраслевых научно-исследовательских учреждений, представителей научных и научно-технических обществ, министерств и ведомств, а также ведущих ученых стран СНГ, активно работающих в области органической химии.
6. Обновление состава Совета осуществляется не реже одного раза в пять лет.
7. Для решения кратко- и среднесрочных задач, решением Бюро Совета могут образовываться экспертные группы и комиссии по направлениям работы Совета. Их состав утверждается решением Бюро Совета.
8. Совет может быть расформирован или реорганизован по решению Бюро Отделения.
9. Совет проводит свои сессии по мере необходимости, но не реже одного раза в год. Между сессиями Совета проводятся расширенные заседания Бюро Совета, посвященные актуальным проблемам органической химии.

10. Сессии созываются по решению Бюро Совета или председателя Совета, которые определяют и место проведения сессий Совета, а также заседаний Бюро и расширенного Бюро Совета.
11. Совет правомочен принимать решения по рассматриваемым вопросам, если на заседании присутствует не менее половины его списочного состава. Решения принимаются открытым голосованием за исключением вопросов, связанных с рейтинговыми и профессиональными оценками деятельности организаций науки, ученых и специалистов, участвующих в развитии направления, подведением итогов научных конкурсов. Решение Совета считается принятым, если за него проголосовало более половины членов Совета, участвующих в заседании. Совет может простым большинством голосов принимать решение о проведении тайного голосования по любому вопросу, входящему в компетенцию Совета. Решения Совета носят рекомендательный характер и оформляются в виде постановлений и протоколов. Рекомендации и предложения Совета могут также реализовываться в форме постановлений Бюро Отделения или Президиума РАН.
12. Организационно-техническое обеспечение деятельности Совета и предоставление ему необходимого служебного помещения возлагается на Учреждение Российской академии наук Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН (ИОХ РАН). На основании постановления Бюро Отделения Совету выделяется штатная единица учёного секретаря, финансируемая за счёт средств Отделения. На основании постановления Бюро Отделения или Президиума РАН Совету могут быть выделены необходимые средства для обеспечения его деятельности (сессии, пленарные заседания, конференции и семинары, в том числе с участием зарубежных учёных, издание информационных бюллетеней, участие в выставках и т.д.).
13. Совет выполняет следующие основные функции:
  - Проводит анализ состояния и тенденций развития отечественной и мировой науки в области органической химии; по результатам анализа готовит рекомендации для Отделения или Президиума РАН, а также для заинтересованных органов государственной власти.
  - Разрабатывает задачи и прогнозы основных направлений фундаментальных исследований в области органической химии; составляет координационные планы и научные программы; осуществляет координацию работ по этим направлениям, выполняемым в государственных научных организациях; рассматривает по поручению Бюро Отделения и Президиума РАН состояние материального обеспечения исследований и готовит рекомендации по этим вопросам.
  - Подготавливает предложения по формированию новых академических и федеральных целевых программ научных исследований, включению новых проектов в существующие программы.

- Подготавливает предложения и рекомендации по использованию результатов научных исследований в различных областях государственной и хозяйственной деятельности.
- Вносит рекомендации по наиболее рациональному использованию финансовых и материальных средств, выделяемых для работ по проблемам, относящихся к областям компетенции Совета, а также по эффективному использованию имеющегося уникального экспериментального оборудования и приборов.
- Подготавливает предложения о необходимости создания и закупки уникального экспериментального оборудования и приборов, а также созданию соответствующих центров коллективного пользования указанного оборудования и приборов.
- Принимает участие в подготовке предложений по экспертизе проектов и аттестации научных организаций по запросу Бюро Отделения, Президиума РАН, Минобрнауки РФ, Минпромторговли РФ и других заинтересованных министерств и ведомств.
- Выдвигает работы на соискание Государственных премий РФ, премий Правительства РФ, золотых медалей и премий РАН.
- Участвует в организации и проведении национальных и международных научных конгрессов, семинаров, школ, а также в подготовке и публикации их материалов.
- Способствует подготовке и изданию современных учебников и учебных пособий по органической химии для средних школ и вузов; активно участвует в совершенствовании послевузовского образования (аспирантура, докторантура, переподготовка и повышение квалификации кадров).
- Способствует изданию научной литературы, улучшению информационного обеспечения по органической химии.
- Содействует расширению международного сотрудничества по направлению, пропаганде результатов исследований российских ученых, изучению наследия выдающихся ученых России и популяризации научных достижений.
- Рекомендует кандидатов для направления в научные командировки за границу с целью изучения состояния науки и техники в области органической химии; рассматривает отчеты о командировках, осуществляемых по рекомендации Совета; участвует в разработке планов международных научных связей.
- Вносит предложения в Бюро Отделения и Президиум РАН по кандидатурам главных редакторов журналов.
- Формирует рекомендации об организации диссертационных советов и созданию новых специальностей ВАК по профилю Совета.
- Готовит предложения по поддержке научных школ и молодых талантливых ученых.

14. Для выполнения своих основных функций Совет имеет право:
- Знакомиться с состоянием исследований в научных учреждениях, министерствах и ведомствах, участвующих в разработке проблем, относящихся к областям компетенции Совета.
  - Вносить рекомендации по корректировке приоритетных направлений тематических планов учреждений РАН, выполняющих исследования в областях, относящихся к областям компетенции Совета.
  - Осуществлять необходимые контакты с неакадемическими научными учреждениями с целью координации научных исследований в наиболее актуальных областях органической химии.
15. Совет представляет Бюро Отделения и Президиуму РАН ежегодный отчет о своей деятельности, а также краткий отчет о наиболее важных достижениях российских ученых в области органической химии.
16. Совет имеет свой фирменный бланк и печать.
17. Совет имеет свою интернетную страницу на портале ИОХ РАН для информирования научной общественности о своей деятельности.

Утверждено на заседании

Бюро ОХНМ РАН 11.02. 2016 г.; №10

**Состав  
Научного совета РАН по органической химии**

**Бюро Совета**

1. Академик Егоров М.П. – председатель, руководитель секции
2. Академик Коновалов А.И. – зам.председателя, руководитель секции
3. Академик Синяшин О.Г. – зам. председателя, руководитель секции
4. Чл.-корр. РАН Нифантьев Н.Э. – зам. председателя
5. К.х.н. Юдина О.Н. – ученый секретарь Совета
6. Академик Абакумов Г.А.
7. Академик Алфимов М.В.
8. Академик Белецкая И.П.
9. Академик Бубнов Ю.Н.
10. Академик Зефирова Н.С.
11. Академик Минкин В.И.
12. Академик Моисеев И.И.
13. Академик Музафаров А.М.
14. Академик Нефедов О.М.
15. Академик Новаков И.А.
16. Академик Тартаковский В.А.
17. Академик Трофимов Б.А.
18. Академик Чарушин В.Н.
19. Академик Чупахин О.Н.
20. Академик Юнусов М.С.

***Секция органической химии***

1. Академик Егоров М.П. – руководитель Секции
2. Чл.-корр. РАН Анаников В.П.
3. Профессор Багрянская Е.Г.
4. Чл.-корр. РАН Бачурин С.О.
5. Академик Белецкая И.П.
6. Профессор Бредихин А.А.
7. Академик Бухтияров В.И.
8. Академик Зефирова Н.С.
9. Чл.-корр. РАН Кучин А.В.
10. Профессор Навроцкий М.Б.
11. Профессор РАН Ненайденко В.Г.
12. Академик Нефедов О.М.
13. Чл.-корр. РАН Никишин Г.И.
14. Чл.-корр. РАН Нифантьев Н.Э.

15. Академик Новаков И.А.
16. Чл.-корр. РАН Русинов В.Л.
17. Профессор Сысолятин С.В.
18. Академик Тартаковский В.А.
19. Чл.-корр. РАН Терентьев А.О.
20. Академик Чарушин В.Н.
21. Академик Чупахин О.Н.
22. Академик Юнусов М.С.

#### *Секция химии элементоорганических соединений*

1. Академик Синяшин О.Г. – руководитель Секции
2. Академик Абакумов Г.А.
3. Академик Бубнов Ю.Н.
4. Профессор Будникова Ю.Г.
5. Чл.-корр. РАН Джемилев У.М.
6. Чл.-корр. РАН Кукушкин В.Ю.
7. Академик Минкин В.И.
8. Чл.-корр. РАН Миронов В.Ф.
9. Академик Моисеев И.И.
10. Академик Музафаров А.М.
11. Чл.-корр. РАН Салоутин В.А.
12. Чл.-корр. РАН Стороженко П.А.
13. Академик Трофимов Б.А.
14. Чл.-корр. РАН Федюшкин И.Л.
15. Чл.-корр. РАН Черкасов В.К.

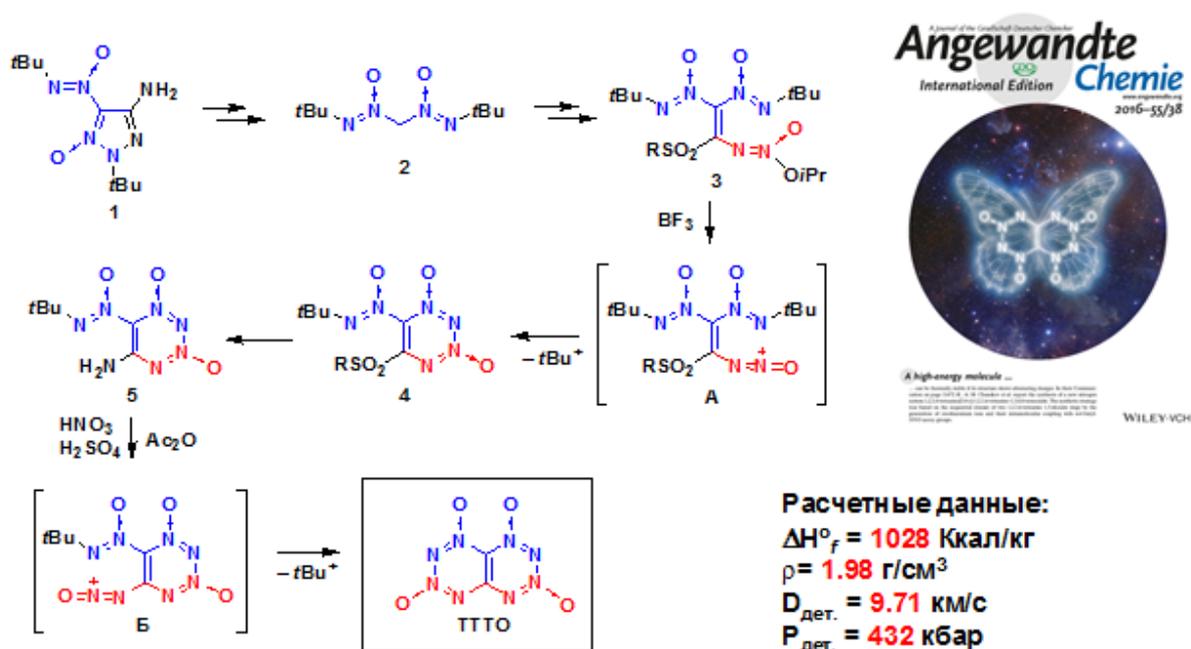
#### *Секция химии супрамолекулярных систем*

1. Академик Коновалов А.И. – руководитель Секции
2. Академик Алфимов М.В.
3. Чл.-корр. РАН Антипин И.С.
4. Профессор Волошин Я.З.
5. Чл.-корр. РАН Горбунова Ю.Г.
6. Чл.-корр. РАН Громов С.П.
7. Академик Еременко И.Л.
8. Чл.-корр. РАН Койфман О.И.
9. Профессор Кустов Л.М.
10. Академик Овчаренко В.И.
11. Академик Русанов А.И.
12. Чл.-корр. РАН Федин В.П.
13. Профессор Федорова О.А.
14. Академик Хохлов А.Р.
15. Академик Цветков Ю.Д.
16. Академик Цивадзе А.Ю.
17. Профессор Чвалун С.Н.

# НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ПО ТЕМАТИКЕ СОВЕТА ЗА 2016 год

## Достижения в области органической химии

1. Проведён синтез уникальной, остававшейся долгое время гипотетической, азот-кислородной системы - [1,2,3,4]тетразино[5,6-е][1,2,3,4]тетразин-1,3,6,8-тетраоксида (ТТТО -  $C_2N_8O_4$  - «Нафталин из азота»). Возможность существования этого рекордного по взрывчатым характеристикам мощного энергоёмкого соединения ранее теоретически была предсказана в ИОХ РАН. Там же проведены первые теоретические исследования этой структуры. В последние годы опубликован ряд зарубежных работ (США, Германия, Китай, Швеция), в которых описаны попытки получения ТТТО, однако они не увенчались успехом. Стратегия синтеза предложенного в ИОХ РАН заключается в последовательном замыкании двух тетразиндиоксидных циклов.

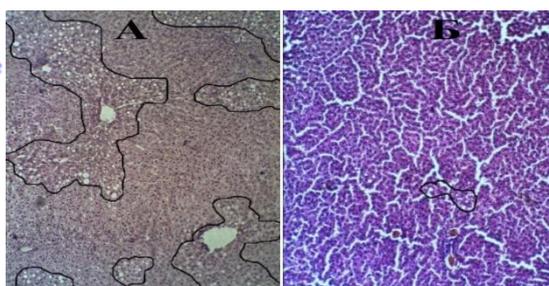
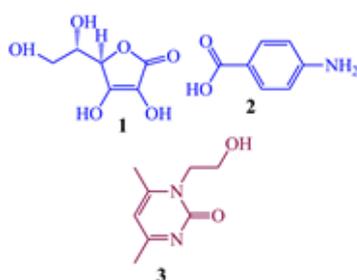


*Angew. Chem. Int. Ed.*, 55 (2016) 11472–11475.

Строение ТТТО подтверждено спектральными методами и рентгеноструктурным анализом. В процессе работы помимо ТТТО были получены новые классы веществ и разработаны новые синтетические методы. Ряд полученных полупродуктов являются перспективными донорами оксида азота – важнейшего нейромедиатора. Руководитель работы

- академик В.А. Тартаковский; отв. исп. – д.х.н. А.М. Чураков; исп. – М.С. Клёнов, А.А. Гуськов, О.В. Аникин (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН) совместно с Институтом элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН (профессор РАН К.А. Лысенко).

2. Созданы новые препараты метаболического типа действия, обладающие разноплановым протекторным эффектом (актопротекторным, гепатопротекторным и нейропротекторным), на основе 1,2-дигидро-4,6-диметил-1-N-(2-оксиэтил)пиримидона (**3** – активного компонента отечественного лекарства Ксимедон) с L-аскорбиновой (**1**) или парааминобензойной кислотами (**2**). Гепатопротекторная и нейропротекторная эффективность препаратов превосходят эффективность лекарств Ксимедон, Тиотриазолин и Рилузол. На рисунке ниже проиллюстрирован фармакологический эффект: (А) Токсическое поражение печени; (Б) уменьшение патологических изменений печени под действием препаратов. Руководитель работы – профессор В.С. Резник; отв. исп. – д.б.н. В.В. Зобов, д.х.н. В.Э. Семенов, д.м.н. Ю.А. Чельшев; исп. - д.б.н. А.Б. Выштакалюк, к.х.н. И.В. Галяметдинова, Н.Г. Назаров, Т.В. Повышева (Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН).

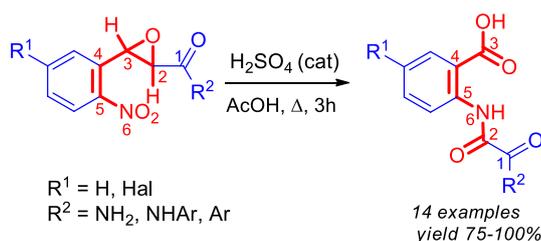


Патент РФ 2590952 (2016);

*Бюлл. Экспер. Биол. Мед.*, 162 (2016) 322-325

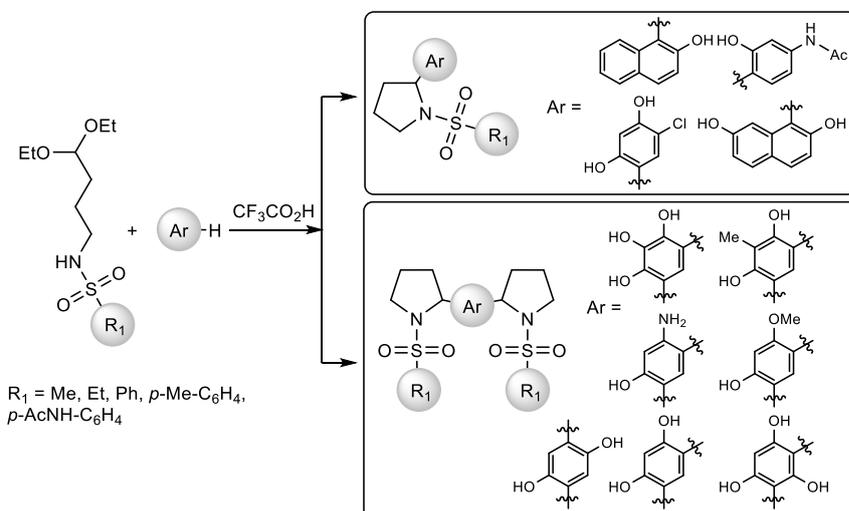
3. Найдена новая кислотнокатализируемая перегруппировка различных 3-(2-нитроарил)оксиран-2-карбоксо соединений в труднодоступные несимметрично замещённые производные щавелевой кислоты. Процесс характеризуется высокими выходами продукта, который содержит два фармакофорных фрагмента (щавелевой и антраниловой кислот). Перегруппировка осуществляется в “one-pot” процессе; в ней реализуется каскадный процесс, включающий восстановление нитрогруппы до аминной,

окисление одного из атомов кислорода эпоксидного кольца до карбоксигруппы, сопровождающееся разрывом С–С связи и миграцией образующегося фрагмента к аминогруппе с формированием связи С–N. Руководитель работы – профессор В.А. Мамедов; исп.- к.х.н. В.Л. Мамедова, Г.З. Хикматова, к.х.н. Е.В. Миронова, к.х.н. Д.Б. Криволапов, О.Б. Базанова, профессор С.А. Кацюба, к.х.н. И.Х. Ризванов, д.х.н. Ш.К. Латыпов (Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН).

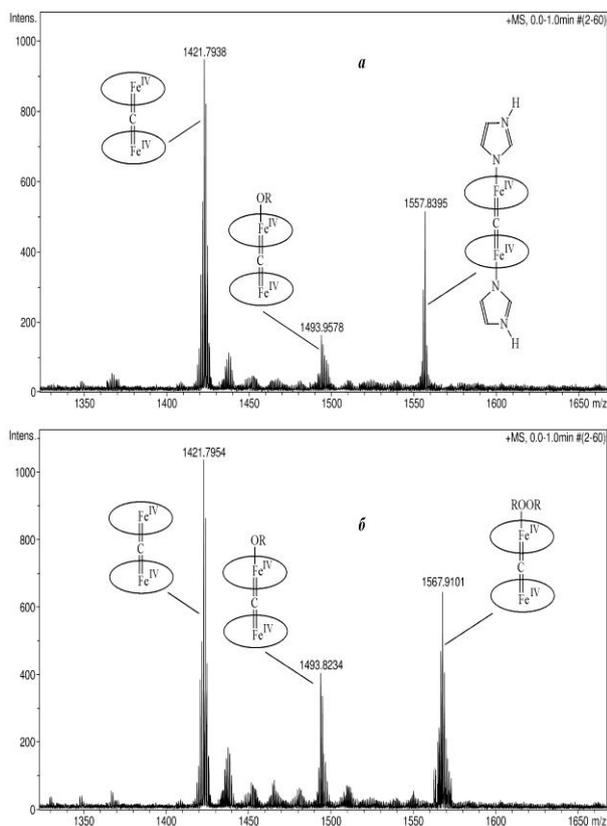
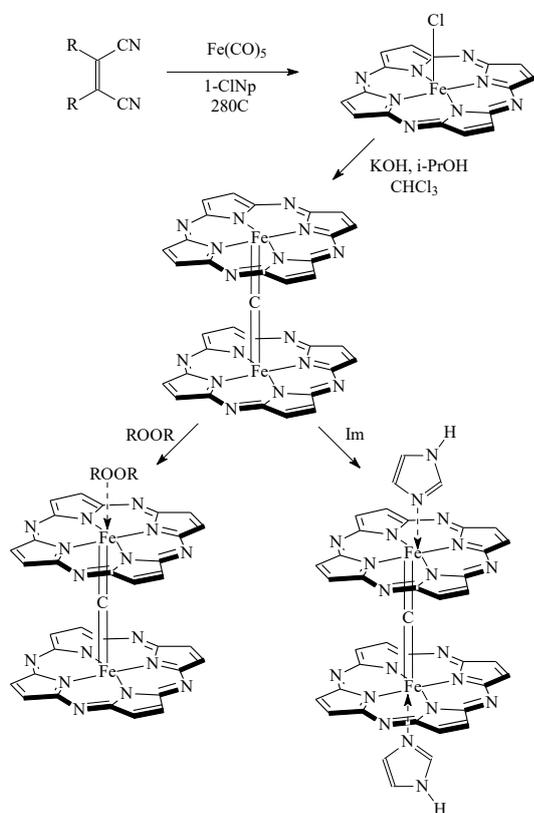


*RSC Adv.*, 6 (2016)  
27885–27895

4. Разработана стратегия синтеза 1-сульфонил-2-арилпирролидинов – потенциальных противораковых препаратов, основанная на кислотнокатализируемой реакции N-(4,4-диэтоксипентил)сульфониламидов с различными фенолами, позволяющая формировать экзоциклическую углерод-углеродную связь во втором положении пирролидинового цикла одновременно с замыканием гетероциклического кольца. Руководитель работы – профессор А.Р. Бурилов; исп. – к.х.н. А.С. Газизов, к.х.н. А.В. Смолобочкин, профессор М.А. Пудовик, к.х.н. Ю.К. Воронина, к.х.н. А.Б. Добрынин, к.х.н. В.В. Сякаев, Н.И. Харитоновна (Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН).



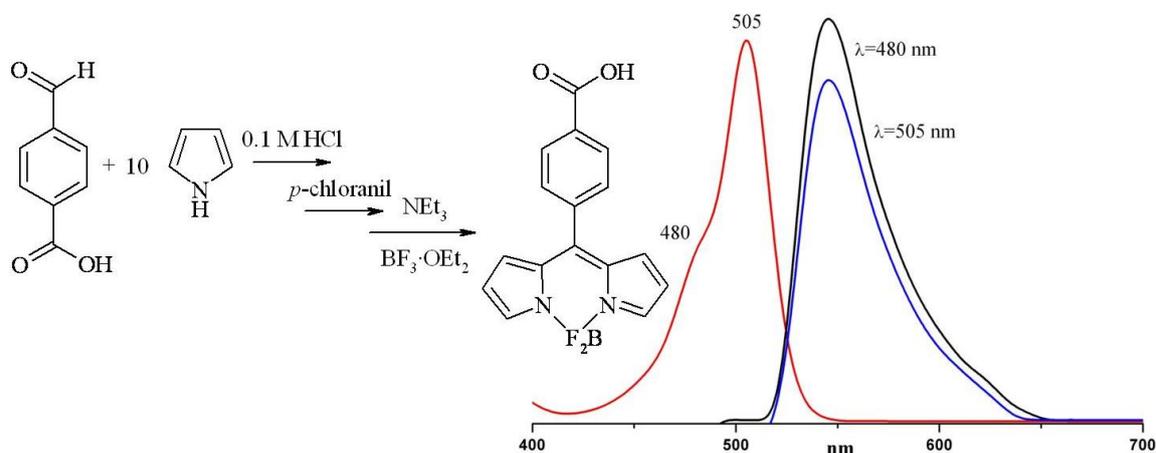
5. Осуществлен синтез ряда биядерных тетрапиррольных макроциклических комплексов железа с одноатомными мостиками. На их основе осуществлена самосборка надмолекулярных структур с органическими основаниями и пероксидами. Строение и устойчивость самособирающихся соединений охарактеризованы данными методов Uv-Vis-, ИК- и масс-спектрометрии. Руководитель работы - чл.-корр. РАН О.И. Койфман; исп. - к.х.н. С.А. Зданович, к.х.н. С.В. Зайцева (Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН), совместно с Ивановским государственным химико-технологическим университетом (профессор Е.В. Кудрик, к.х.н. Е.С. Головашова).



*Ж. физ. хим.*, 90 (2016) 477-480; *J. Porph. Phthal.*, 20 (2016) 639–646

6. Разработаны методики синтеза новых мезо-замещенных флуорофоров на основе сложных эфиров бородиазаиндаценов (BODIPY) с активными и защитными функциональными группами, а так же производного салицилового альдегида на их основе. Предложена методика прямой конденсации пиррола с 4-формилбензойной кислотой в присутствии каталитического количества 0.1 М раствора HCl с достижением более

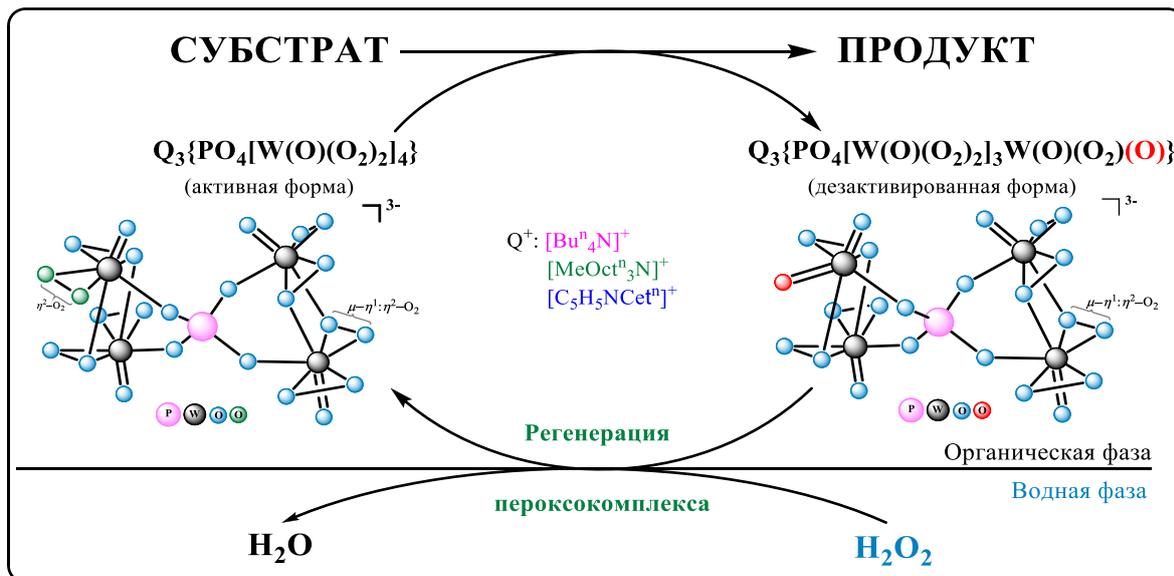
высоких выходов целевого продукта. Определены значения квантового выхода флуоресценции и Стоксова сдвига. Стоксовый сдвиг составляет от 30 до 52 нм. Флуорофоры стабильны при световом облучении. Модифицированные BODIPY могут выступать в качестве строительных блоков для последующей модификации разветвленных молекул в синтезе требуемых производных с практически-значимыми физико-химическими характеристиками. Руководитель работы - д.х.н. А.М. Колкер; исп. - к.х.н. М.С. Груздев, к.х.н. У.В. Червонова и к.х.н. Н.А. Бумагина (Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН).

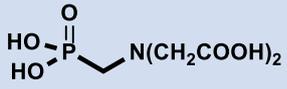
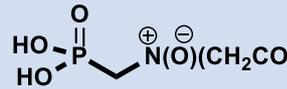
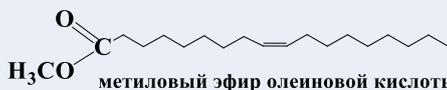
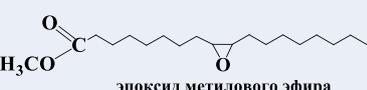
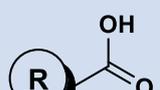


*ЖОХ*, 86 (2016) 1399-1401; *Lett. Org. Chem.*, 13 (2016) 718-725.

7. Исследовано получение востребованных продуктов тонкого органического синтеза путем окисления органических субстратов пероксидом водорода в присутствии бифункциональных металлокомплексных катализаторов (см. иллюстрацию ниже). Показана возможность получения востребованных, в т.ч. импортозамещающих продуктов тонкого органического синтеза – биологически активных веществ или их предшественников. Реакция двухфазного окисления органических субстратов пероксидом водорода в присутствии бифункциональных металлокомплексных катализаторов -  $Q_3\{PO_4[WO(O_2)_2]_4\}$ , протекает в органической фазе через транспорт кислорода от пероксокомплекса к субстрату. Показано, что метод межфазного катализа позволяет получать N-оксиды фосфоновых кислот с селективностью 85% при конверсии субстрата

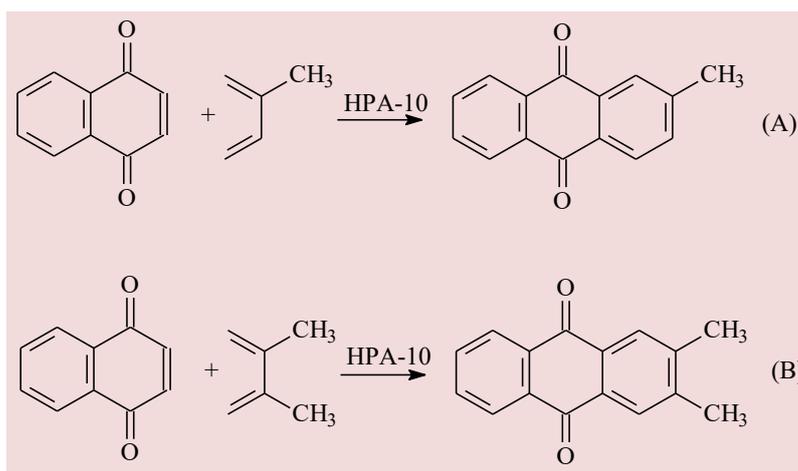
90% (используются в производстве гербицидов); эпоксиды жирных кислот с выходом 99% (используются в фармпроизводстве и парфюмерии); карбоновые кислоты с высокими выходами 86-97% (используются в пищевой, медицинской и других отраслях промышленности). Руководитель работ - д.т.н. З.П. Пай; исп. - к.х.н. Т.Б. Хлебникова, П.В.Бердникова, Д.Ю.



№	СУБСТРАТ	ПРОДУКТ	ВЫХОД
1	 ФИДУК	 N-оксид ФИДУК	<b>C = 90%</b> <b>S = 85%</b>
2	 метиловый эфир олеиновой кислоты	 эпоксид метилового эфира олеиновой кислоты	<b>99%</b>
3	 альфа-алкен R: n-Me(CH <sub>2</sub> ) <sub>m</sub> , m = 5, 7, 9	 монокарбоновая кислота	<b>86-97%</b>
Катализатор: $[MeOct^n_3N]_3\{PO_4[W(O)(O_2)_2]_4\}$			
Catalysis Communications, 2017, V. 88, P. 45-49. DOI: <a href="https://doi.org/10.1016/j.catcom.2016.09.019">10.1016/j.catcom.2016.09.019</a> , (IF 3,7)			

8. Проведены исследования по изучению особенностей one-pot процессов синтеза замещенных антрахинонов (АХ) из 1,4-нафтохинона (НХ) и замещенных 1,3-бутадиенов по реакции диенового синтеза с последующим

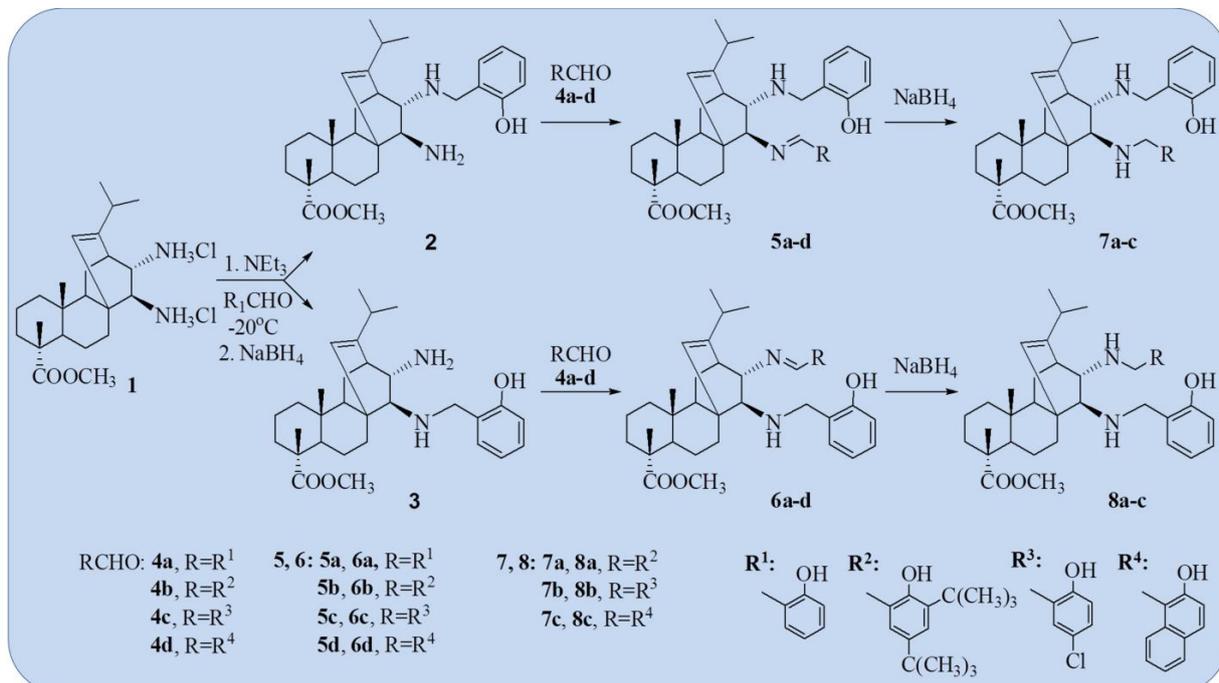
окислением получающихся аддуктов в растворах Мо-V-P гетерополикислот (ГПК). В присутствии модифицированного раствора ГПК-10 (брутто-состав  $H_{17}P_3Mo_{16}V_{10}O_{89}$ ) проведены исследования двух новых *one-pot* процессов синтеза 2-метилантрахинона (2-МАХ) по реакции 1,4-нафтохинона (НХ) и изопрена согласно схеме А (см. ниже), а также 2,3-диметилантрахинона (2,3-ДМАХ) по реакции НХ с 2,3-бутадиеном согласно схеме В. Результаты многоциклового испытания гомогенного катализатора показали, что 0,2 М раствор ГПК-10 является весьма перспективным стабильным регенерируемым катализатором процессов получения как 2-МАХ по реакции изопрена с НХ, так и 2,3-ДМАХ по реакции 2,3-диметилбутадиена с НХ. Руководитель работ - д.х.н. Е.Г. Жижина; отв. исп. - к.т.н. Л.Л. Гогин и Ю.А. Родикова. (ФГБУН Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН).



*Catalysis in Industry*,  
8 (2016) 310-315.

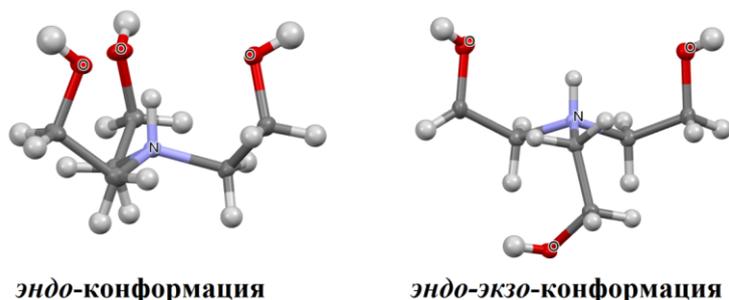
9. Разработан способ получения аминофенолов **7** и **8** с различными заместителями у атомов азота из дигидрохлорида *транс*-1,2-диамина **1** (см. рис. ниже). Взаимодействием соли амина **1** с 1 эквивалентом триэтиламина и салицилового альдегида при  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  были получены моноимины, которые восстановили *in situ* в моноаминофенолы **2** и **3**. В результате реакции аминов **2** и **3** с альдегидами **4a-d** были синтезированы изомерные иминоамины **5a-d** и **6a-d**. На заключительной стадии полученные иминоамины восстановили боргидридом натрия с образованием изомерных аминофенолов **7a-d** и **8a-d**, имеющих разные заместители у атомов азота. Руководитель работ - д.т.н.

З.П. Пай; отв. исп. - к.х.н. Т.Б. Хлебникова, исп. - к.х.н. Л.В. Малышева, В.Н. Конев (Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН).

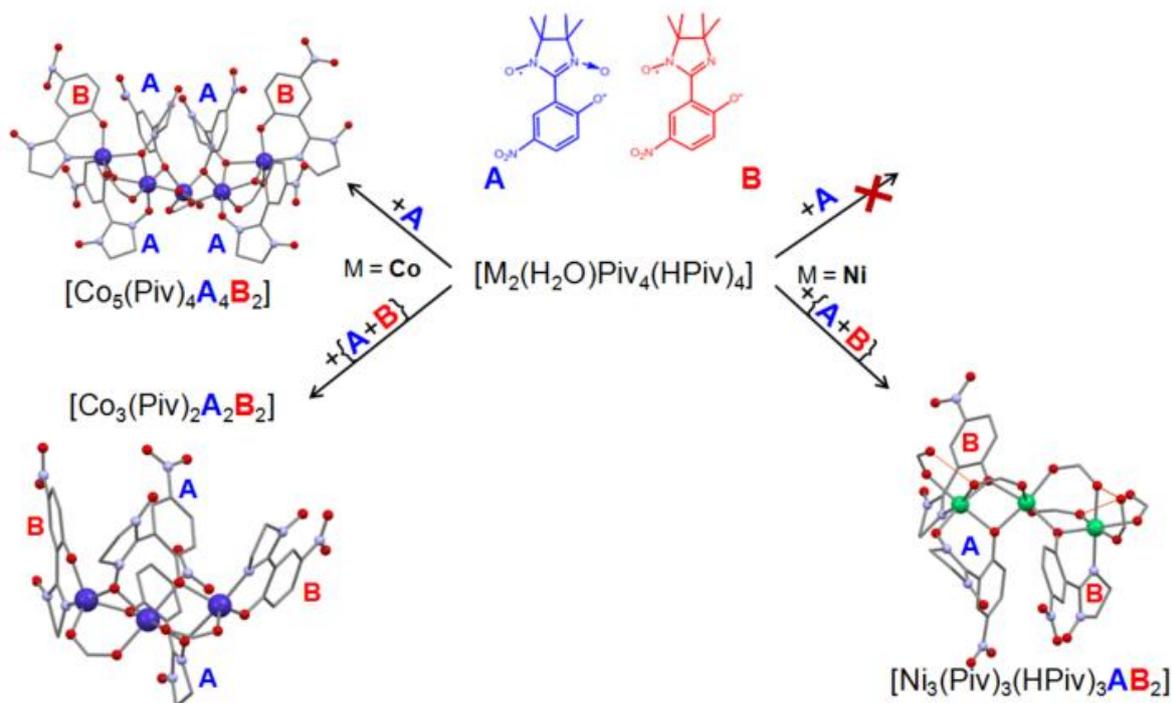


10. Впервые синтезированы протонные алканоламмониевые ионные жидкости на основе триэтаноламмониевых солей биологически активных карбоновых кислот (никотиновая, коричная, бензойная, салициловая, щавелевая, малоновая, янтарная, яблочная, лимонная) с выходами более 90 %. Строение триэтаноламмониевого катиона и катион-анионные взаимодействия в триэтаноламмониевых солях щавелевой, малоновой, янтарной кислот исследованы методом рентгеновской дифракции. Обнаружено, что триэтаноламмониевый катион в солях, содержащих моноанионы  $[(HOCH_2CH_2)_3NH]^+[OOC(CH_2)_nCOO]^-$  ( $n=0-2$ ), находится в *эндо*-конформации. При этом для триэтаноламмониевой соли янтарной кислоты, содержащей дважды депротонированный сукцинат-анион  $[OOC(CH_2)_2COO]^{2-}$ , характерна *эндо-экзо*-конформация катиона (см. рис. ниже). Исследована биологическая активность триэтаноламмониевых солей (9 соединений) в отношении гриба *Rhizopus oryzae* F-814. Присутствие данных соединений в питательной среде способствует приросту биомассы гриба на 8-24%, в зависимости от концентрации соли и ее состава.

Руководитель работы – профессор Т.А. Кочина, отв. исп. Ю.А. Кондратенко (Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН) совместно с кафедрой технологии микробиологического синтеза СПбГТИ (ТУ).



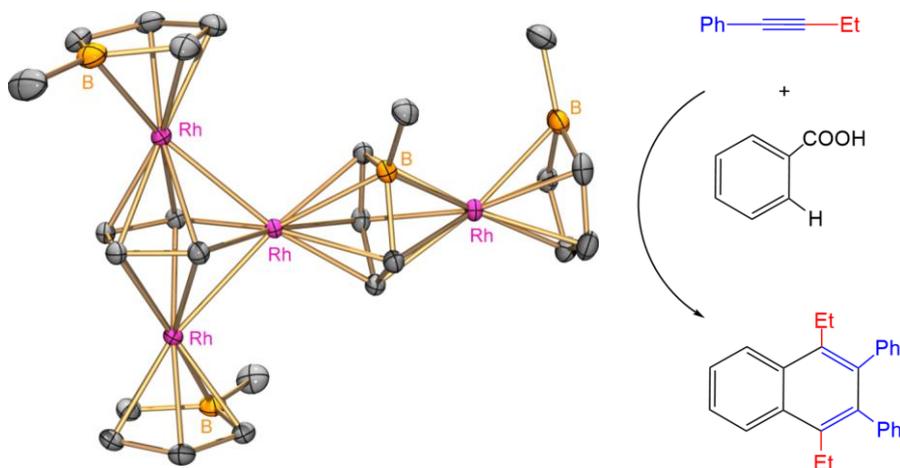
11. Открытая недавно химическая реакция (*Inorg. Chem.*, 53 (2014) 10033-10035; *Crystals*, 5 (2015) 634-649) была положена в основу разработки принципиально нового метода синтеза гетероспиновых соединений, в том числе таких, которые невозможно получить иным способом. Суть метода заключается в использовании заведомых смесей кинетически устойчивых нитронилнитроксидов и иминонитроксидов (или иминонитроксидов и соответствующих амидиноксидов) в реакциях с переходными металлами.



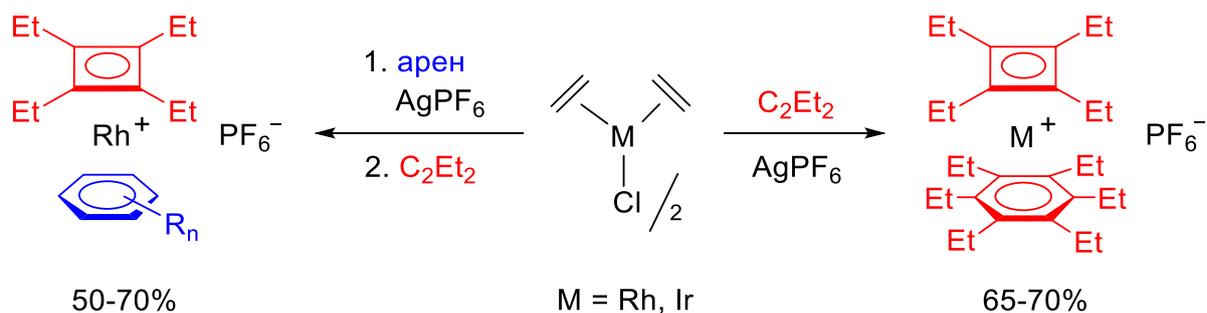
Приведённая схема превращений демонстрирует, как могут быть синтезированы многоспиновые комплексы  $[Co_3(Piv)_2A_2B_2]$  и

$[\text{Ni}_3(\text{Piv})_3(\text{HPiv})_3\text{AB}_2]$ , где А – нитронилнитроксильный радикал, В – иминонитроксильный радикал, Piv – пивалат-анион, при использовании в качестве реагента заведомой смеси нитронилнитроксила и его иминонитроксильного производного. Руководитель работы - академик В. И. Овчаренко; отв. исп. - к.х.н. О.В. Кузнецова, исп. - д.х.н. Е.Ю. Фурсова, д.х.н. Г.В. Романенко, к.х.н. А.С. Богомяков. (Институт «Международный томографический центр» СО РАН).

12. Синтезирован и структурно охарактеризован новый тип трехпалубных комплексов с мостиковым родациклопентадиенильным лигандом  $\text{C}_4\text{H}_4\text{Rh}$ . Установлено, что родственные трехпалубные комплексы с борольным лигандом  $\text{C}_4\text{H}_4\text{B}$  являются селективными катализаторами окислительного сочетания бензойной кислоты с алкинами. Руководитель работы – д.х.н. Д.А. Логинов (Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН).

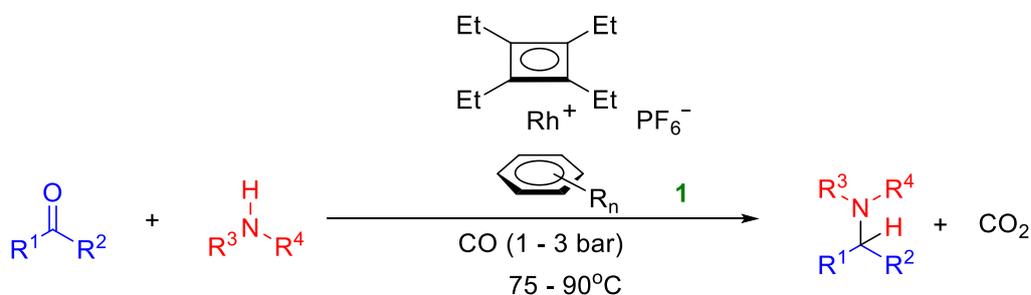


13. Разработаны методы синтеза циклобутадиеновых комплексов родия и иридия на основе реакции замещения этилена на диэтилацетилен в доступных комплексах  $[(\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2)\text{MCl}]_2$ . Показано, что при отсутствии арена реакция приводит к необычным сэндвичевым соединениям  $[(\text{C}_4\text{Et}_4)\text{M}(\text{C}_6\text{Et}_6)]^+$ , в которых оба циклических лиганда образованы из молекул ацетилена. Руководители работы – к.х.н. Д.С. Перекалин и к.х.н. Д.А. Чусов (Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН).



*Organometallics*, 35 (2016) 3025–3031.

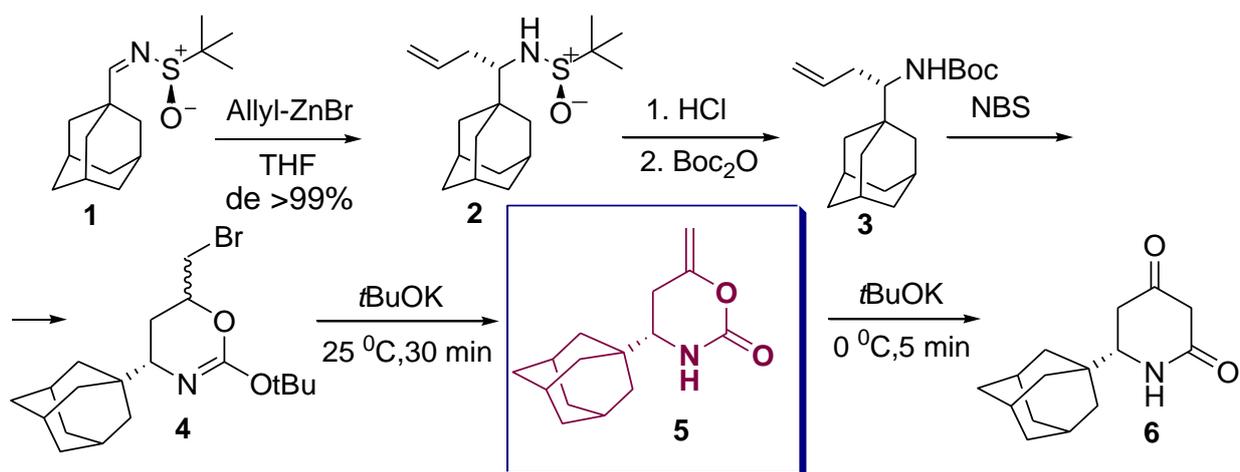
14. Впервые циклобутадиенильные комплексы родия были использованы в катализе. В результате удалось добиться самых мягких и селективных условий для реакции восстановительного аминирования без внешнего источника водорода (см. схему ниже), а также снизить давление вплоть до атмосферного и температуру ниже 100 °С. По толерантности к функциональным группам такая система превзошла даже цианоборгидрид натрия (см. табл. ниже). Руководители работы – к.х.н. Д.С. Перекалин и к.х.н. Д.А. Чусов (Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН).



*ACS Catal.*, 6 (2016) 2043–2046.

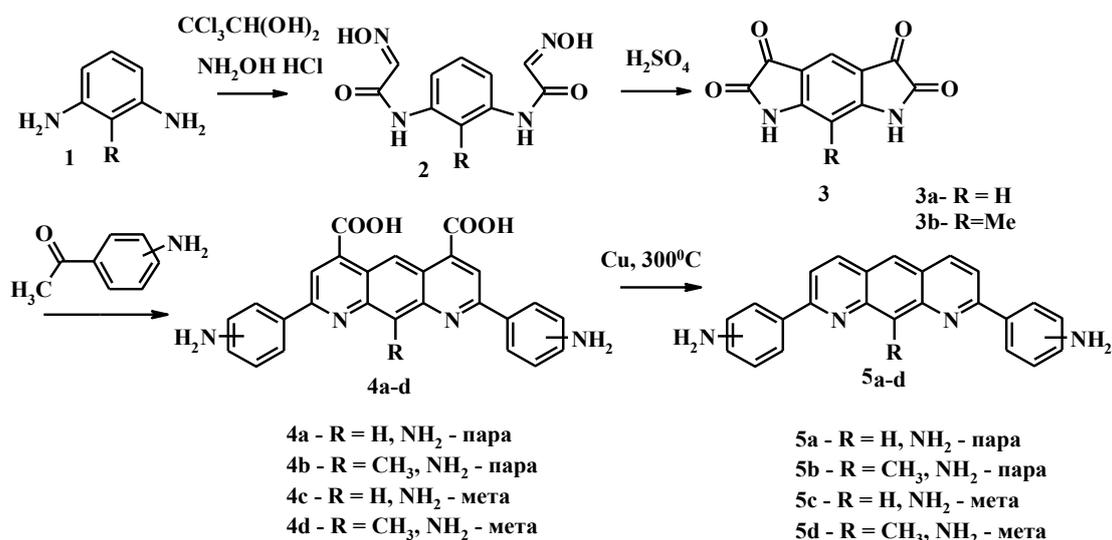
Субстрат	H <sub>2</sub> /Ni	H <sub>2</sub> /Rh	LiAlH <sub>4</sub>	NaBH <sub>4</sub>	1/CO
R <sub>2</sub> N-Cbz	✗	✗	✗	✓	✓
R <sub>2</sub> N-COCF <sub>3</sub>	✗	✓	✗	✗	✓
R <sub>2</sub> N-Bn	✗	✗	✓	✓	✓
RO-Bn	✗	✓	✓	✓	✓
Ar-NO <sub>2</sub>	✗	✗	✗	±	✓
Ar-CN	✗	✗	✗	±	✓
Ar-Br	✗	✓	±	✓	✓

15. Разработан стереоселективный синтез новых гетероциклических производных адамантана на основе диастереоселективного аллилирования имида **1** аллилцинкбромидом. Благодаря успешному выделению неустойчивого соединения **4** удалось синтезировать еноловый эфир **5** и, далее, дион **6**, которые интересны не только как энантиомерно чистые билдинг блоки, но и в качестве перспективных моделей с высокой биологической активностью. Испытания, проведенные в Институте эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи показали, что оба энантиомера наиболее активного соединения **5** *in vitro* на 100% подавляют репродукцию ремантадин-резистентного эталонного пандемического штамма вируса гриппа A/California/7/2009 (H1N1)pdm09 с  $IC_{50} = 2.0$  мкг/мл, и на 96% современного пандемического штамма A/IV-Orenburg/29-L/2016(H1N1)pdm09 с  $IC_{50} = 1.9$  мкг/мл. Руководители работы – академик Ю.Н. Бубнов и к.х.н. Н.Ю. Кузнецов; исп. – асп. Р.М. (Институт элементорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН), совместно с ФНИЦ эпидемиологии и микробиологии им. Н.Ф. Гамалеи (к.б.н. Е.С. Кириллова).



16. Разработан метод синтеза бифункциональных мономеров, содержащих антразолиновый фрагмент. Сначала взаимодействием *m*-фенилендиамина и 2,6-диаминотолуола по методу Зандмейера получают бис-изатины - тетраоны (**3a**) и (**3b**) (см. схему ниже). Действие на них *n*- или *m*-аминоацетофенона в условиях реакции Пфизингера даёт 2,8-бис(4- или 3-аминофенил)пиродо[3,2-

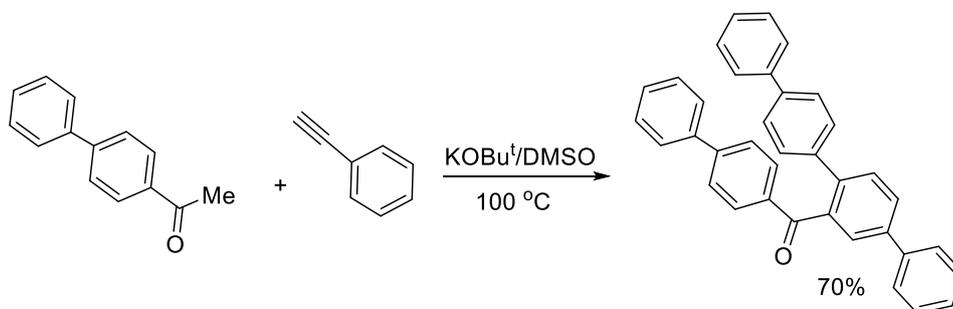
g]хинолин-4,6-дикарбоновую кислоту, либо 2,8-бис(4- или 3-аминофенил)-10-метилпиридо[3,2-g]хинолин-4,6-дикарбоновую кислоту (**4a-d**), соответственно. На заключительном этапе синтеза мономеров проводится декарбоксилирование дикарбоновых кислот (**4a-d**) в присутствии катализатора (порошка металлической меди) при температуре 300 °С с образованием 4,4'- или 3,3'-(пиридо[3,2-g]-хинолин-2,8-диил)дианилина, либо 4,4'- или 3,3'-(10-метилпиридо[3,2-g]хинолин-2,8-диил)дианилина (**5a-d**), соответственно. На основе мономеров **5a-d** получены новые сополиамиды с интенсивной люминесценцией в зеленой области спектра. Руководитель работы – д.х.н. М.Я. Гойхман; отв. исп. – к.х.н. И.В. Подешво; исп. – асп. И.А. Валиева (Институт высокомолекулярных соединений РАН)



*Luminescence*, (2017), в печати.

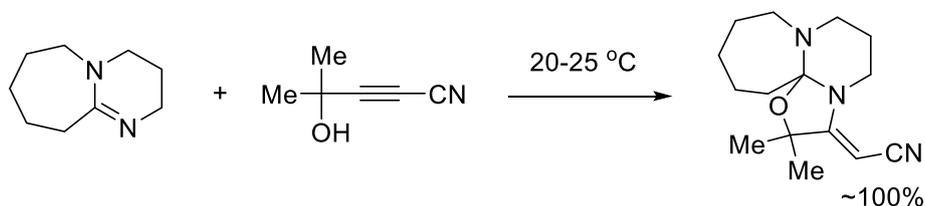
17. В развитие недавно открытой самоорганизации сложных молекул с участием ацетиленов разработана одnoreакторная каскадная сборка функционализированных терфенилов и их аналогов из арилацетиленов и ацилированных ароматических соединений, протекающая в сверхосновной каталитической системе без участия переходных металлов. В ходе одной синтетической операции из четырех реагирующих молекул образуются четыре углерод-углеродные связи и происходит беспрецедентная ароматизация с элиминированием метиларенов (реализация парадигмы PASE – rot-atom-step-economy). В результате открыт простой путь к уникальному

семейству перспективных прекурсоров высокотехнологичных материалов и лекарственных препаратов. Руководитель - академик Б.А. Трофимов; отв. исп. - д.х.н. Е.Ю. Шмидт; исп. - к.х.н. И.В. Татарина (Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН).



*Org. Lett.*, 18 (2016) 2158-2160

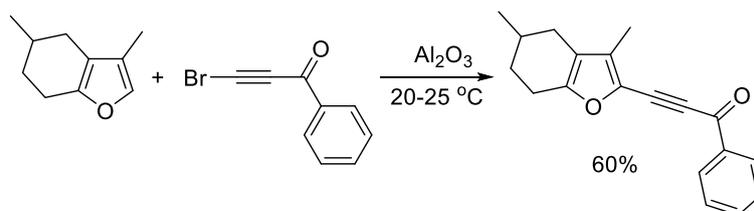
18. В развитие химии цвиттер-ионных аддуктов ацетиленов с нейтральными ацетиленами найдено, что функционализированные электронодефицитные ацетилены легко аннелируются с органическими супероснованиями (бициклическими амидинами) без катализатора при комнатной температуре с образованием новых трициклических пиримидиновых производных. Проведено аннелирование распространенного органического сверхоснования (DBU) с цианацетиленовым спиртом. Разработанная методология открывает новые перспективы для создания лекарственных препаратов. Руководитель - академик Б.А. Трофимов; отв. исп. - д.х.н. О.А. Шемякина; исп. - д.х.н. А.Г. Малькина, асп. А.В. Степанов (Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН).



*Eur. J. Org. Chem.*, (33) 2016 5465-5469

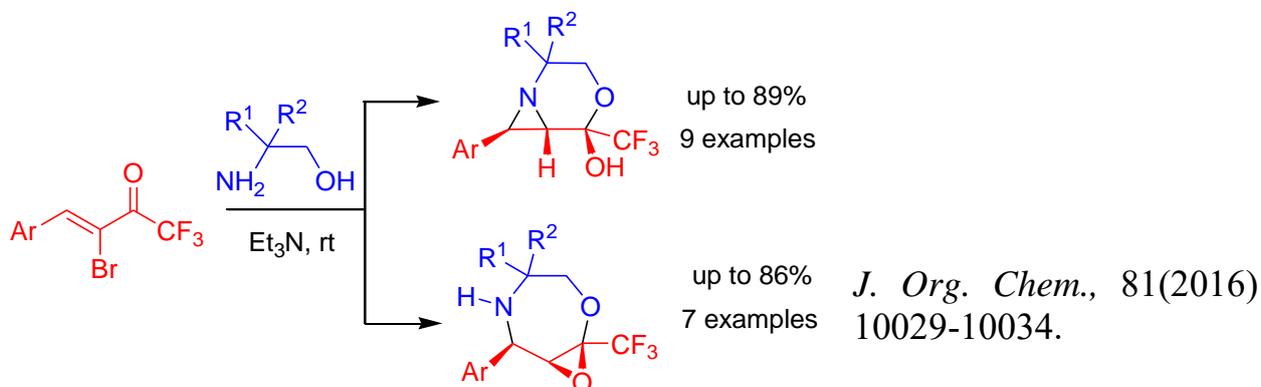
19. В ходе систематического развития химии ацетилена разработана новая реакция кросс-сочетания между галогенацетиленами и электрононасыщенными гетероциклическими системами (дипиррометанами и фуранами) в среде оксидов и солей металлов без катализатора и

растворителя при комнатной температуре. В качестве примера показано кросс-сочетание ментофурана (компонент мяты перечной) с бензоилбромацетиленом в среде оксида алюминия. Реакция является альтернативой палладий-катализируемого кросс-сочетания ацетиленов с галогенированными гетероциклами и представляет собой принципиально новый тип органических реакций, протекающих в ионной кристаллической решетке. Синтезируемые фуран-ацетиленовые структуры – перспективные прекурсоры фармацевтических препаратов и высоко технологичных материалов. Руководители - академик Б.А. Трофимов, проф. С. Шаферт; отв. исп. - д.х.н. Л.Н. Собенина, Б. Пигульски; исп. - к.х.н. Д.Н. Томилин, асп. М.Д. Гоцко (Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН, Вроцловский университет).



*Asian J. Org. Chem.*, 5 (2016) 1288-1294; *Tetrahedron Lett.*, 57 (2016) 4961-4964; *J. Org. Chem.*, 81 (2016) 9188-9198

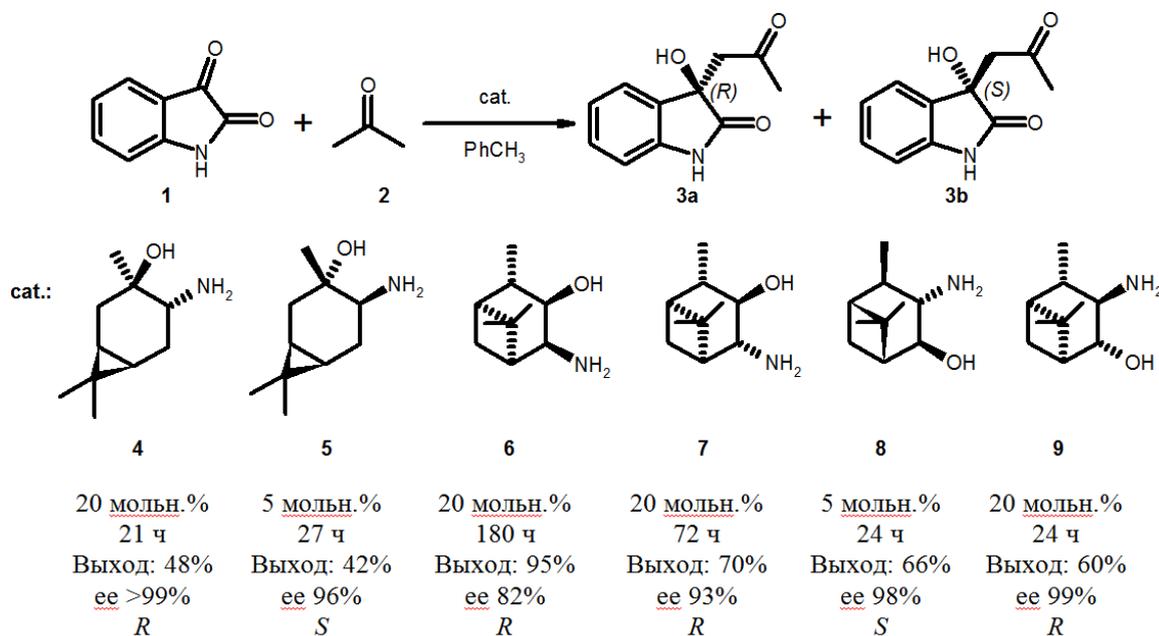
20. Разработан новый подход к трифторметилированным морфолинам и оксазепанам на основе реакции  $\text{CF}_3$ - $\alpha$ -броменононов с 1,2-аминоспиртами. Целевые соединения получены с хорошим выходом (до 90%) и высокой хемо- и региоселективностью. Синтезированные N,O-гетероциклы представ-



ляют собой новый, до настоящего времени неизвестный класс гетероциклических систем. Руководитель работы – д.х.н. А.Ю. Рулев; исп. –

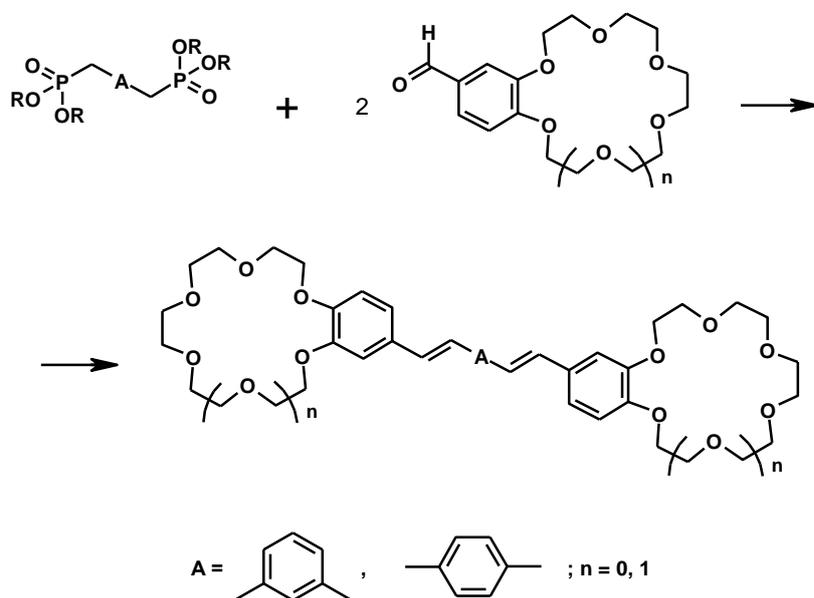
асп. А.Р. Романов, к.х.н. Е.В. Кондрашов, к.х.н. И.А. Ушаков, А.В. Ващенко (Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН).

21. Впервые синтезированы высокоэффективные органокатализаторы – аминокислоты карановой и пинановой структуры – в асимметрической альдольной реакции изатина с ацетоном. Асимметрические альдольные реакции, проводимые с использованием хиральных аминокислот и аминов в качестве катализаторов, являются приоритетным направлением в синтезе биологически активных молекул. Синтезирована серия  $\beta$ -аминоспиртов карановой и пинановой структуры (4-9) и впервые показана их высокая каталитическая активность в асимметрической альдольной реакции изатина 1 с ацетоном 2. Продукты конденсации 3а и 3б являются аналогами блокатора клеток лейкемии конволютамина А, биологически активный изомер которого имеет R-конфигурацию. Руководитель работы – чл.-корр. РАН А. В. Кучин; отв. исп. – д.х.н. С.А. Рубцова; исп. – к.х.н. Д.В. Судариков, к.х.н. Л.Л. Фролова, асп. О.А. Банина (Институт химии Коми НЦ УрО РАН).



22. Разработан синтез бискраунсодержащих дистирилбензолов с хорошими выходами (до 77%). Способ получения основан на конденсации активированных в бисфосфонатах  $\alpha$ -метиленовых групп с карбонильными группами формильных производных бензокраун-эфиров с образованием

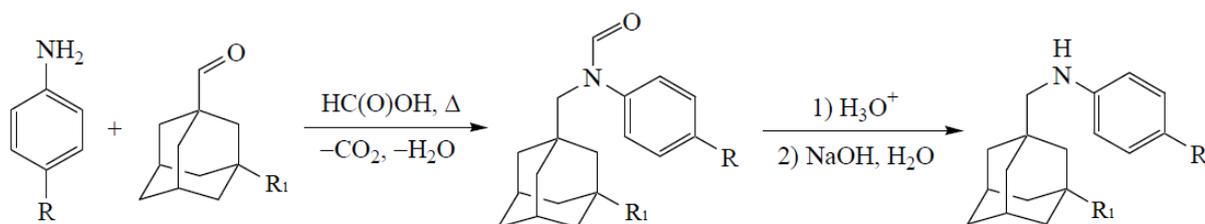
двойных углерод-углеродных связей. Обнаружена выраженная способность полученных дистирилбензолов к связыванию катионов щелочных, щелочноземельных металлов и аммония, характеризующаяся существенными изменениями в спектрах испускания. Эти свойства позволяют использовать полученные соединения в составе оптических хемосенсоров для флуоресцентного определения катионов щелочных, щелочноземельных металлов и аммония. Руководитель работы - чл.-корр. РАН С.П. Громов (Центр фотохимии РАН); отв. исп. – к.х.н. В.Н. Нуриев (химический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова).



*Изв. РАН, Сер. хим.,  
(2016) 2686-2703.*

23. В продолжение ранее начатых исследований по изучению взаимосвязи химической структуры и биологической активности в ряду функциональных производных аминов ряда адамантана, были синтезированы новые конформационно подвижные аналоги синтетического адаптогена - бромантана, основным предназначением которого является повышение резистентности организма человека к экстремальным воздействиям. Целью работы были получение и сравнительная оценка биологической активности новых структурных аналогов бромантана, для расширения возможности взаимодействия с биологической мишенью в рамках модели индуцированного соответствия. Новые производные N-[(адамантан-1-ил)метил]анилина были получены по реакции восстановительного

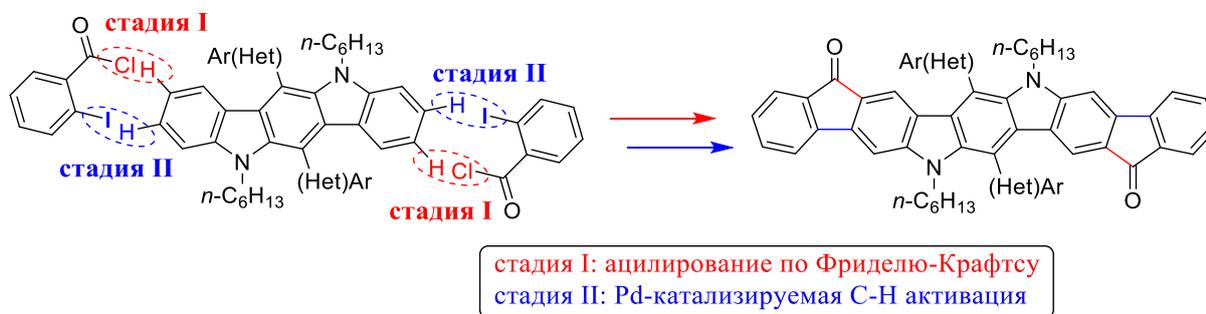
аминирования адамантан-1-карбальдегида и его аналогов с использованием производных анилина по Лейкарту-Валлаху. Исследования по изучению влияния новых соединений на общее состояние и функционально-поведенческий статус животных показали, что введение данных соединений ведет к возрастанию спонтанной двигательной активности, повышению актов груминга. Кроме этого, прослеживалось отчетливое психостимулирующее и антифобическое действие. Руководитель работ - академик И.А. Новаков; отв. исп. - д.х.н. М.Б. Навроцкий (Волгоградский государственный технический университет). Оценка влияния новых конформационно-подвижных аналогов бромантана на спектр физиологической активности выполнялась в НИИ Фармакологии при ВолгГМУ.



*Изв. АН. Сер. Хим.*, (2016) 1-5; *ЖОХ*, (2016) 1961-1968  
*Хим.-фарм. Журн.*, (2016) 9-15

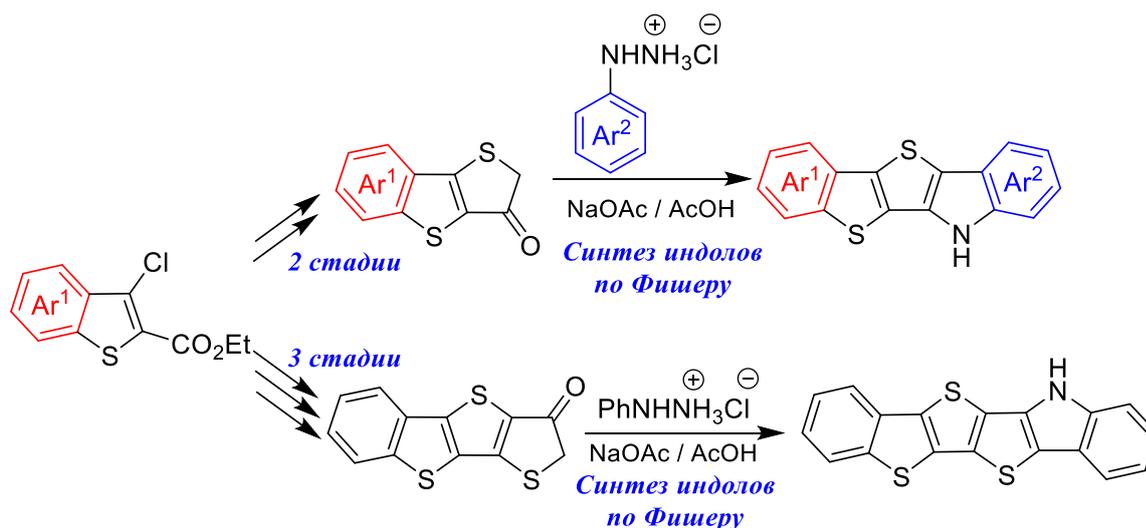
24. Разработан удобный способ синтеза новых полициклических молекул, имеющих девять конденсированных циклов в составе своей структуры «лестничного» типа и содержащих систему 5,11-дигидроиндоло[3,2-*b*]карбазола в качестве базового остова (см. рис. ниже). Показана возможность модификации каркаса полученных конденсированных производных. Предложенный способ синтеза конденсированных производных 5,11-дигидроиндоло[3,2-*b*]карбазола основан на последовательности реакций ацилирования по Фриделю-Крафтсу и Pd-катализируемой C-H активации, исходя из доступных соединений – 5,11-диалкил-6,12-ди(гетеро)арилзамещенных индоло[3,2-*b*]карбазолов. Впервые была показана возможность металл-катализируемой активации C-H связи в молекулах 5,11-дигидроиндоло[3,2-*b*]карбазолов. Руководитель работ –

академик В.Н. Чарушин; отв. исп. – к.х.н. Г.Л. Русинов; исп. - к.х.н. Р.А. Иргашев, Н.А. Казин, Г.А. Ким (Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН).



*RSC Advances*, 6 (2016) 70106–70116.

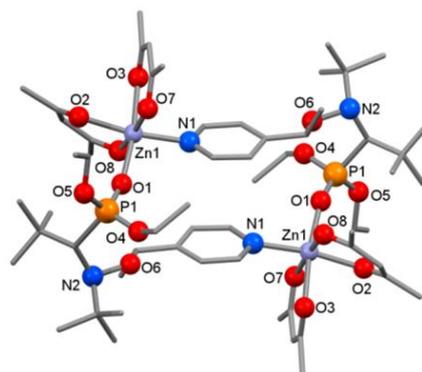
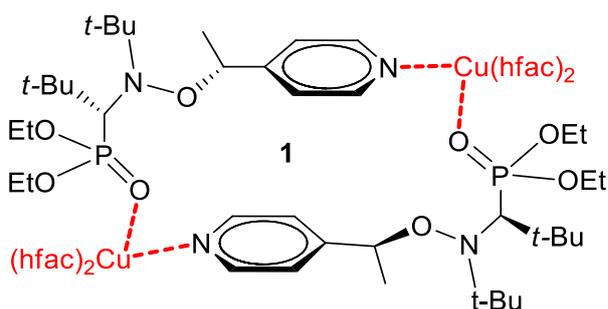
25. Разработан эффективный способ получения производных 6*H*-бензо[4',5']тиено-[2',3':4,5]тиено[3,2-*b*]индола, нового класса несимметричных гетероаценов, а также их гексациклических аналогов, с использованием реакции индолизации по Фишеру в качестве ключевой стадии (см. рис. ниже). Руководитель работ – академик В.Н. Чарушин; отв. исп. – к.х.н. Г.Л. Русинов; исп. - к.х.н. Р.А. Иргашев, А.А. Кармацкий, Г.А. Ким (Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН).



*Org. Lett.*, 18 (2016) 804–807.

26. Впервые продемонстрирована активация алкоксиаминов за счет их координации ионами металлов: константа скорости гомолиза C—ON связи в комплексе **1** (см. иллюстрации ниже) в 25 раз выше по сравнению с

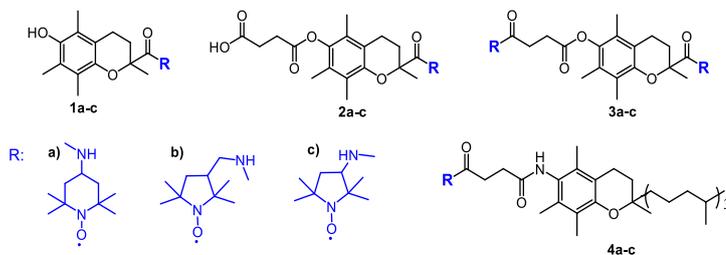
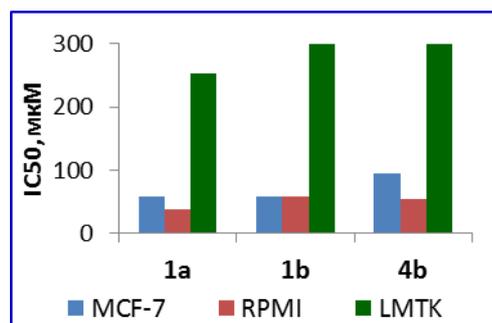
исходным алкоксиамином. Величину эффекта можно регулировать путем изменения участвующей в координации функциональной группы, иона металла (Zn, Cu и др.) и добавок пиридина в качестве конкурентного лиганда. Полученные результаты открывают путь к получению полимеров методами контролируемой радикальной полимеризации с участием металлокомплексов, новому подходу к активации и, наоборот, стабилизации инициаторов полимеризации, новым способам структурной и функциональной модификации полимеров, синтезу металлосодержащих наночастиц с нанесенным полимерным покрытием. Руководитель работы: д.ф.-м.н. Е. Г. Багрянская; отв. исп. – д.х.н. Е.В. Третьяков; исп. – д.х.н. И.Ю. Багрянская, к.х.н. М. В. Еделева, к.х.н. Д. А. Пархоменко, к.х.н. С. И. Живетьева (НИОХ СО РАН) совместно с Университетом Экс-Марсель (Франция; G. Audran, P. Bremond, S.R.A. Marque).



*Inorg. Chem. Front.*, 3 (2016), 1464-1472.

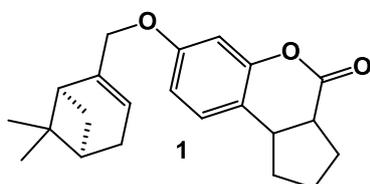
26. Синтезирован новый класс спин-меченых антиоксидантов с хромановым остовом, которые могут быть использованы как ЭПР контрастирующие агенты для фармакокинетических и фармакодинамических исследований. Ряд полученных соединений проявили высокую цитотоксическую активность по отношению к раковым клеткам миеломы (RPMI) и аденокарциномы молочной железы (MCF-7) человека, высокую антиоксидантную активность, отсутствие генотоксических и мутагенных свойств на фоне низкой токсичности по отношению к нормальным клеткам фибропластов мыши (LMTK). Установлено, что введение нитроксильных радикалов приводит к существенному увеличению селективности как по

отношению к различным опухолевым клеткам, так и по отношению к нормальным клеткам. Отв. исп. – к.х.н. С.В. Морозов, д.х.н. И.А. Григорьев, исп. – Ю.В. Юшкова, Т.С. Фролова, Е.И. Черняк (НИОХ СО РАН) совместно с ИХБФМ СО РАН и НГУ (А.Г. Покровский, О.Д. Захарова, М.А. Покровский, О.И. Сеницына, Г.А. Невинский).

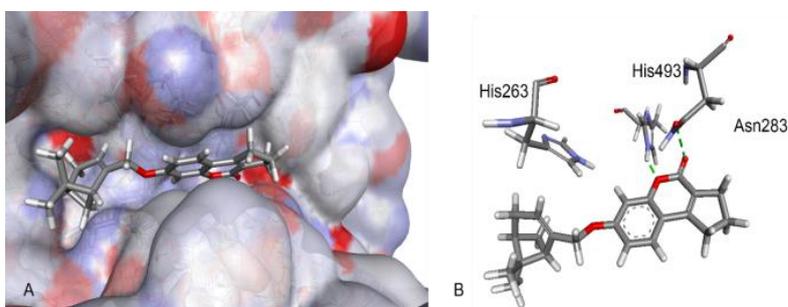


*Eur. J. Med. Chem.*, 122 (2016), 127-137.

27. На основе виртуального скрининга в лаборатории физиологически активных веществ НИОХ СО РАН синтезирована большая серия 7-гидроксикумаринов, содержащих ароматические или монотерпеновые заместители. В ИХБФМ СО РАН была впервые изучена ингибирующая способность этих соединений в отношении фермента репарации ДНК тирозил-ДНК фосфодиэстеразы I (Tdp I). Обнаружено, что высокую активность проявляют производные 7-гидроксикумарина, содержащие фрагмент монотерпена пинена. Наибольшую ингибирующую активность (IC<sub>50</sub> 0.68 мкМ) проявило соединение **1**, содержащее остаток (+)-миртеналя.



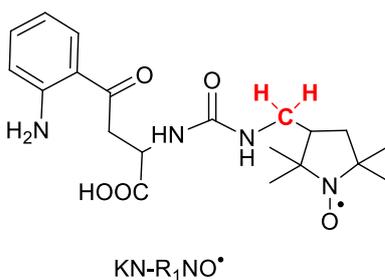
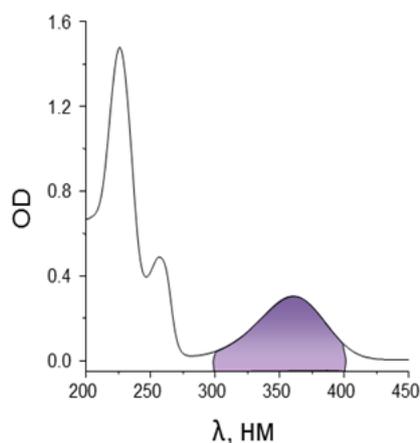
*Bioorg. & Med. Chem.*  
24 (2016) 5573–5581



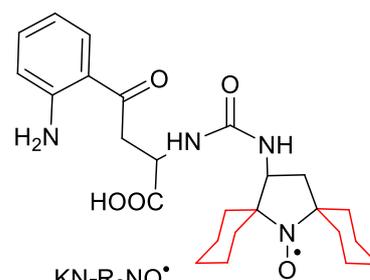
При этом, полученное соединение обладает низкой собственной цитотоксичностью (CC<sub>50</sub> > 100 мкМ). Показано, что гидроксикумарин **1** в концентрации 5 мкМ в 8 раз усиливает действие известного противоракового препарата камптотецина на раковые клетки. Руководители работ: д.х.н. Н.Ф. Салахутдинов (Новосибирский институт органической химии им. Н.Н.

Ворожцова СО РАН, НГУ) и чл.-корр. РАН О.И. Лаврик (ИХБФМ СО РАН), исп. – Т.М. Хоменко, Т.И. Одарченко, В.А. Санникова, Д.В. Корчагина, К.П. Волчо (НИОХ СО РАН), А. Захаренко, О. Захарова (ИХБФМ СО РАН).

28. Показано, что экранирование нитроксильной группы объемными заместителями или удлинение спейсера между кинуренином и нитроксильным радикалом приводит к увеличению фотостабильности конъюгатов. Полученные соединения предложены как альтернатива традиционному сочетанию антиоксидантов с УФ-фильтрами в солнцезащитных препаратах. Исп. – Ю.Ф. Полиенко, Е.И. Черняк, С.В. Морозов, И.А. Григорьев (НИОХ СО РАН, НГУ), О.А. Снытникова, В.В. Яньшолё, Ю.П. Центалович (МТЦ СО РАН).



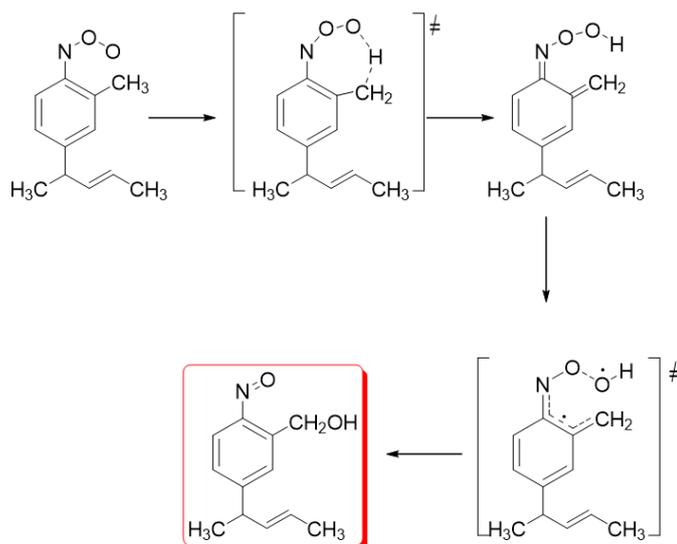
KN-R<sub>1</sub>NO•



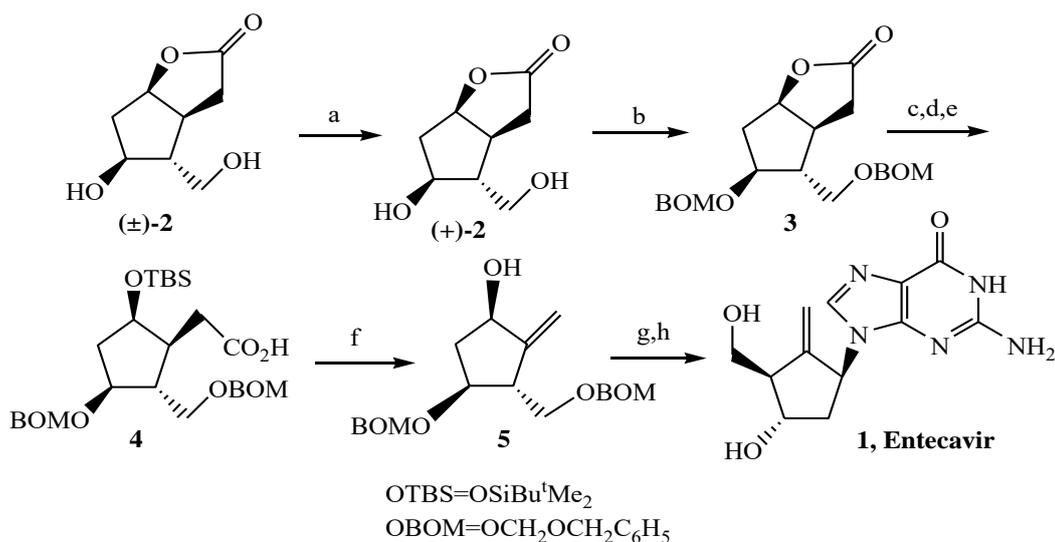
KN-R<sub>2</sub>NO•

*J. Photochem. Photobiol. A: Chemistry*,  
322-323 (2016), 76-84.

29. При исследовании механизма фотоокисления 2-метил-4-[(2*E*)-1-метилбут-2-ен-1-ил]фенилазида была обнаружена новая окислительно-восстановительная перегруппировка нитрозооксида, которая имеет место при наличии метильного заместителя в *орто*-положении по отношению к нитрозооксидной группе. Терминальный атом кислорода *цис/син*-формы нитрозооксида отрывает Н-атом заместителя с образованием гидропероксинитрена, который далее изомеризуется путем миграции гидроксильного радикала к метиленовой группе в нитрозобензиловый спирт. Руководитель работы – д.х.н. Р.Л. Сафиуллин; отв. исп. – Е.М. Чайникова (Уфимский Институт химии РАН).



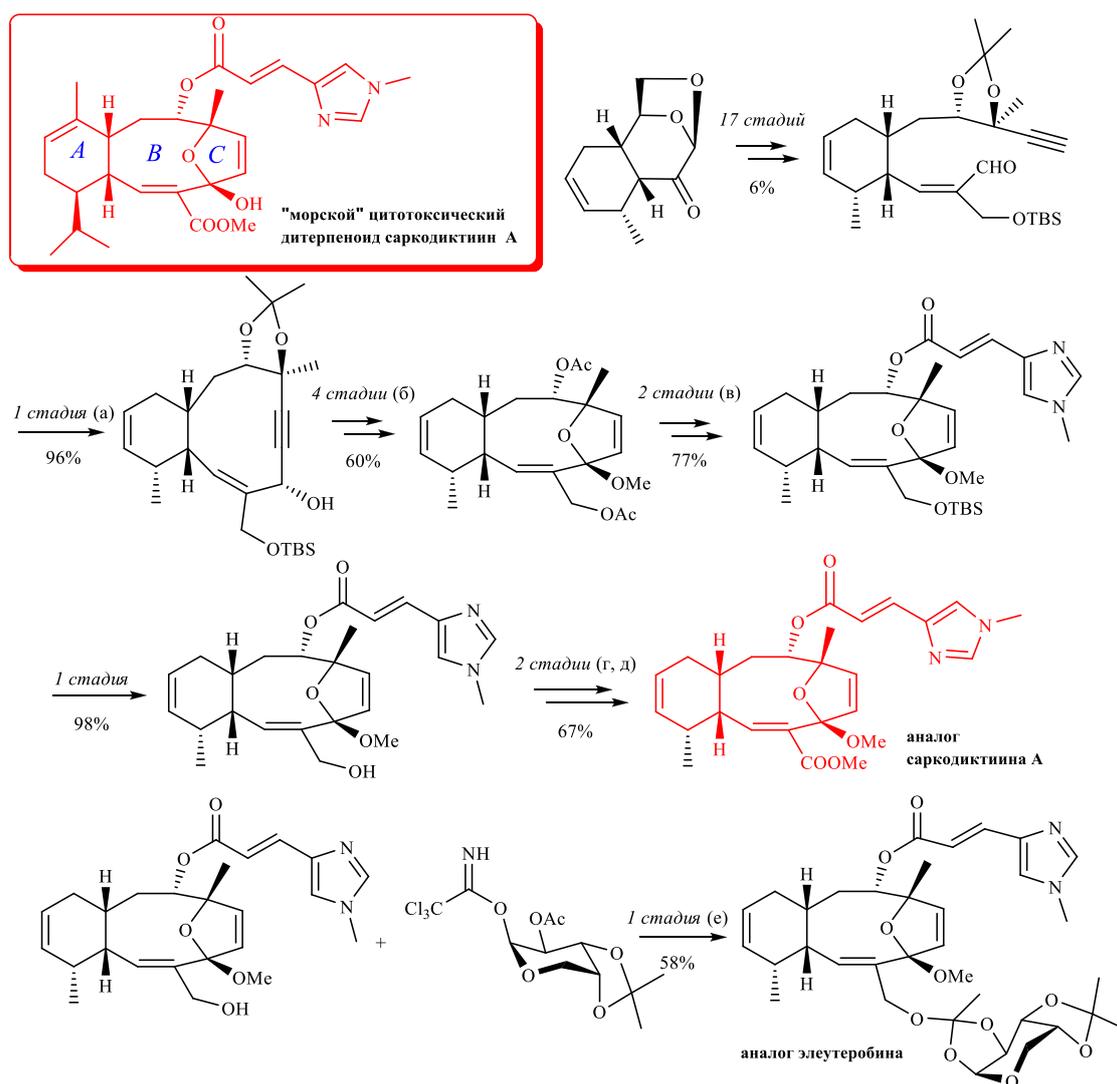
30. Исходя из хирального лактондиола Кори **2** разработана оригинальная схема синтеза высокоактивного против вируса гепатита В карбануклеозида Энтекавира **1** ( $ED_{50} = 3$  нМ; см. рис. ниже). Эффективность подхода обеспечивается получением в "one-pot" процедуре из (+)-**2** предшественника (+)-**4** ключевого экзометиленциклопентанового блока (+)-**5**. Суммарный выход (+)-**1** из лактона (+)-**2** составляет ~10%. Руководитель работы – профессор М.С. Мифтахов; отв.исп. – Н.С. Востриков, З.Р. Валиуллина, Н.А. Иванова, И.Ф. Лобко, В.А. Ахметьянова (Уфимский Институт химии РАН).



a) vinyl acetate, lipase,  $CH_2Cl_2$ , 3 days; b)  $C_6H_5CH_2OCH_2Cl$ ,  $i-Pr_2EtN$ ,  $Bu_4N^+I^-$ ,  $CH_2Cl_2$ ;  
 c)  $MeONa$ ,  $MeOH$ ,  $60^\circ C$ ; d)  $TBSCl$ , imidazole; e)  $H_2O$ ; f)  $Pb(OAc)_4$ ,  $Cu(OAc)_2$ ,  $Py$ ,  $C_6H_6$ ,  $80^\circ C$ ; g) 2-amino-6-chloropurine,  $DIAD$ ,  $PPh_3$ ,  $THF$ ; h)  $HCOOH$ ,  $60^\circ C$ .

*Mendeleev Commun.*, 26 (2016) 9-11.

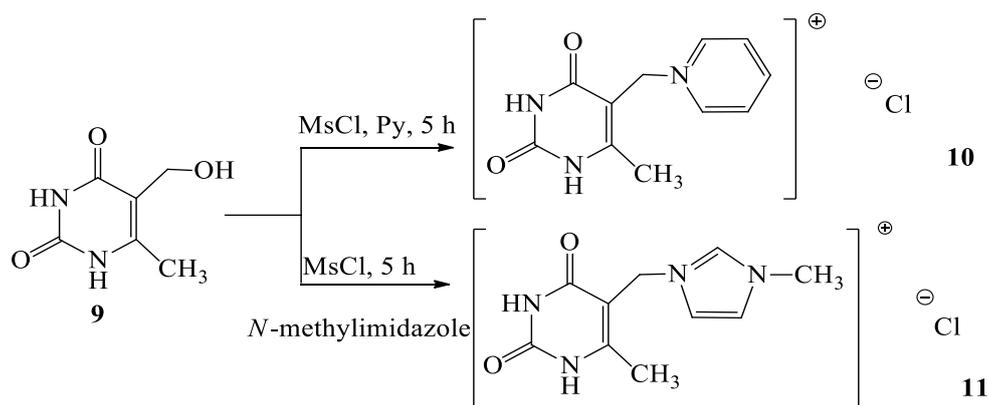
31. На основе аддукта Дильса-Альдера левоглюкозенона и пиперилена разработана схема 26-стадийного химического синтеза аналога "морского" цитотоксического саркодиктина А с 14-метилциклогексеновым циклом А, ключевой стадией которой является внутримолекулярная ацетилен-альдегидная конденсация в 10-членный карбоцикл боковых цепей при метилциклогексеновом ядре. Руководитель работы – д.х.н. Ф.А. Валеев; отв.исп. –Б.Т. Шарипов и А.А. Першин (Уфимский Институт химии РАН).



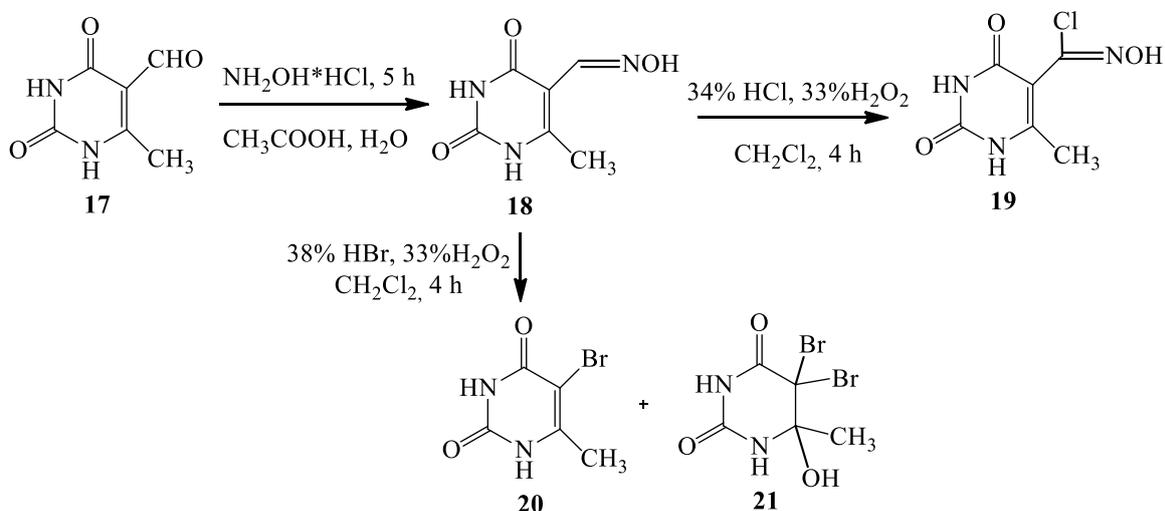
*ЖОрХ*, 52 (2016) 732-736, 985-988; *Бутлеровские сообщения*. 45 (2016)1-5.

32. Четвертичные аммонийные соли **10** и **11** получены с высокими выходами при взаимодействии 5-гидроксиметил-6-метилурацила (**9**) с MsCl и пиридином или *N*-метилимидазолом при комнатной температуре в течение 5 ч. Руководитель работы – академик М.С. Юнусов; отв.исп. – И.Б. Черникова;

исп. – Л.В. Спирихин, А.Н. Лобов (Уфимский Институт химии РАН).

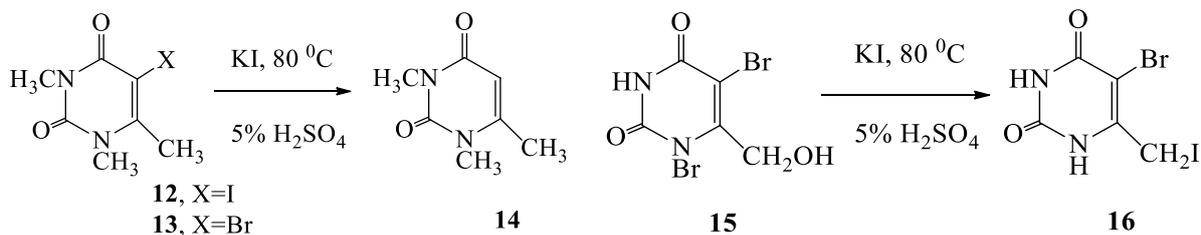


33. Взаимодействием 5-формил-6-метилурацила (**17**) с солянокислым гидроксиламином в воде получен 5-альдоксим-6-метилурацил (**18**), окислительное хлорирование которого приводит к хлорангидриду гидроксимовой кислоты **19**, а бромирование сопровождается *инсо*-замещением и образованием 5-бром- и 5,5-дибром-6-гидрокси-6-метилурацилов. Руководитель работы – академик М.С. Юнусов; отв.исп. – И.Б. Черникова (Уфимский Институт химии РАН).

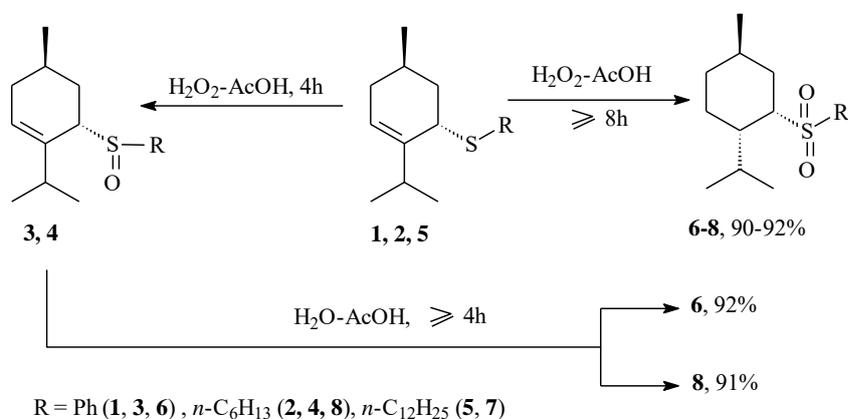


34. 1,3,6-Триметилурацил (**14**) получен в качестве единственного продукта при обработке 5-иод-1,3,6-триметилурацила (**12**) или 5-бром-1,3,6-триметилурацила (**13**) 5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в присутствии избытка KI при 80 °С в течение 5 часов (см. рис. ниже). Аналогичная обработка *N*-бром-5-бром-6-гидроксиметилурацила (**15**) дает смесь, основной компонент которой 5-бром-6-иодметилурацил (**16**). Руководитель работы – академик М.С. Юнусов; отв.

исп. – И.Б. Черникова; исп. – Л.В. Спирихин, М.Ф. Абдуллин (Уфимский Институт химии РАН).



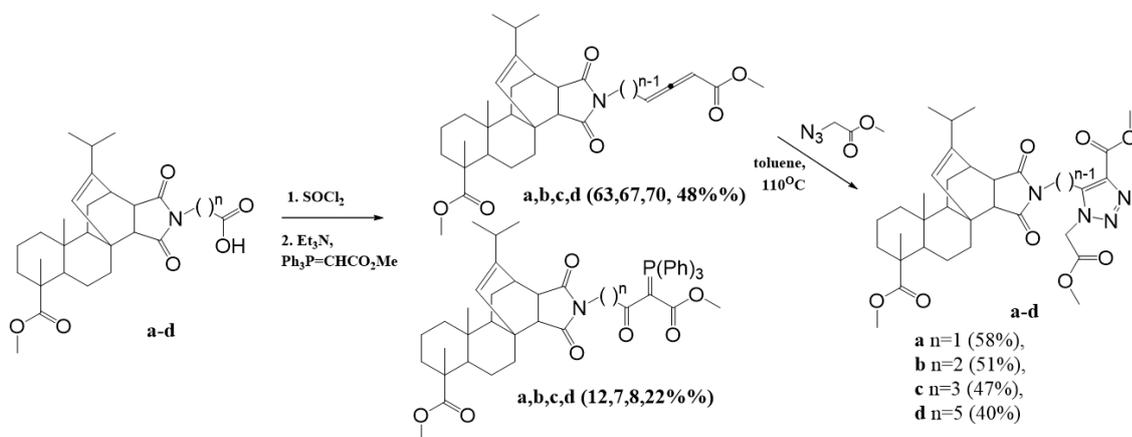
35. Обнаружено образование необычных продуктов – (1*S*,2*R*,4*R*)-(додецилсульфонил)- и (1*S*,2*R*,4*R*)-(гексилсульфонил)-1-изопропил-4-метилциклогексанов, 1-((1*R*,2*S*,5*R*)-2-изопропил-5-метилциклогексилсульфонил)бензола – в окислительных превращениях 3-ментеновых сульфидов в системе  $\text{H}_2\text{O}_2$ -AcOH. На основании квантово-химических расчетов в приближении B3LYP/6-31G(d,p) предложена схема трансформации ненасыщенных 3-ментеновых сульфоксидов в насыщенные сульфоны без участия окислителя (см. рис. ниже). Данная схема подтверждена экспериментально: образование насыщенных сульфонов из 3-ментеновых сульфоксидов наблюдается в водных растворах кислот в отсутствие  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Руководитель работы – профессор Г.Ю. Ишмуратов; исп. – М.П. Яковлева, Р.Р. Муслухов (Уфимский Институт химии РАН) совместно с Башкирским государственным университетом (Р.Ф. Талипов, И.В. Вакулин, В.С. Тухватшин, П.А. Паско).



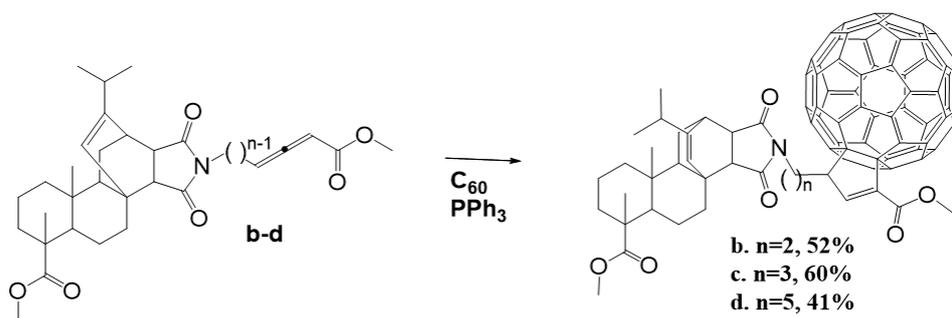
*Mendeleev Commun.*,  
26 (2016) 81-82.

36. Производные 1,2,3-триазолов являются весьма привлекательными соединениями в плане применения их для создания средств защиты, регуляторов роста растений и лекарственных препаратов. Нами впервые

получены производные 1,2,3-триазолов на основе метилового эфира малеопимаровой кислоты, представляющие интерес в качестве биологически активных веществ. Руководитель работы – академик М.С. Юнусов; отв. исп. – И.М. Сахаутдинов (Уфимский Институт химии РАН).

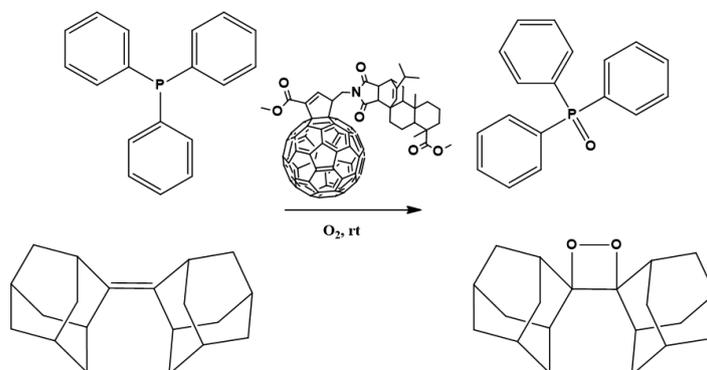


37. В результате [3+2] - присоединения алленоатов к фуллереновому каркасу синтезированы неописанные в научной литературе циклопентенофуллерены  $\text{C}_{60}$ , содержащие терпеновый фрагмент. Соединения отличаются хорошей растворимостью в типовых органических растворителях ( $\text{CH}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{CHCl}_3$ ,  $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ ,  $\text{CH}_3\text{COOEt}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$ ,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$ ). Руководитель работы – академик М.С. Юнусов; отв. исп. – И.М. Сахаутдинов (Уфимский Институт химии РАН).

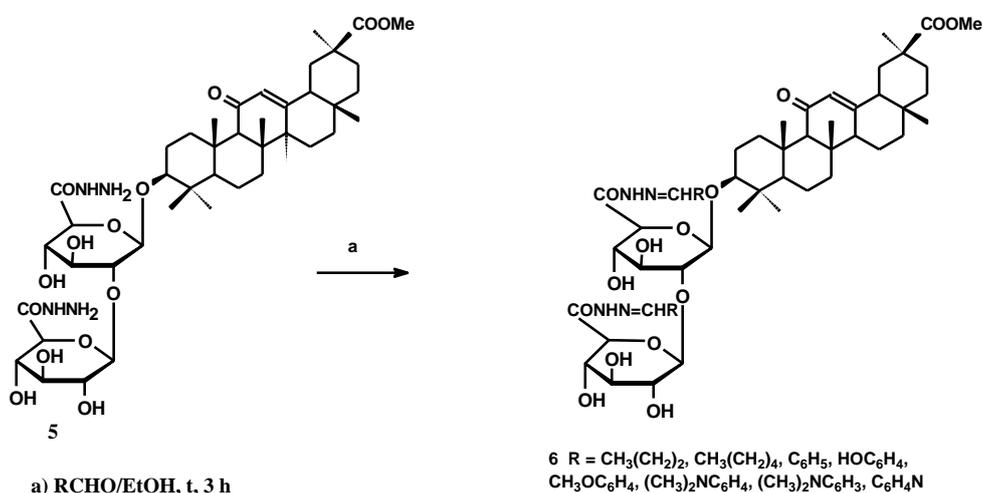


38. Обнаружено, что фуллерен  $\text{C}_{60}$  и его производные при дневном свете и комнатной температуре эффективные катализаторы окисления трифенилфосфина и адамантилиденадамантана кислородом воздуха. Многократное использование фуллерена и его конъюгатов не приводит к уменьшению их активности. На схеме указан лидер среди исследованных

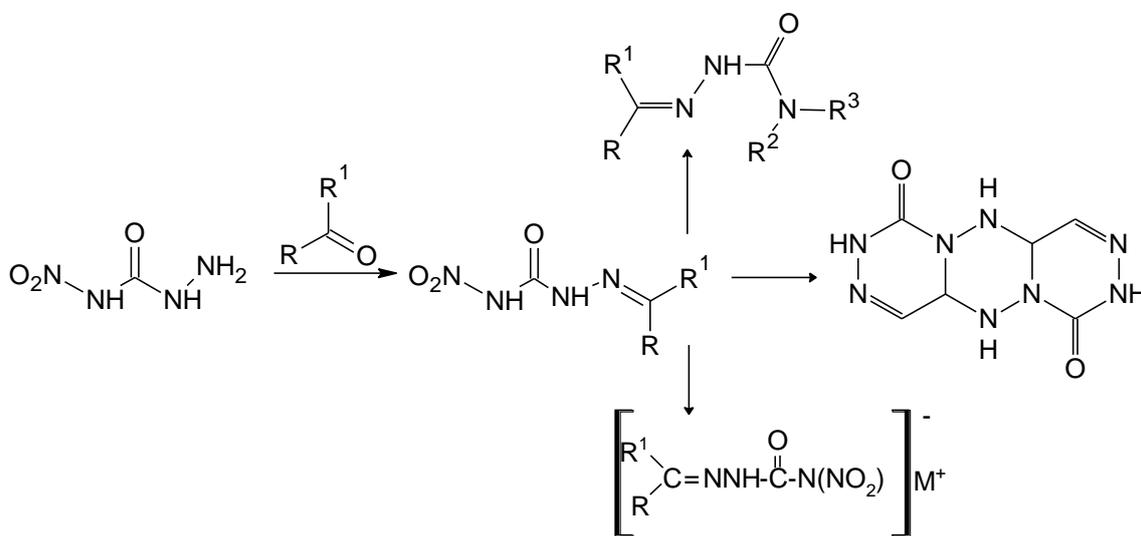
конъюгатов C<sub>60</sub>, полученный из N-малеопимаримид-β-аланина. Руководитель работы – академик М.С. Юнусов; отв.исп. –И.М. Сахаутдинов (Уфимский Институт химии РАН).



39. Глицирризиновая кислота (ГК) (**1**) - основной тритерпеновый сапонин корней солодки голой (*Glycyrrhiza glabra* L.) и уральской (*Gl. uralensis* Fisher) является лидирующим природным гликозидом, перспективным в качестве основы для конструирования новых противовирусных агентов. Проведены модификации ГК по карбоксильным группам углеводной цепи ГК с введением новых азотсодержащих групп. Реакцией дигидразида ГК **5** с ароматическими альдегидами в этаноле при кипячении синтезированы замещенные гидразидогидразоны (**6**) с выходами 80-85% (см. рис. ниже). Дигидразид ГК **5** показал выраженную противовирусную активность в отношении вируса гриппа А/Н1N1 в культуре клеток MDCK (EC<sub>50</sub> 2.6 мкг/мл, SI >38). Руководитель работы – д.х.н. Л.А. Балтина (Уфимский Институт химии РАН).

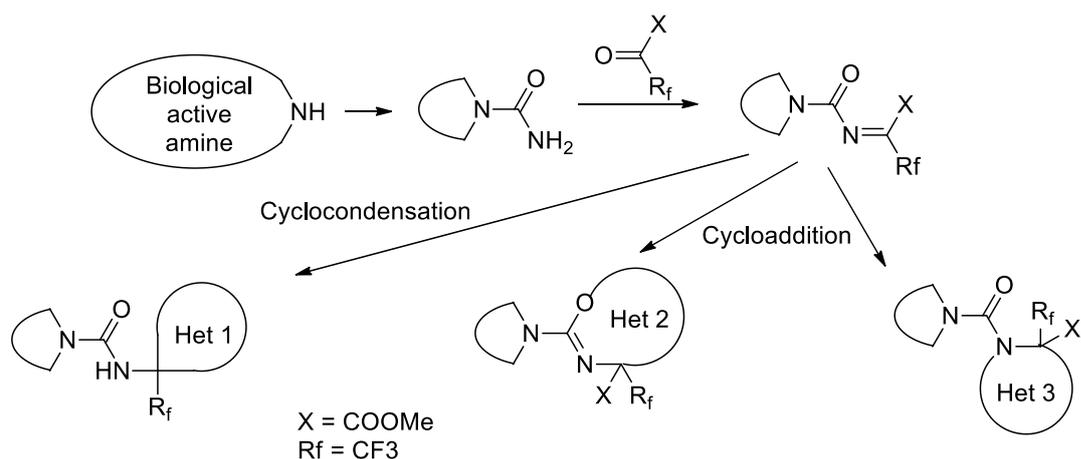


40. Разработан общий метод получения новых соединений класса N-нитросемикарбазонов конденсацией 4-нитросемикарбазида и его производных с альдегидами и кетонами. Методом one-pot трансформации N-нитросемикарбазон глиоксаля синтезирован первый представитель ряда гетеротрициклических соединений, ранее неизвестный, 2,3,5,6,9,10,12,13-октааза-4,11-диоксо-1,3,6,7,8,10,13,14-октагидроантрацен. Полученные соединения представляют интерес в качестве ценных синтонов для создания биологически активных и высокоэнергетических соединений. Руководитель работ – д.х.н. С.Г. Ильясов (Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН).

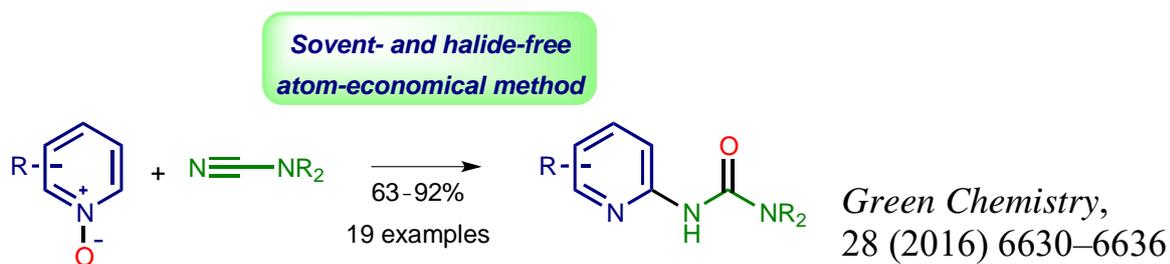


*Изв. АН. Сер. Хим., (2016) 550.*

41. Предложен оригинальный синтетический алгоритм модификации N,N-замещенных мочевины пяти- и шестичленными гетероциклическими, в том числе фторсодержащими заместителями семи структурных типов. Для модификации N,N-замещенных мочевины по экзоциклическому и эндоциклическому атомам азота нами введены в синтетическую практику новые высокоэлектрофильные реагенты – карбамоилимины метилтрифторпирувата, дальнейшее детальное изучение превращений которых, несомненно, будет представлять самостоятельную задачу в области фторорганической химии. Руководитель работы - к.х.н. В.Б. Соколов (Институт физиологически активных веществ РАН).

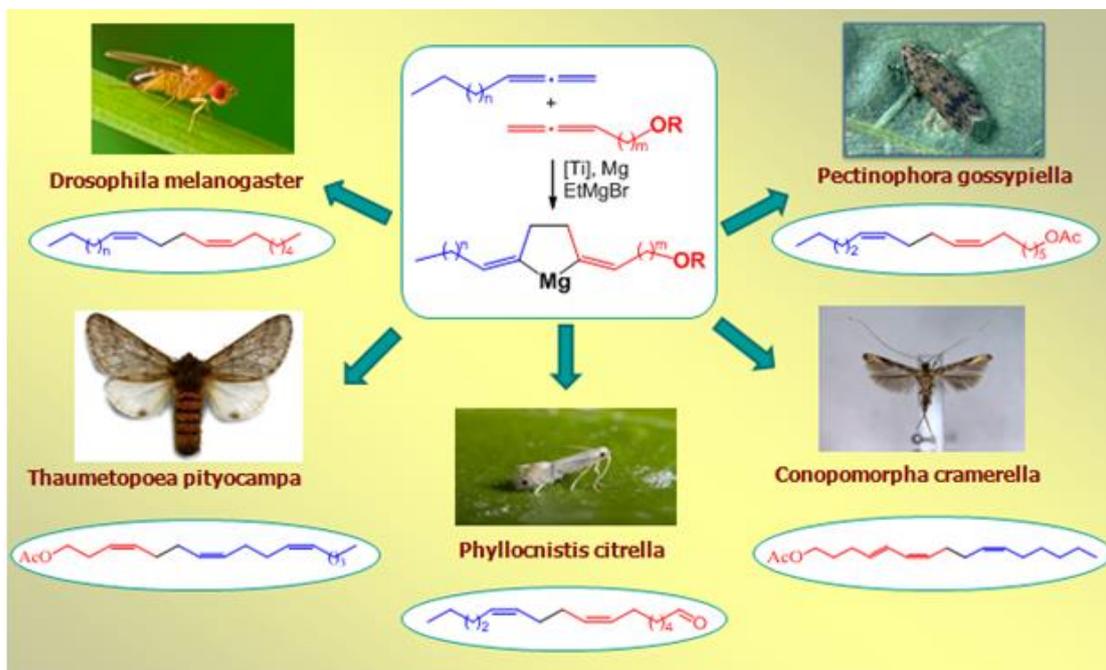


42. Разработан новый атом-экономичный безхлорный способ синтеза 2-пиридил замещённых мочевины, заключающийся в реакции пиридиноксидов с цианамидами (см. рисунок ниже). Руководитель работы – чл.-корр. В.Ю. Кукушкин (Санкт-Петербургский государственный университет и Институт высокомолекулярных соединений РАН).



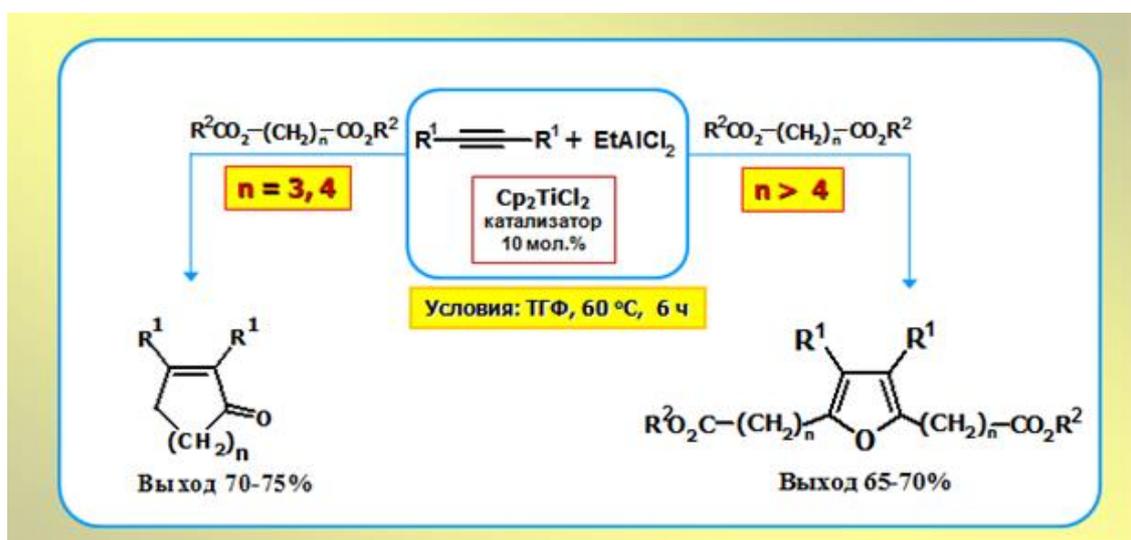
43. В продолжение исследований по изучению областей приложения разработанных в лаборатории новых фундаментальных реакций каталитического циклометаллирования непредельных соединений впервые показано, что реакции каталитического цикломагнирования 1,2-диенов являются удобным инструментом для стереоселективного построения соединений, содержащих в своей структуре 1*Z*,5*Z*-диеновые фрагменты и могут быть с успехом использованы при разработке препаративных методов синтеза феромонов насекомых. Так, с применением на ключевой стадии синтеза кросс-цикломагнирования алифатических 1,2-диенов с *O*-содержащими алленами, взятых в соотношении 1.2:1 в условиях (Et<sub>2</sub>O, 20–22°C, 4ч) разработаны стереоселективные методы получения гексадека-7*Z*,11*Z*-диен-1-оля - компонента феромонов минирующей моли цитрусовых

растений *Phyllocnistis citrella*, гексадека-7Z,11Z-диен-1-ил ацетата - аттрактанта розового коробочного червя хлопчатника *Pectinophora gossypiella*, пентакоза-7Z,11Z-диен и нонакоза-7Z,11Z-диена - аттрактантов плодовой мухи *Drosophila melanogaster* с высокими выходами (60-75%), представляющих исключительный интерес для сельского хозяйства для борьбы с вредителями сельскохозяйственных и декоративных растений. Руководитель работ – чл.-корр. РАН У.М. Джемилев; исп. - д.х.н. В.А. Дьяконов (Институт нефтехимии и катализа РАН).



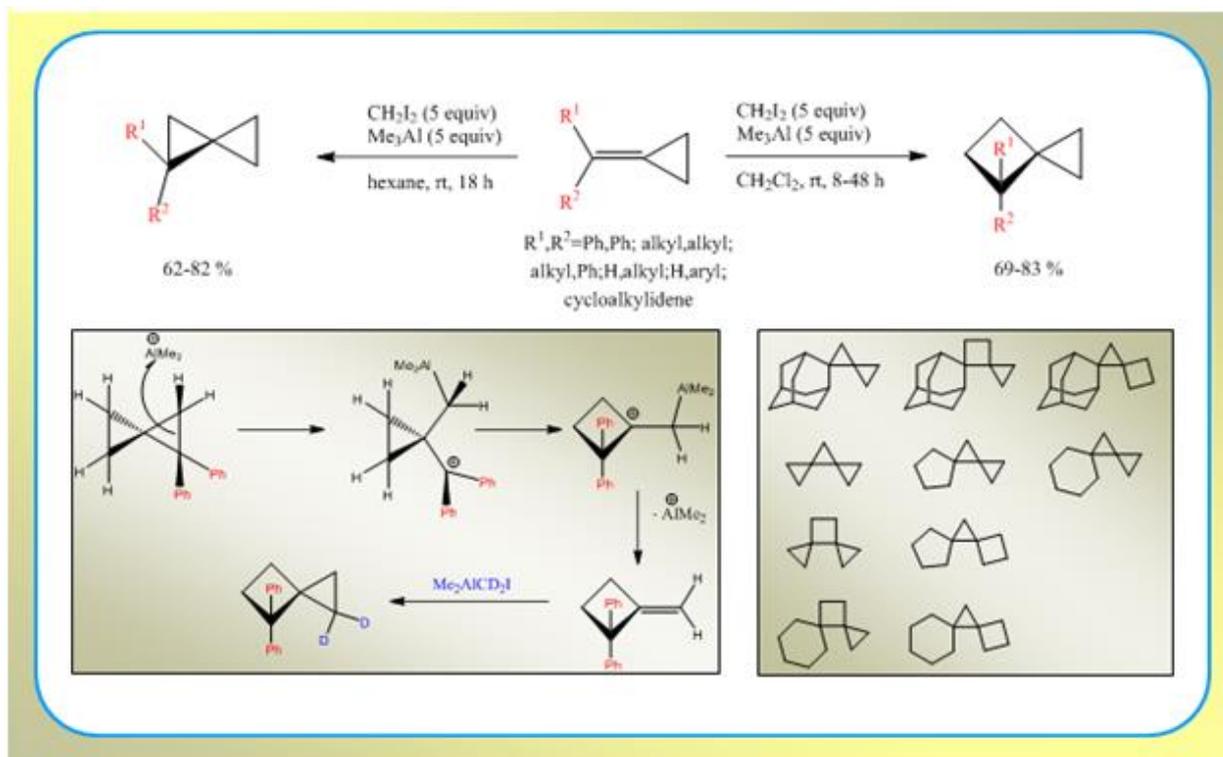
44. Впервые осуществлены реакции симметричных и несимметричных алкинов с  $\text{EtAlCl}_2$  и эфирами  $\alpha,\omega$ -дикарбоновых кислот под действием катализатора  $\text{Cr}_2\text{TiCl}_2$  (5 мол.%) в условиях ( $60^\circ\text{C}$ , 6 ч., ТГФ) с получением замещенных фуранов. Установлено, что замещенные алкины, в выбранных условиях, в реакциях с эфирами дикарбоновых кислот с длиной углеводородной цепи между карбоксильными группами более четырех  $\text{CH}_2$ -групп (эфиры пимелиновой, пробковой и азелаиновой кислот) селективно образуют 2,5-дизамещенные фураны с высокими выходами (65-80%). В опытах с эфирами глутаровой и адипиновой кислот образуются преимущественно циклические C7-C8 кетоны - 2,3-диалкилциклогепт(окт)-2-ен-1-оны. Разработанные реакции алкинов с эфирами  $\alpha,\omega$ -дикарбоновых

кислот и  $\text{EtAlCl}_2$ , катализируемые  $\text{Cr}_2\text{TiCl}_2$ , открывают новые перспективы однореакторного синтеза труднодоступных замещенных фуранов, а также семи- и восьмичленных непредельных карбоциклических кетонов. Последующие трансформации полученных замещенных фуранов и непредельных цикланонов создают реальную предпосылку для синтеза новых классов прекурсоров, представляющих интерес в качестве потенциальных биологически активных соединений для разработки нового поколения современных противовирусных и антибактериальных препаратов. Руководитель работ – чл.-корр. РАН У.М. Джемилев; исп. - к.х.н. Л.О. Хафизова (Институт нефтехимии и катализа РАН).



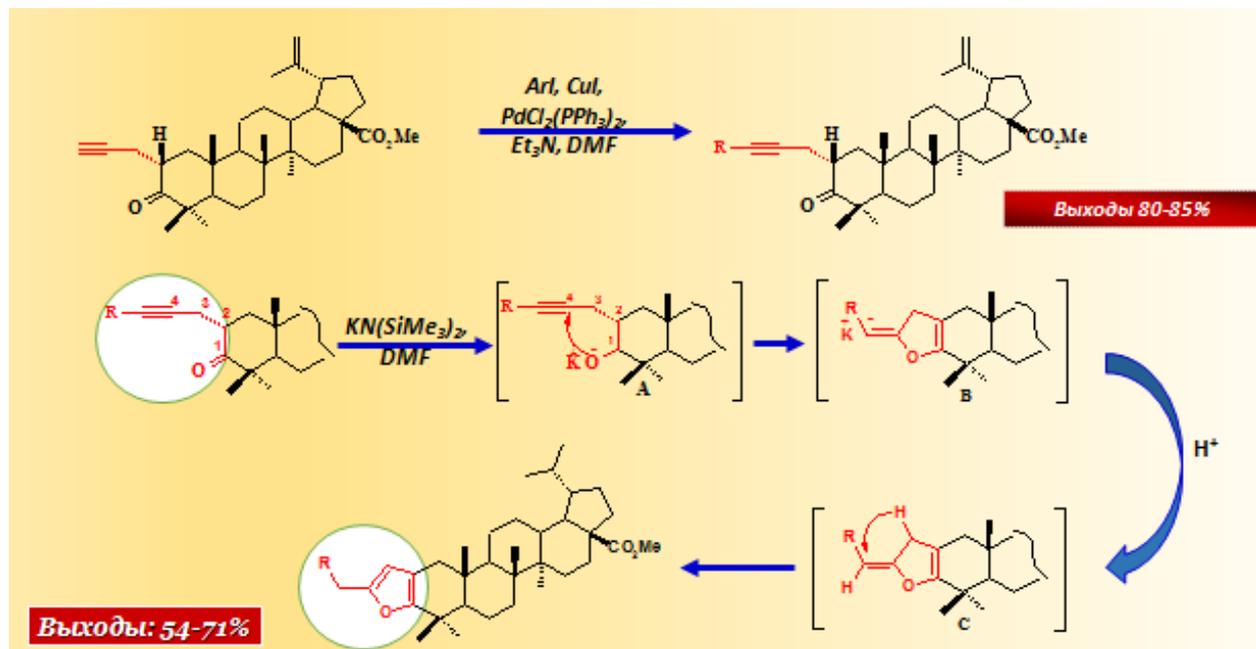
45. Впервые установлено, что при взаимодействии алкилиденциклопропанов с 5-мольными эквивалентами  $\text{Me}_3\text{Al}$  и  $\text{CH}_2\text{I}_2$  в условиях (гексан, 40°C, 12ч) образуются замещенные спиро[2.2]пентаны с высоким выходом (62-82%). При замене гексана на  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  направление реакции изменяется и образуются исключительно спиро[2.3]гексаны. Изучено превращение спиро[2.2]пентанов в спиро[2.3]гексаны с использованием  $\text{CD}_2\text{I}_2$  и предложен механизм реакции, заключающийся в образовании (1-метилциклопропил)карбониевого катиона и его перегруппировке в 1-метилциклобутильный катион. Обнаруженное нами превращение спиро[2.2]пентанов в спиро[2.3]гексаны представляет собой первый пример расщепления углерод-углеродной связи в спиропентанах под

действием непреходных металлов. Руководитель работ – чл.-корр. РАН У.М. Джемилев; исп. - д.х.н. И.Р. Рамазанов (Институт нефтехимии и катализа РАН).

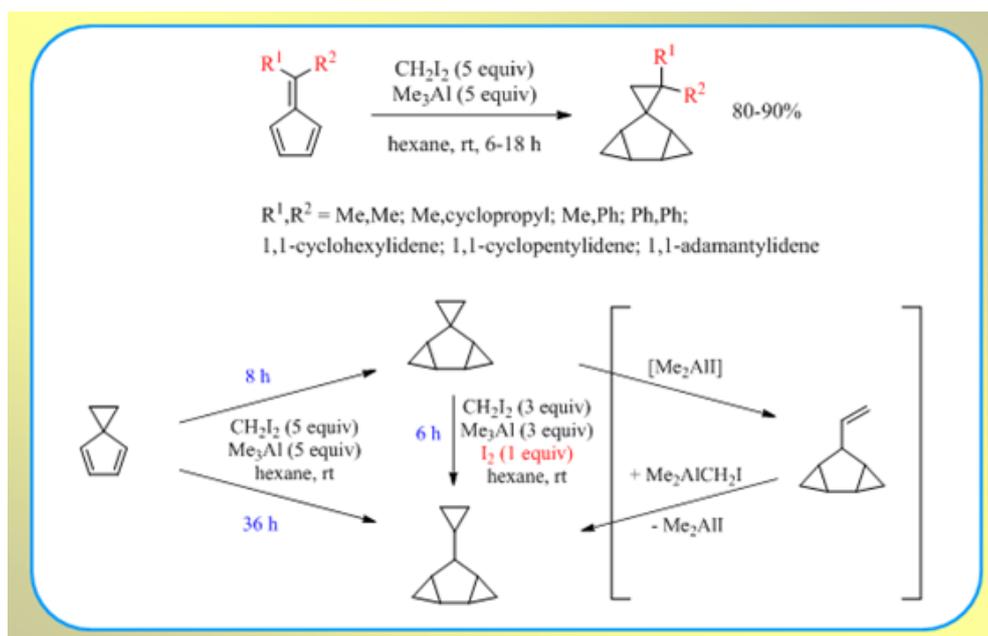


46. Разработана эффективная стратегия для синтеза новых фурансодержащих пентациклических тритерпеноидов лупанового, урсанового и олеанового ряда, в которых фурановый гетероцикл аннелирован к тритерпеноидному ядру в 2,3-позициях. Синтез основан на промотируемой супероснованиями (гексаметилдисилазид калия или третбутилат калия в диметоксиэтаноле) 5-экзо-диг циклизации 4-ин-1-он фрагмента в кольце А доступных 2-алкинильных производных 3-оксотритерпеновых кислот. В гетероциклизацию успешно вовлечены 2-алкинильные производные тритерпеноидов с терминальной и внутренней арилзамещенной ацетиленовой группой, которые синтезированы с высоким выходом реакцией Соногаширы из 2-пропаргильных производных бетулоновой, урсановой и олеановой кислот. Разработанный подход открывает новые возможности для синтеза большой группы биологически перспективных гетероциклов тритерпеновой структуры: пирролов, фуранов, алкилиден тетрагидрофуранов и пиранов. Руководитель работ – к.х.н., с.н.с.

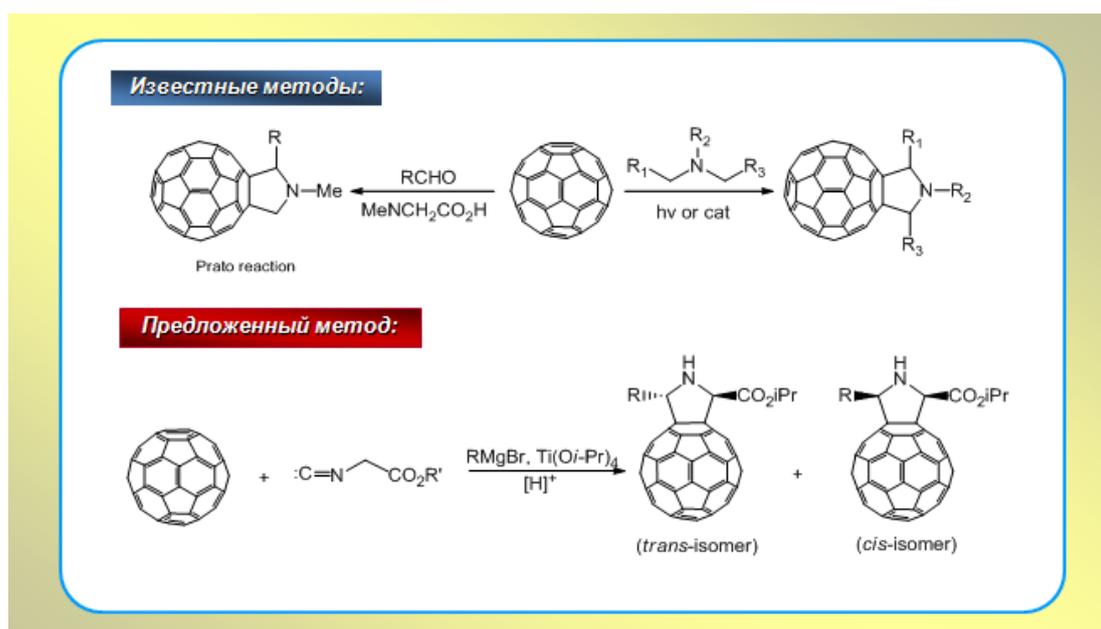
А.Ю. Спивак; исп. - к.х.н. Р.Р. Губайдуллин (Институт нефтехимии и катализа РАН).



47. Впервые обнаружено, что карбеноиды алюминия, генерируемые *in situ* при взаимодействии  $\text{CH}_2\text{I}_2$  с  $\text{Et}_3\text{Al}$ , могут быть с успехом использованы для получения полициклопропановых соединений из замещенных фульвенов. Установлено, что компланарное расположение двойных связей в исходных непредельных соединениях способствует повышению их реакционной способности по отношению к карбеноиду алюминия. Известные и широко применяемые на практике циклопропанирующие агенты на основе карбеноида цинка и  $\text{CH}_2\text{N}_2/[\text{Pd}]$  проявляют существенно меньшую активность в реакции циклопропанирования фульвенов. Так, например, взаимодействие карбеноидов алюминия со спиро[2.4]гепта-4,6-диеном приводит к получению продукта двойного циклопропанирования с количественным выходом. Впервые обнаружена перегруппировка соединений, содержащих спиропентановый фрагмент, в бис-циклопропановые производные, проходящая под действием солей алюминия. Руководитель работ – чл.-корр. РАН У.М. Джемилев; исп. - д.х.н. И.Р. Рамазанов (Институт нефтехимии и катализа РАН).



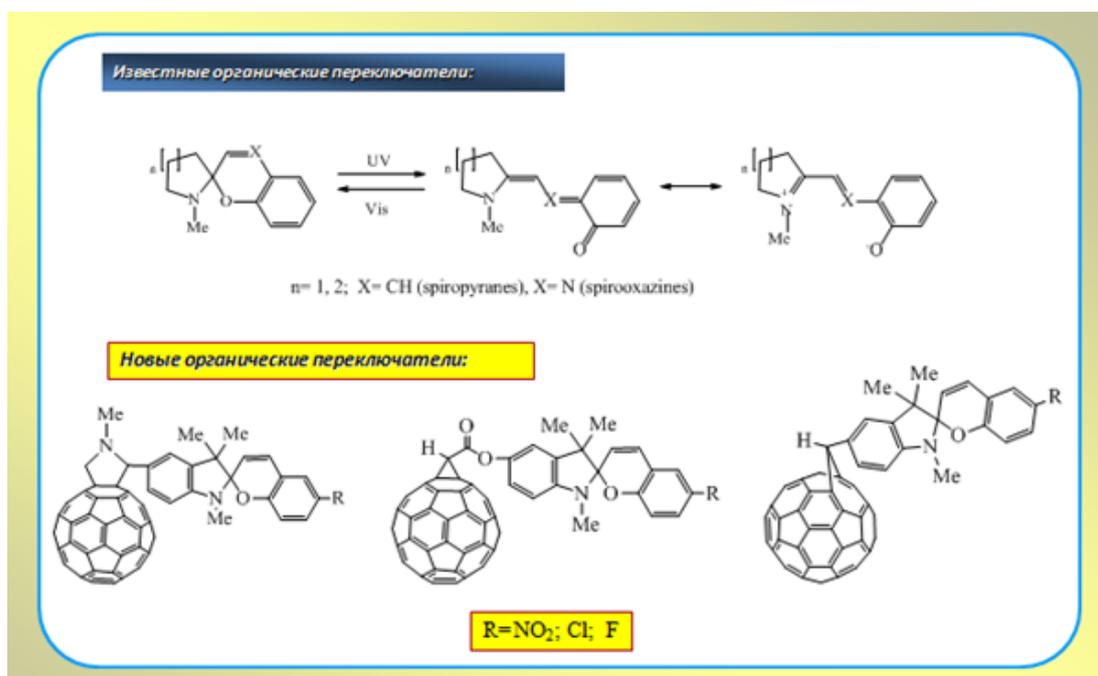
48. Предложен новый эффективный одnoreакторный метод синтеза ранее труднодоступных функциональнoзамещенных пирролидинофуллеренов, основанный на реакции фуллерена  $\text{C}_{60}$  с  $\alpha$ -изоцианоацетатами и реагентами Гриньяра в присутствии катализатора  $\text{Ti}(\text{OiPr})_4$ . Установлено, что структура синтезируемых пирролидинофуллеренов напрямую зависит от строения исходных изоцианоацетатов, реагентов Гриньяра и лигандного окружения Ti-катализатора.



Разработанная реакция демонстрирует эффективное решение проблемы получения важных функциональнoзамещенных пирролидинофуллеренов, что создает перспективы для разработки на основе упомянутых выше

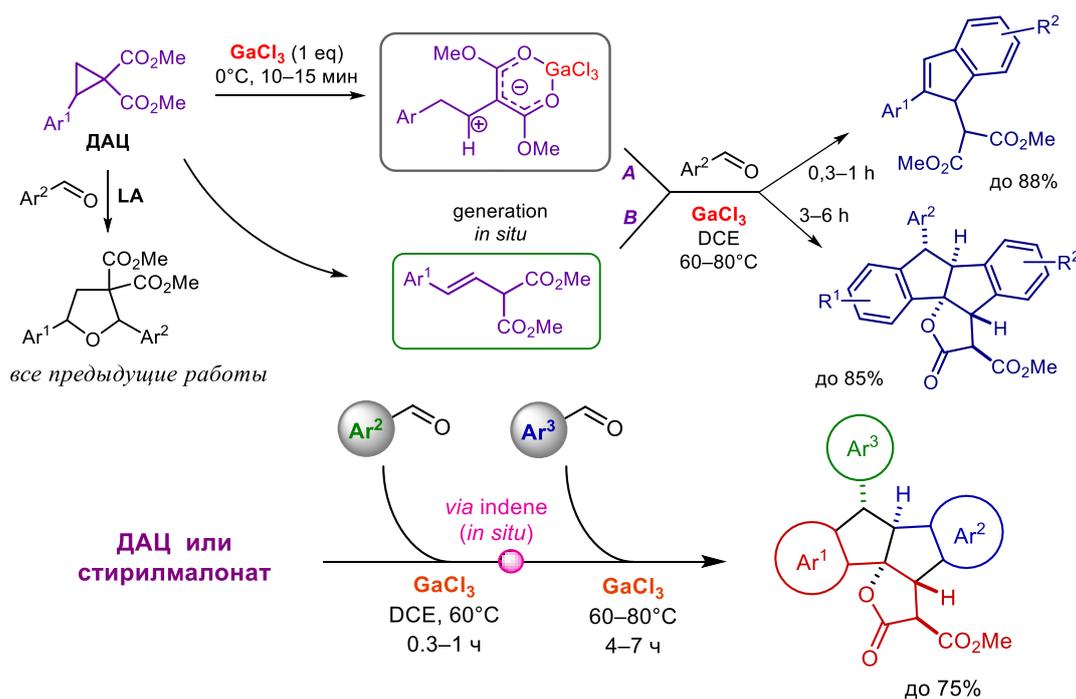
производных фуллеренов промышленно перспективных материалов с полезными свойствами. Руководитель работ – чл.-корр. РАН У.М. Джемилев; исп. – д.х.н. А.Р. Туктаров (Институт нефтехимии и катализа РАН).

49. В развитие работ, направленных на создание светорегулируемых органических полевых транзисторов, перспективных в качестве элементов оптической трехмерной памяти и суперкомпьютеров, впервые синтезированы гибридные молекулы на основе фуллерена C<sub>60</sub> и фотохромных соединений - дитиенилэтены и спиропираны. Полученные гибридные соединения характеризуются хорошим фотохромизмом, более высокой устойчивостью к необратимым фотопревращениям и термической стабильностью изомерных форм в отличие от исходных субстратов, а также более яркой фотолюминесценцией, что открывает перспективы применения таких гибридных молекул в качестве активного слоя органических полевых транзисторов и фотопреобразователей солнечной энергии, элементов оптической памяти. Руководитель работ – чл.-корр. РАН У.М. Джемилев; исп. – д.х.н. А.Р. Туктаров (Институт нефтехимии и катализа РАН).



50. Разработана новая стратегия каскадной сборки замещенных инденилмалонатов и полициклических лактонов путем взаимодействия 2-арилциклопропан-1,1-дикарбоксилатов или изомерных стирилмалонатов с

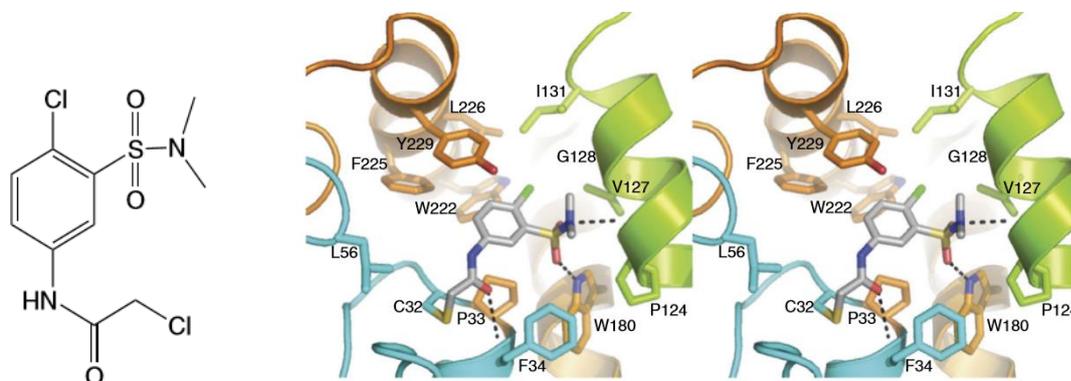
ароматическими альдегидами под действием галогенидов галлия (см. рис. ниже). Использование последних позволяет кардинально изменить направление процесса, в котором движущей силой обнаруженных трансформаций является генерирование не 1,3-, а 1,2-цвиттер-ионов за счет комплексообразования дикарбоксилатных групп с  $\text{GaX}_3$ . Данная методология позволяет в одну синтетическую стадию из доступных исходных соединений создавать инденилмалонаты или индано[1',2':2,3]индано[2,1-b]фураноны за счет реакции со второй молекулой альдегида — структурные фрагменты многих природных соединений, — причем с высокой регио- и диастереоселективностью. Руководитель работы - профессор Ю.В. Томилов; исп. – к.х.н. Р.А. Новиков, асп. Д.Д. Борисов (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН).



*Angew. Chem. Int. Ed.* 55 (2016) 12233–12237.

51. С целью создания соединений, уменьшающих устойчивость раковых клеток к лекарственным препаратам, синтезирована широкая серия новых хлорацетамид-содержащих эффективных низкомолекулярных ингибиторов глутатион s-трансферазы Омега 1 (GSTO1) и проведено изучение клеточных функций с их участием. Установлена кристаллическая структура GSTO1 в комплексе с ингибиторами, что позволяет рационально проектировать эти

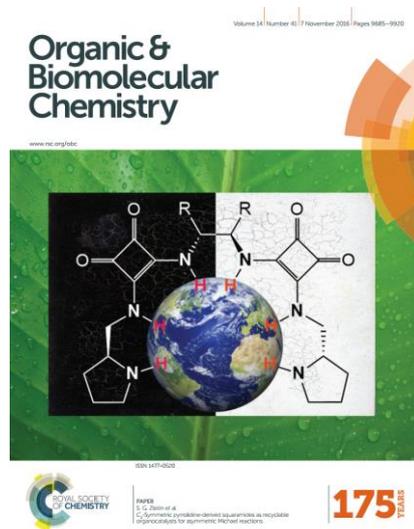
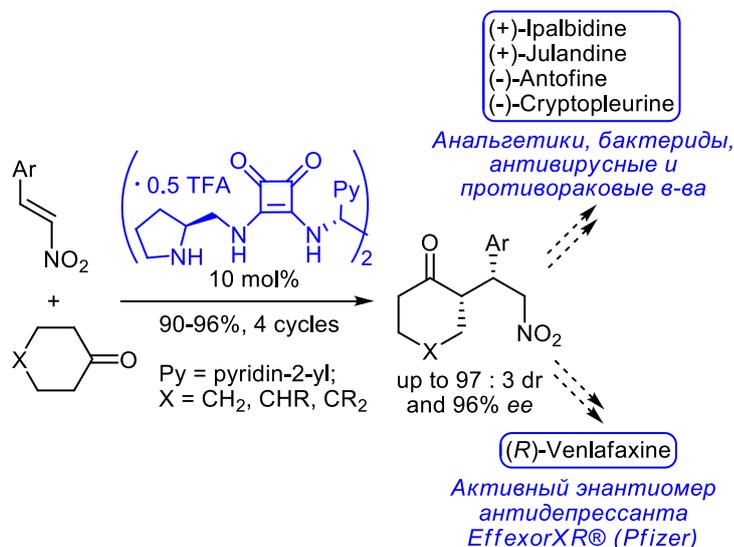
ингибиторы, эффективно снижающие резистентность опухолевых клеток к лекарственным средствам. Руководитель работы - профессор В.Н. Яровенко (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН) совместно с университетом Мичигана (США).



*Nature Communications* 7 (2016) 13084, DOI: 10.1038/ncomms13084

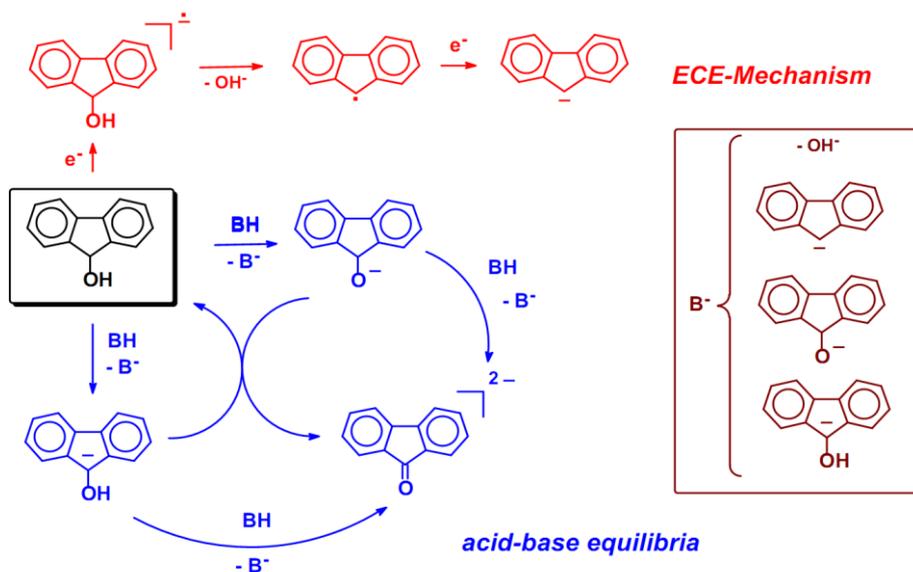
52. Исходя из доступных хиральных 1,2-диаминов и эфира квадратной кислоты синтезированы новые пирролидин-содержащие соли бис-амидов этой кислоты в которых амидные фрагменты связаны между собой C2-симметричными спейсерными группами. В сочетании с триэтиламиноном, они эффективно катализируют асимметрические реакции 6-членных циклических кетонов с  $\beta$ -нитростиролами, приводящие к соответствующим аддуктам Михаэля с высокими выходами (90-96%) и отличной диастерео- (до 97:3) и энантиоселективностью (до 96% *ee*). Таким путем получены непосредственные предшественники ценных биологически активных веществ, в частности, алкалоидов (+)-Ипалбидин, (+)-Джуландин, (-)-Антофин и (-)-Криптоплеурин, обладающих анальгетическими, антибактериальными, противовирусными и противораковыми свойствами, и антидепрессанта нового поколения Венлафаксин. Важно, что разработанный метод позволяет синтезировать наиболее активный (*R*)-энантиомер Венлафаксина (рацемическая форма препарата выпускается в настоящее время фирмой Pfizer под торговой маркой EffexorXR®). Реакции легко масштабируются. Катализатор может быть использован многократно. Руководитель работы — профессор С.Г. Злотин; отв. исп. - к.х.н. А.С.

Кучеренко (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского) совместно с РХТУ им. Д.И. Менделеева.



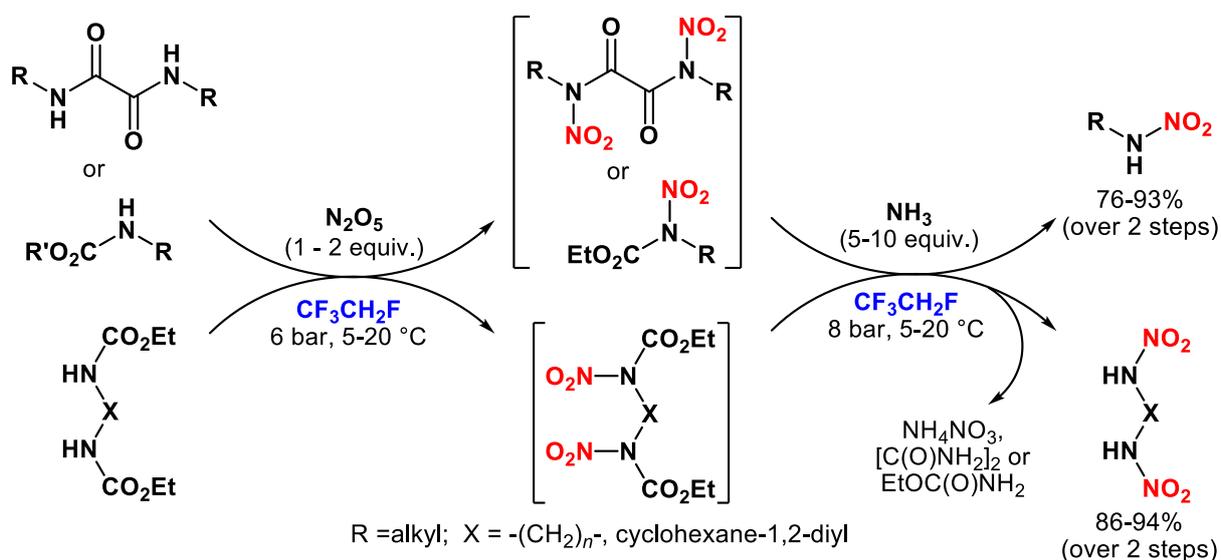
*Org. Biomol. Chem.*, 2016, 14, 9751-9759

53. Установлено, что электровосстановление арилпроизводных метанола сопровождается разрывом связи С-ОН в их анион-радикалах и образованием моно- и дианионов, участвующих в протолитических равновесиях (схема). Предложен индекс, связывающий степень смещения равновесия в сторону образования дианиона с потенциалом образования дианионов соответствующих карбонилпроизводных. Руководитель работы – д.х.н. А.С. Мендкович; отв. исп. - к.х.н. М.А. Сыроешкин (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН) совместно с ЯрГУ им. П.Г. Демидова.



*Electrochimica Acta* 191 (2016) 962–973

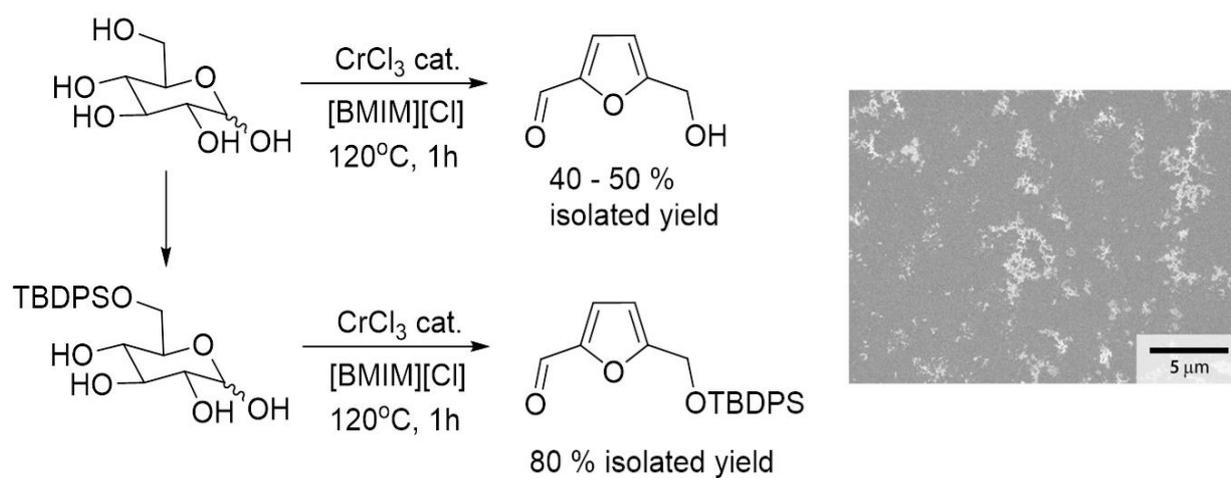
54. Разработан эффективный одnoreакторный метод синтеза первичных алифатических *N*-нитраминов, основанный на нитровании доступных *N,N'*-диалкилоксамидов или *N*-алкилкарбаматов пятиокисью азота в среде 1,1,1,2-тетрафторэтана (ТФЭ) и последующем аммонолизе образующихся *N*-нитрамидов без выделения в том же растворителе. Суммарные выходы искомым *N*-нитраминами на обе стадии достигают 94%. Метод отличается простотой выделения продуктов (декомпрессия) и экологической чистотой. Единственными побочными продуктами являются нитрат аммония и этилкарбамат или оксамид, которые можно использовать в сельском хозяйстве как азотные удобрения. Газообразный ТФЭ может быть вновь сжижен (как это происходит в холодильных установках) и использован в реакции. Такая рециклизация не приводит к значительным энергозатратам. С практической точки зрения метод открывает перспективный и приемлемый для промышленности путь к получению высокоэнергетических материалов, содержащих *N*-нитраминные группы. Руководитель работы - профессор С.Г. Злотин (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского) совместно с Институтом элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН.



*Synthesis*, 49 (2017) 1103-1108; Заявки на патенты РФ 2016112859 и 2016112861.

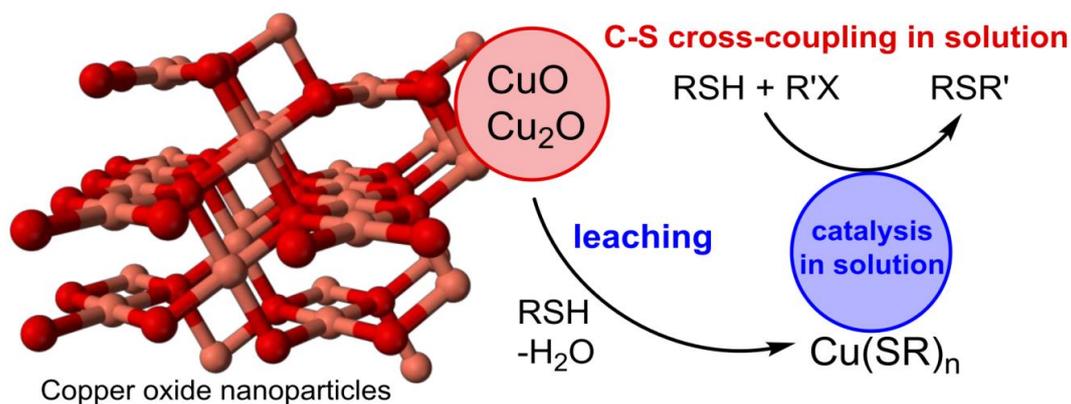
55. Впервые проведено прямое микроскопическое детектирование самоорганизующихся микро-размерных и нано-размерных водных структур. Методом динамической микроскопии определены фундаментальные

характеристики и морфологические параметры водных микрореакторов в режиме реального времени. На основе выполненного механистического исследования усовершенствован синтез и на 30% увеличен выход 5-гидроксиметилфурфузола (5-НМФ) - признанного соединением-платформой для химической промышленности будущего. Руководитель работы — чл.-корр. РАН В.П. Анаников; отв. исп. – К.И. Галкин, А.С. Кашин (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН).



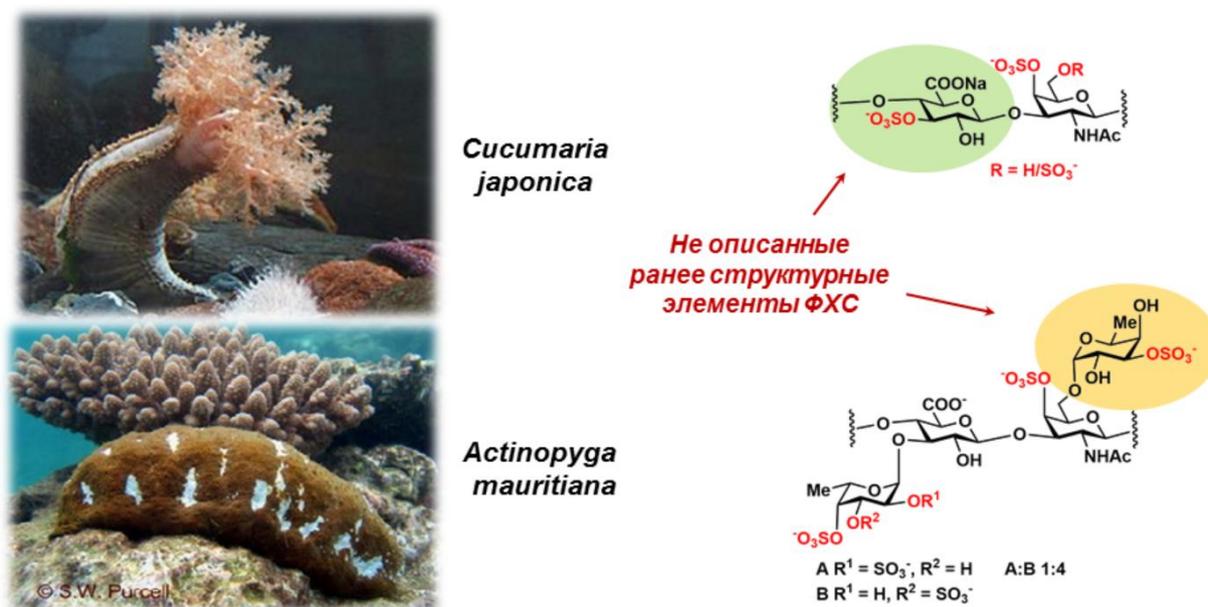
*Angew. Chem. Int. Ed.*, 55 (2016) 2161-2166 и 8338-8342.

56. Созданы экологические профили каталитических систем на основе комплексов и наночастиц металлов. Экологический профиль показывает, насколько токсичны могут оказаться комплексы или наночастицы металлов при попадании в окружающую среду. Обзор по созданию экологических профилей опубликован в журнале *Angewandte Chemie*. В качестве репрезентативного примера исследована каталитическая система C-S кросс-сочетания, катализируемый наночастицами оксида меди. Впервые обнаружено явление вымывания комплексов металлов в раствор с поверхности оксидного катализатора. Явления вымывания катализатора (leaching) в корне меняет сложившиеся представления о токсичности и экологической безопасности каталитических систем. Руководитель работы — чл.-корр. РАН В.П. Анаников; исп. - К.С. Егорова, И.С. Панова, А.С. Кашин (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН).



*Angew. Chem. Int. Ed.*, 55 (2016) 12150-12162; *ACS Catal.* 6 (2016) 3637-3643.

57. В развитие исследований структуры и биологической активности анионных природных полисахаридов (фукоиданов, фосфогликанов, хондроитинсульфатов) впервые проведён анализ структур сульфатированных полисахаридов из морских огурцов - фукозилированных хондроитинсульфатов (ФХС) – сильных антикоагулянтов, антитромботиков и противовоспалительных агентов. Обнаружены не известные ранее структурные элементы для данной группы биополимеров.

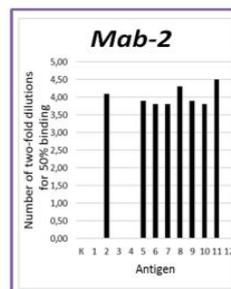
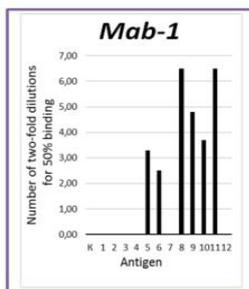
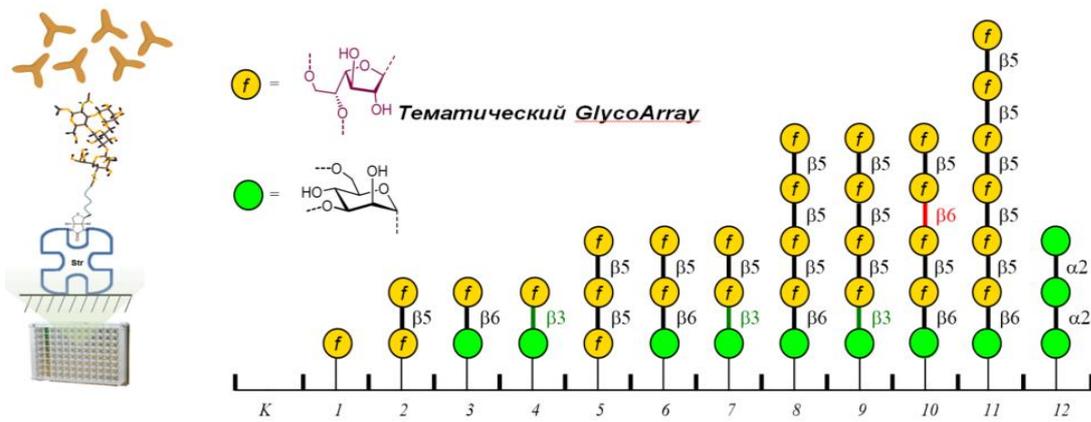
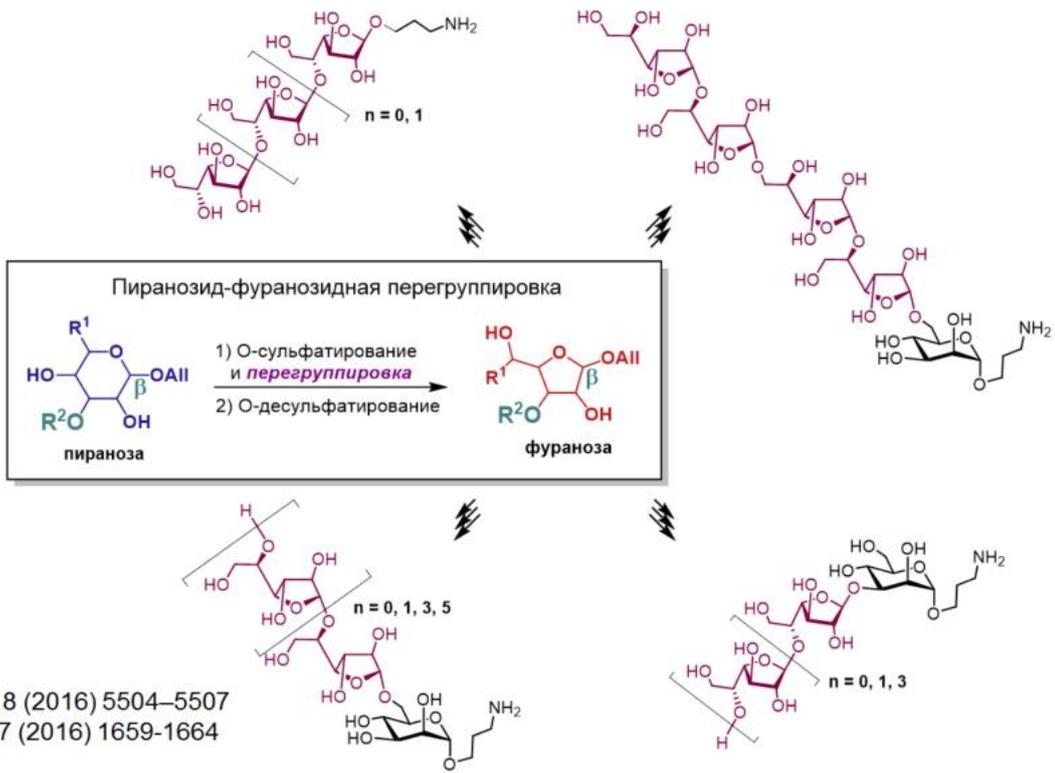


*Carbohydr. Polym.* 153(2016)399-405; (2017) *in press*; *Glycobiology*, 26 (2016) 449-459.

Так, в ФХС из тропической голотурии *Actinopyga mauritiana* обнаружено боковое ответвление от главной цепи в виде остатка 3-О-сульфатированной альфа-L-фукозы, присоединенного к О-6 остатка галактозамина. В ФХС

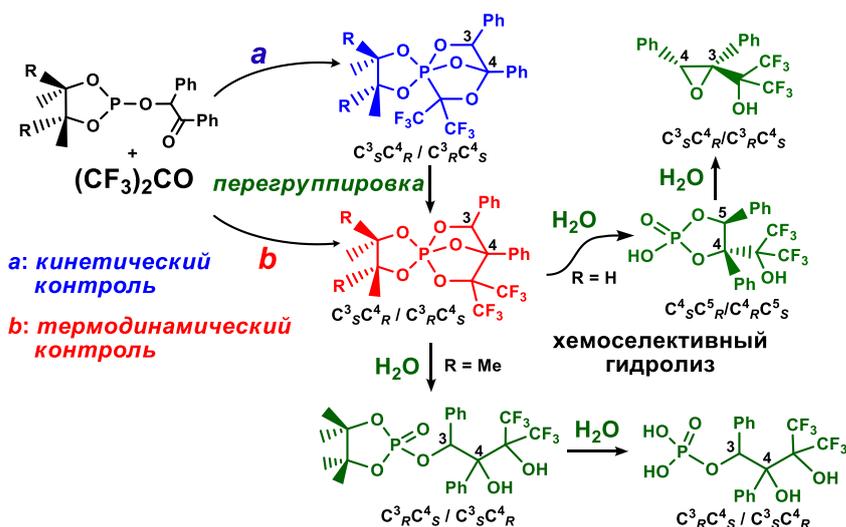
голотурии *Cicumaria japonica* найдено 3-О-сульфатированное глюкуроновое звено в основной цепи. Исследованные полисахариды представляют интерес для изучения взаимосвязи структуры и биологической активности в ряду ФХС и выявления фармакофорных фрагментов, что может составить основу для разработки новых типов лекарств. Руководитель работ - чл.-корр. РАН Н.Э. Нифантьев; отв. исп. - к.х.н. Н.Е. Устюжанина, профессор А.И. Усов и профессор А.С. Шашков; исп. – к.х.н. М.И. Билан, к.х.н. А.С. Дмитрёнок, к.х.н. Д.З. Винницкий, к.х.н. Е.А. Цветкова, ст. Е.Ю. Бородина (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН) совместно с Тихоокеанским институтом биоорганической химии им. Г.Б. Елякова ДВО РАН

58. С использованием предложенной в ИОХ РАН пиранозид-фуранозидной перегруппировки, синтезирована широкая группа спейсерированных олигосахаридных лигандов, структурно родственных галактоманнану *Aspergillus fumigatus* – патогена, вызывающего опасное заболевание аспергиллёз. Из лигандов далее были получены конъюгаты с белками-носителями и биотином. В ИХБФМ СО РАН (лаборатория профессора Н.В. Тикуновой) проведены иммунизации лабораторных животных белковыми конъюгатами, а затем с помощью специальных методов получены моноклональные антитела. В биохимическом модуле ИОХ РАН синтезированные биотинилированные гликоконъюгаты были нанесены на стрептавидиновые планшеты для иммуноферментного анализа (ИФА), с помощью которых был проведён скрининг субстратной специфичности моноклональных антител, а также идентифицированы фрагменты олигосахаридов, содержащие эпитопы. Отобраны антитела для создания сэндвичевого ИФА-диагностикума для обнаружения галактоманнана *Aspergillus fumigatus*, который отсутствует на российском рынке медтехники, но остро необходим для проведения диагностики и обнаружения указанного патогена. Руководитель работы - чл.-корр. РАН Н.Э. Нифантьев; отв. исп. - к.х.н. В.Б. Крылов, исп. – асп. Д.А. Аргунов (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН).



## Достижения в области химии элементоорганических соединений

1. Обнаружена новая стереоселективная PCO/POC-перегруппировка в ряду каркасных фосфоранов, протекающая с сохранением координации атома фосфора и образованием новой связи углерод–углерод, которая позволяет при последующем гидролизе в мягких условиях получать с высокой хемо- и стереоселективностью органические производные спиртов и эпоксидов. Руководитель работы – чл.-корр. РАН В.Ф. Миронов; исп. – к.х.н. М.И. Димухаметов, к.х.н. Н.Р. Хасиятуллина, к.х.н. Е.В. Миронова, к.х.н. Д.Б. Криволапов (Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН).

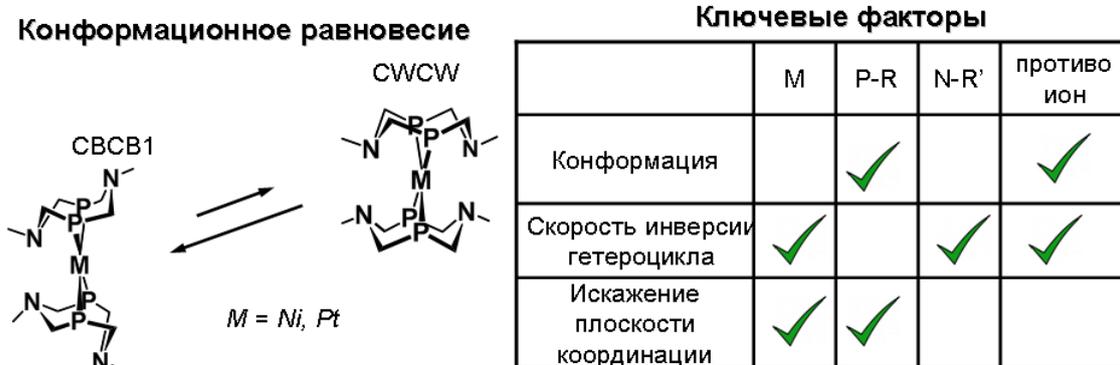


*J. Org. Chem.*, 81  
(2016) 5837-5850

*RSC Adv.*, 6 (2016)  
85745-85755

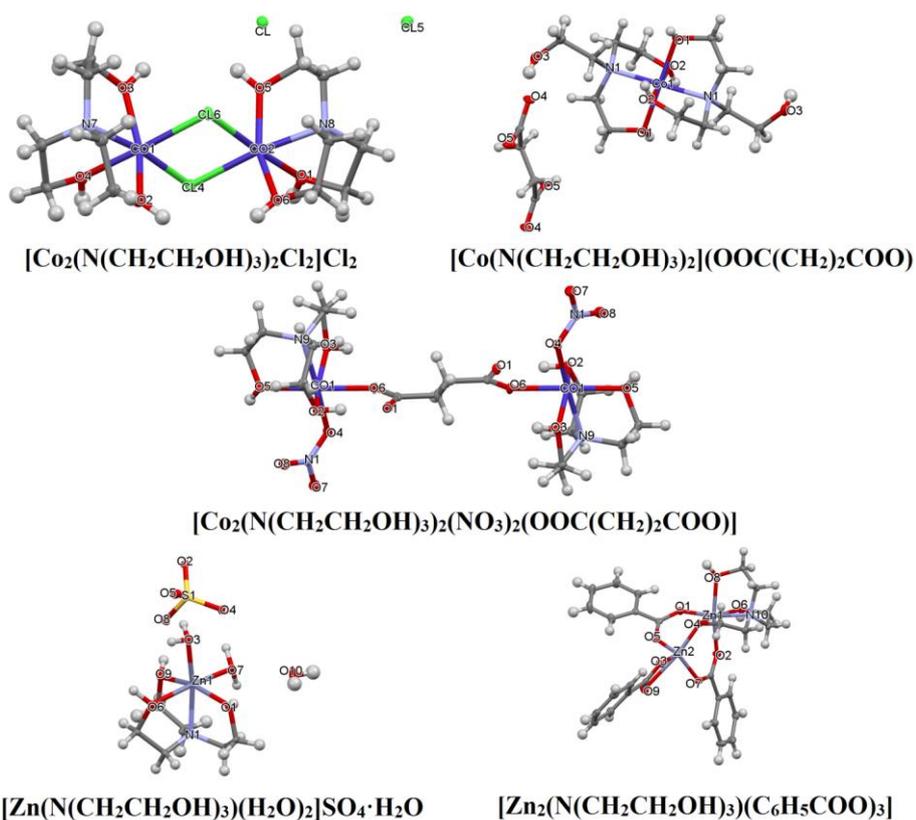
2. Решена задача полного конформационного анализа заряженных бисхелатных комплексов Ni(II) на основе P,N-содержащих гетероциклических лигандов (1,5-диаза-3,7-дифосфациклооктанов) – наиболее активных никелевых катализаторов электрохимического получения водорода. Обнаружены корреляции структурно-динамических параметров этих комплексов с их каталитической активностью. Максимальной активности катализатора соответствует высокая конформационная лабильность как гетероциклического фрагмента, так и геометрии центрального иона, реализующихся со стерически незагруженными заместителями на фосфоре и ароматическими группами на азоте. Руководитель работ – академик О.Г. Синяшин; отв. исп. – д.х.н., проф. А.А. Карасик; исп. – д.х.н. Ш.К. Латыпов,

А.Г. Стрельник, к.х.н. А.С. Балужева, Ю.С. Спиридонова (Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН).

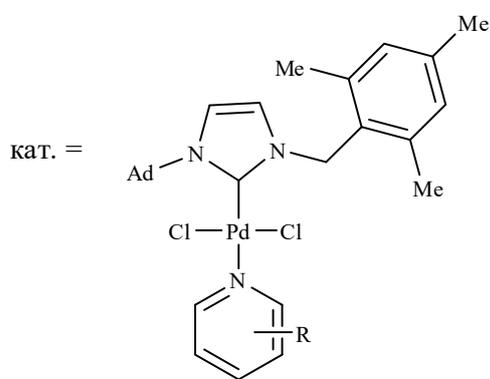
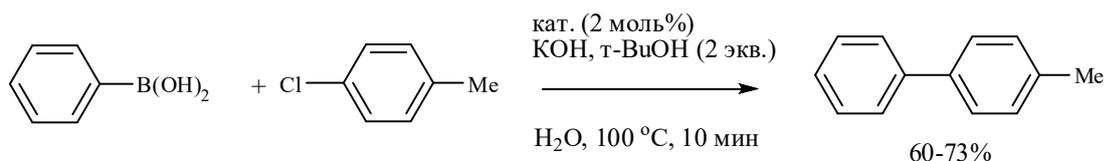


*Eur. J. Inorg. Chem.*, (2016) 1068-1084; *ЖОХ*, 86 (2016) 442-447

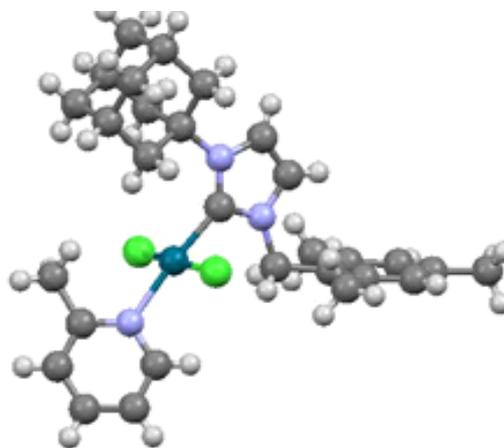
3. Получена серия новых моно- и биядерных Zn(II)- и Co(II)-содержащих комплексов триэтанолamina. Новые соединения изучены методами ЯМР и ИК спектроскопии, их строение установлено методом монокристаллической рентгеновской дифракции (см. рисунок ниже) с целью дальнейшего исследования их каталитической и биологической активности. Руководитель работы – профессор Т.А. Кочина; отв. исп. - Ю.А. Кондратенко (Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН).



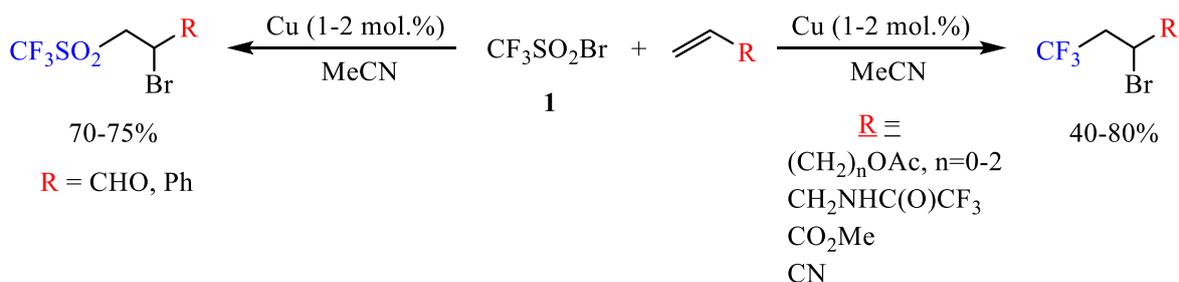
4. Синтезированы новые PEPSI-комплексы палладия(II) с *N*-гетероциклическими карбенами и замещенными пиридинами на основе адамантилимидазола – эффективные катализаторы реакции Сузуки арилхлоридов в воде в условиях микроволнового синтеза. Руководитель работ: д.х.н. В.А. Глушков; отв. исп. - к.х.н. М.С. Денисов; исп. - к.х.н. А.А. Горбунов (Институт технической химии УрО РАН).



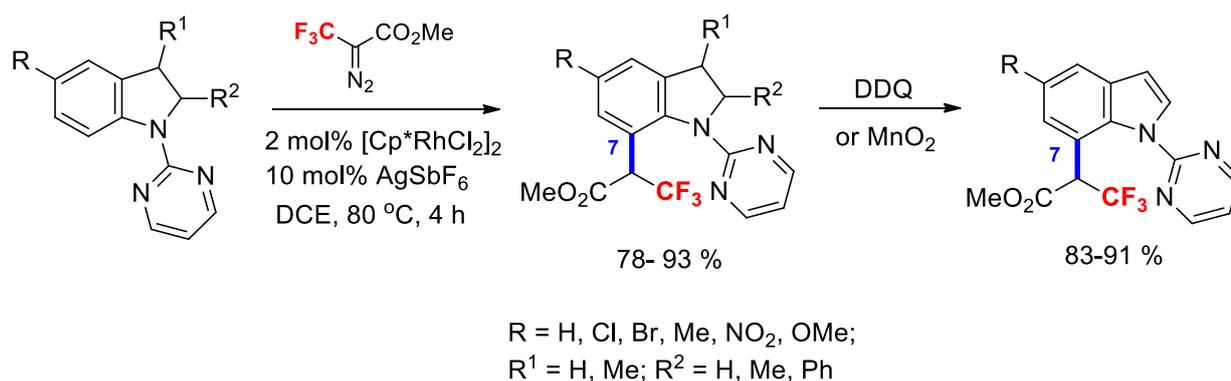
Ad = адамантил-1  
R = H, 2-Me, 3-Me, 4-Me



5. Изучено взаимодействие трифторметансульфонилбромида (**1**) с непредельными соединениями углеводородного ряда в условиях фотохимического, термического и ион-радикального инициирования. Показано, что  $\text{CF}_3\text{SO}_2\text{Br}$  при взаимодействии с реагентами различной природы может быть источником трифторметильной или трифторметансульфонильной группы или выступать в роли бромирующего агента. В то же время установлено, что **1** способен вступать в аддитивные реакции с достаточно широким кругом непредельных соединений углеводородного ряда в условиях фотохимического и ион-радикального катализа, что является удобным препаративным методом синтеза различных классов органических соединений, содержащих трифторметильную группу. Руководитель работы – д.х.н. С.М. Игумнов (Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН).

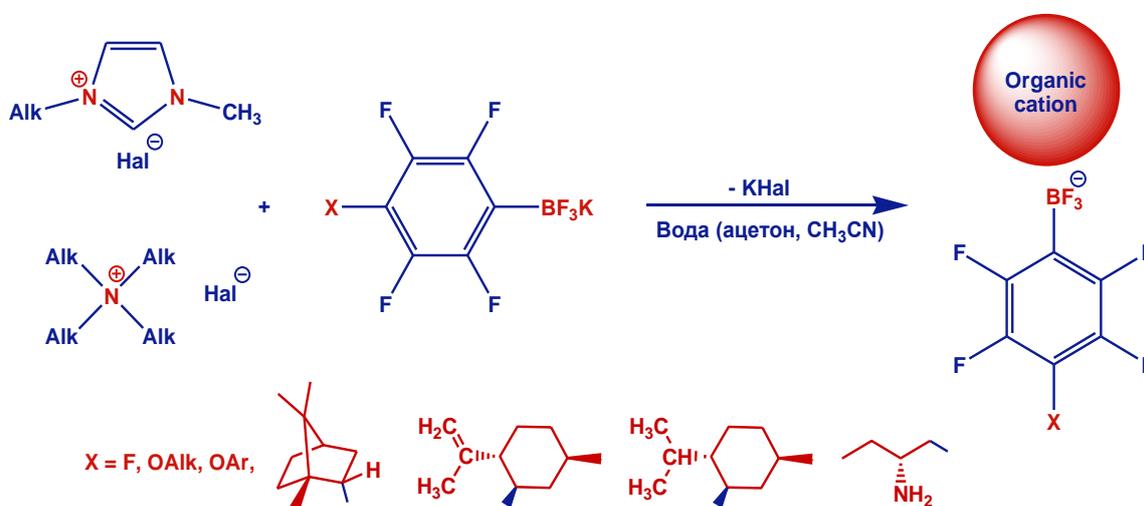


6. Разработан эффективный метод  $\text{CF}_3$ -карбеноидной C-H функционализации индолинов при использовании легкодоступного метил-3,3,3-трифтор-2-дiazопропионата в качестве источника соответствующего  $\text{CF}_3$ -карбена в присутствии каталитической системы  $[\text{Cp}^*\text{RhCl}_2]_2/\text{AgSbF}_6$  и при хелатном содействии *N*-пиримидинильной направляющей группы. Метод позволяет одновременно вводить трифторметильную и карбоксилатную функциональные группы в C7-положение замещенных индолинов. Последние легко могут быть трансформированы в соответствующие индолы с помощью реакции окисления с использованием 2,3-дихлор-5,6-дициано-1,4-бензохинона (DDQ) или оксида марганца. Руководитель работы – д.х.н. С.Н. Осипов (Институт элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова РАН).



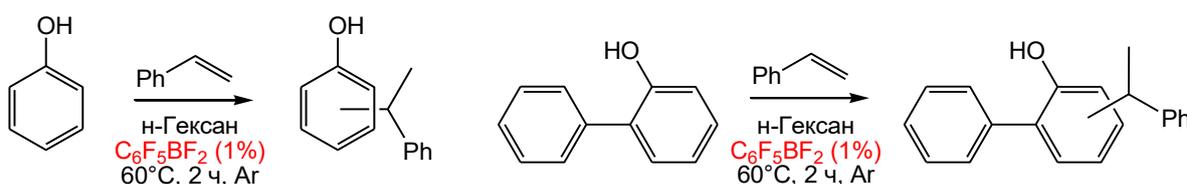
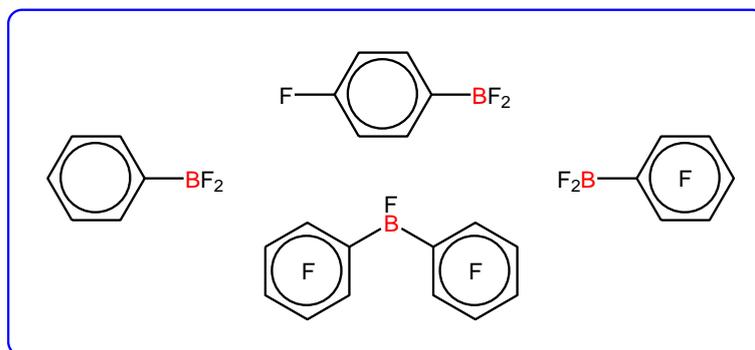
7. Разработаны способы синтеза новых ионных жидкостей, содержащих фторированные борорганические анионы с различными заместителями. Новые ионные жидкости (ИЖ) получаются в процессе ионного обмена между калиевыми солями органофторборатов и галогенсодержащими ионными жидкостями. Показана возможность получения ряда ИЖ с фторированными борорганическими анионами, содержащими широкий круг

заместителей, включая оптически активные фрагменты. Установлено, что несмотря на высокую полярность, большинство полученных ИЖ являются гидрофобными. Получаемые ионные жидкости могут быть использованы в процессах экстракции и разделения полярных компонентов. В настоящее время исследуется возможность использования новых ИЖ в качестве электролитов суперконденсаторов. Перспективной представляется возможность использования оптически активных ИЖ в процессах разделения энантиомеров. Руководитель работы – д.х.н. Н.Ю. Адонин; исп. – С.А. Приходько, А.Ю. Шабалин (Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН).

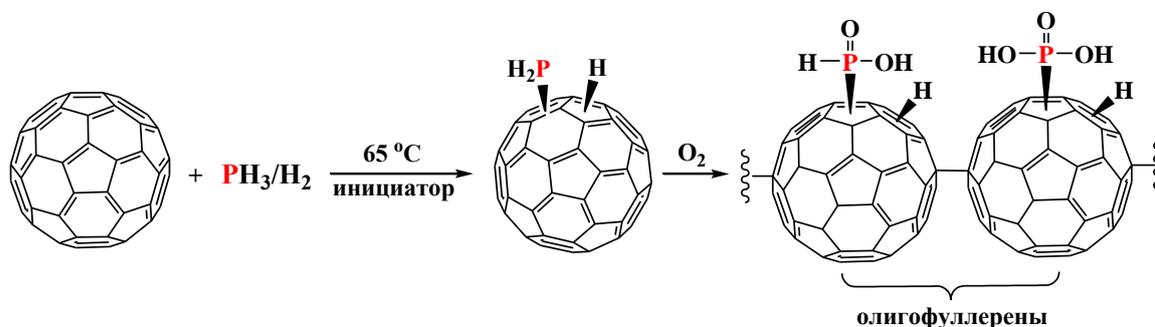


8. Разработаны удобные способы получения органофторборанов, являющихся мягкими кислотами Льюиса, перспективными для использования в селективных гомогенных каталитических процессах. Органофторбораны могут быть получены в виде раствора в гексане путем взаимодействия стабильных и относительно легко получаемых калиевых солей органофторборатов с ионными жидкостями типа  $\text{BMIM}^+\text{Cl}^- \cdot n\text{AlCl}_3$ . На примере реакций алкилирования ароматических соединений показано, что получаемые органофторбораны являются мягкими кислотами Льюиса, селективно катализирующими алкилирование активированных субстратов. Установлено, что каталитические свойства органофторборанов определяются природой и количеством заместителей в окружении атома бора.

Руководитель работы – д.х.н. Н.Ю. Адонин; исп. – С.А. Приходько, М.М. Шмаков (Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН).



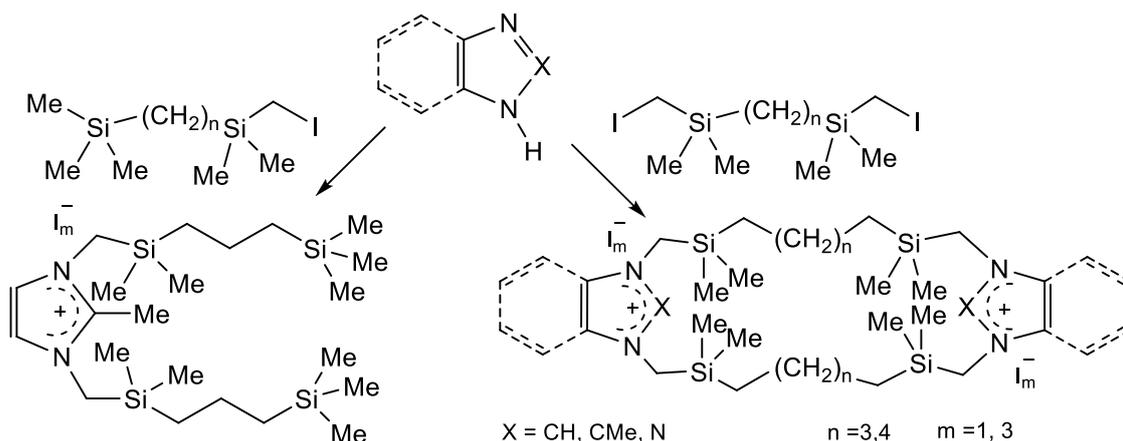
9. Осуществлено свободно-радикальное фосфорилирование фуллерена фосфин-водородной смесью при 65 °С, приводящее к фосфинофуллерену, который далее под действием кислорода превращается в олигомерные функционализированные фуллерены с различными фосфорно-кислотными функциями. Полученные олигомеры – перспективные материалы для оптоэлектроники, лазерных технологий, полупроводники с модулируемой запрещенной зоной, потенциальные анти-ВИЧ препараты. Руководитель - академик Б.А. Трофимов; отв. исп. - д.х.н. Н.К. Гусарова; исп. - к.х.н. В.А. Куимов (Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН).



ДАН, 471 (2016) 170-173

10. На основе реакции 2-метилимидазола, бензимидазола и бензотриазола с бис(иодметил)дисилилалканами синтезированы первые представители кремнийорганических циклофанов и ионных жидкостей. Обнаружено, что

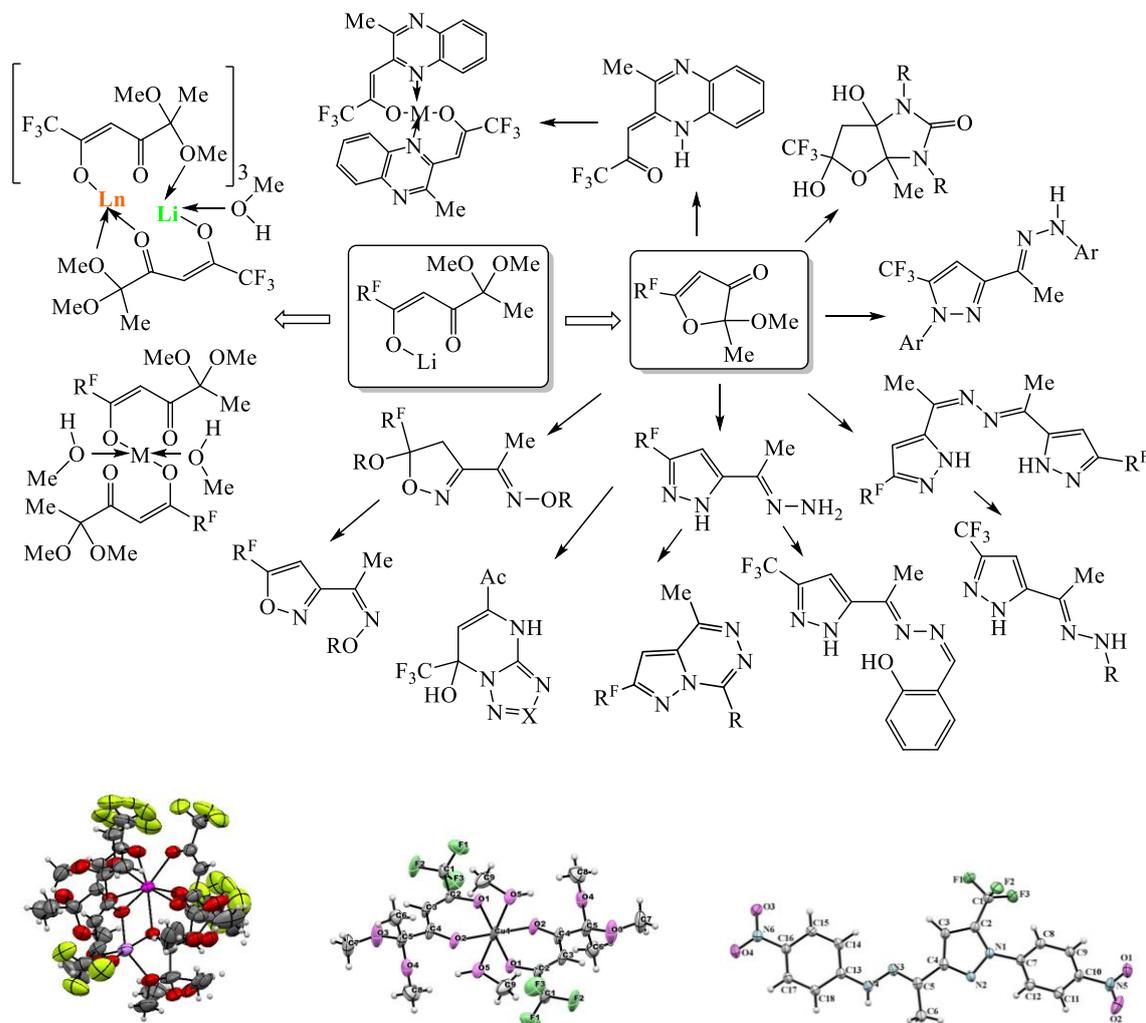
реакция протекает в одну препаративную стадию как домино-процесс и включает алкилирование азолов по пиррольному и пиридиновым атомам азота, частичное восстановление иодметильных групп силоксанов до метильных под действием образовавшегося *in situ* иодоводорода, формирование трииодид-анионов жидких солей азолов. В результате этих исследований разработан новый подход к синтезу кремний-органических соединений с фармакофорными фрагментами - перспективных соединений для получения биологически активных препаратов. Ионные жидкости могут найти применение в качестве сенсоров для солнечных батарей, электролитов, растворителей в органическом синтезе. Руководитель - д.х.н. Л.Г. Шагун; исп. - к.х.н. И.А. Дорофеев, к.х.н. Л.В. Жилицкая, к.х.н. Н.О. Ярош (Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН).



*Mendeleev Commun.*, 26(2016) 426–428

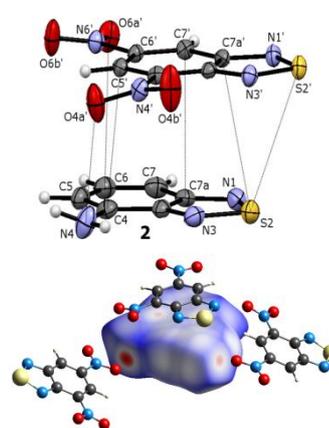
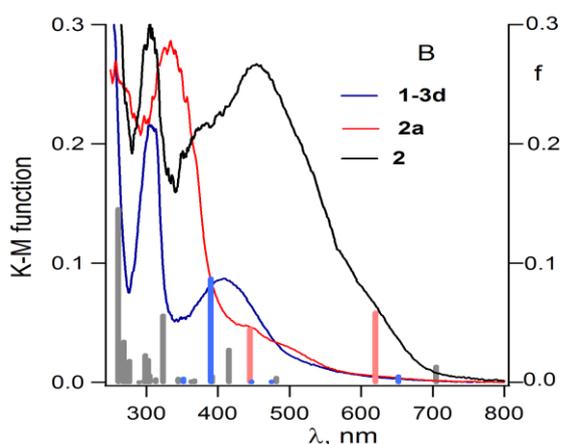
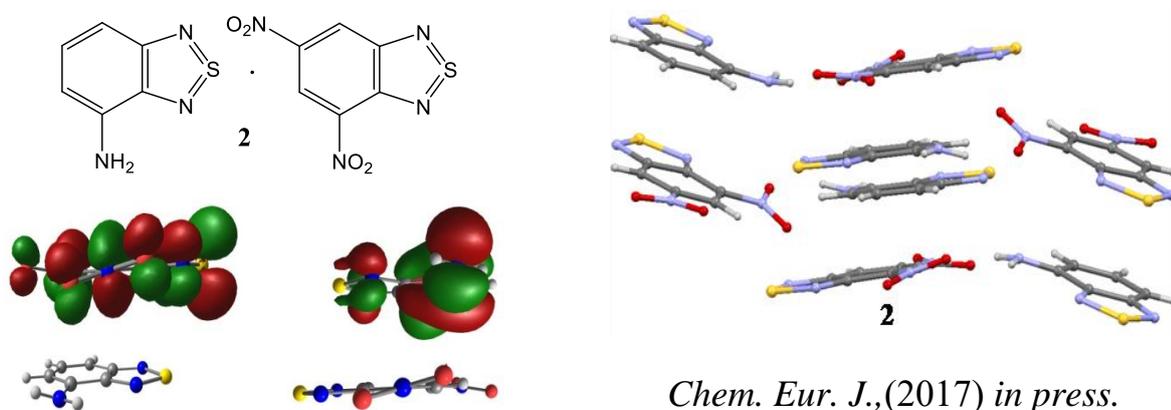
11. В практику органического синтеза введены новые реагенты, полифторалкилсодержащие 1,3-дикетонаты лития, функционализированные ацетальным фрагментом. Показано, что эти соединения способны к комплексообразованию с образованием моно- и гетеробиядерных металлокомплексов с перспективными люминесцентными свойствами, а также к внутримолекулярной циклизации в ранее неизвестные 2-метил-2-метокси-5-полифторалкилфуран-3-оны, которые благодаря уникальной амбидентной реакционной способности могут генерировать гетероциклы различных классов с широким набором функциональных групп. Схема превращений новых полифторалкил-1,3-дикетонатов лития и структура их

некоторых производных по данным РСА показаны ниже. Руководитель работы – чл.-корр. РАН В.И. Салоутин; отв. исп. – к.х.н. Д.Н. Бажин, к.х.н. Ю.С. Кудякова и д.х.н. Я.В. Бургарт (Институт органического синтеза им. И.Я. Пастовского УрО РАН).



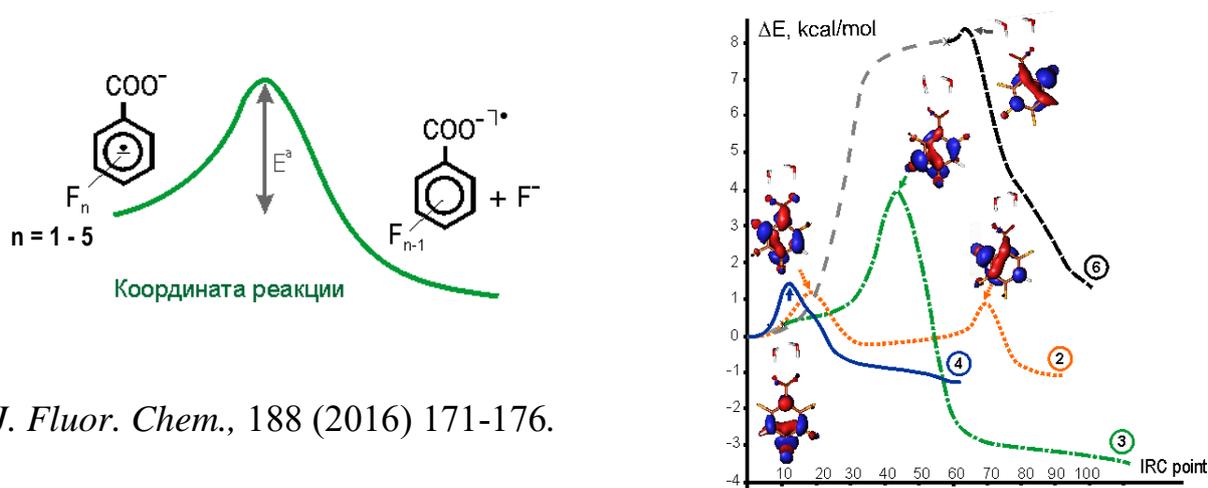
12. На основании квантово-химических расчетов методами DFT теоретически предсказаны, синтезированы и методом рентгеноструктурного анализа охарактеризованы комплексы с переносом заряда нового типа, в которых и донор (D) и акцептор (A) – производные 1,2,5-халькогенадiazольной  $\pi$ -гетероциклической системы. Термодинамика образования комплексов рассчитана методами DFT, их электронная структура изучена посредством спектроскопии поглощения в УФ и видимой области в растворе и твердом теле, а также топологического анализа по теории Бейдера (QTAIM). Энергия взаимодействия между D и A в кристалле

и отдельные вклады в нее квантифицированы методом анализа поверхностей Хиршфельда (Hirshfeld surface analysis). Результаты, при дальнейшем развитии, могут найти применение при создании новых низкомолекулярных функциональных материалов для органической электроники. Руководитель работы: д.х.н. А. В. Зибарев; исп. – д.х.н. И.Ю. Багрянская (НИОХ СО РАН), Е.А. Чуланова (НИОХ СО РАН, ИХКиГ СО РАН), к.х.н. Е.А. Притчина, д.ф.-м.н. Н.П. Грицан (ИХКиГ СО РАН), М.В. Шахова (НГУ), д.х.н. Л.С. Константинова, д.х.н. О.А. Ракитин (ИОХ РАН, ЮУрГУ), S. Grabowsky, L. Malaspina, F. Mostaghimi, J. Vekmann (Университет г. Бремен, ФРГ).



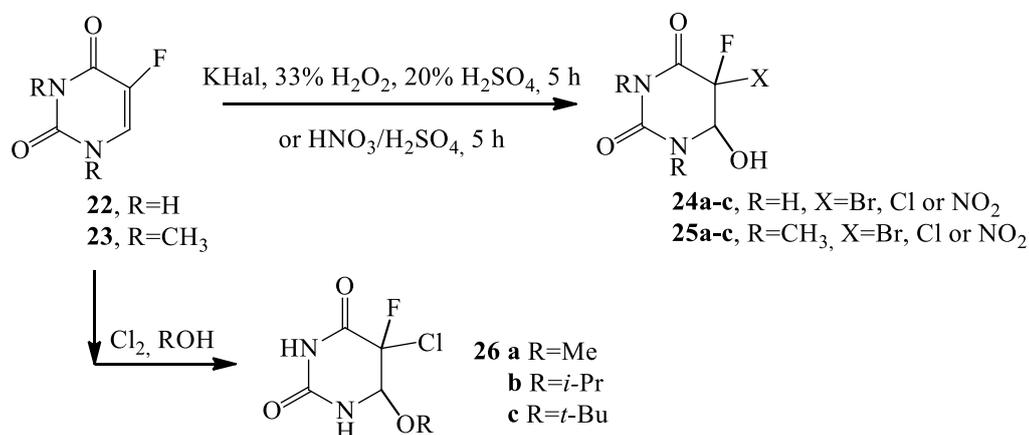
13. Методом DFT исследованы поверхности потенциальной энергии (ППЭ) полного ряда анион-радикалов (АР) фторсодержащих бензоатов, найдены переходные состояния фрагментации АР с отрывом фторид-иона. Рассчитанные барьеры фрагментации согласуются с экспериментальными наблюдениями и позволяют объяснить региоселективность восстановительного дефторирования фторсодержащих бензоатов. Показано, что механизм процесса зависит от положения уходящего атома фтора. Когда

дефторирование происходит из орто- или мета-положения к карбоксильной группе, реакционная координата включает псевдовращение как путь переноса плотности неспаренного электрона на разрывающуюся С-Ф связь. Сложное строение ППЭ обуславливает многоканальный механизм распада АР и объясняет наблюдение нескольких продуктов в ходе восстановительного дефторирования. Руководитель работы - д.ф.-м.н. Е.Г. Багрянская; отв. исп. – д.ф.-м.н. Л.Н. Щеголева, исп. – к.х.н. И.В. Береговая, Д.Е. Машканцев (НИОХ СО РАН).



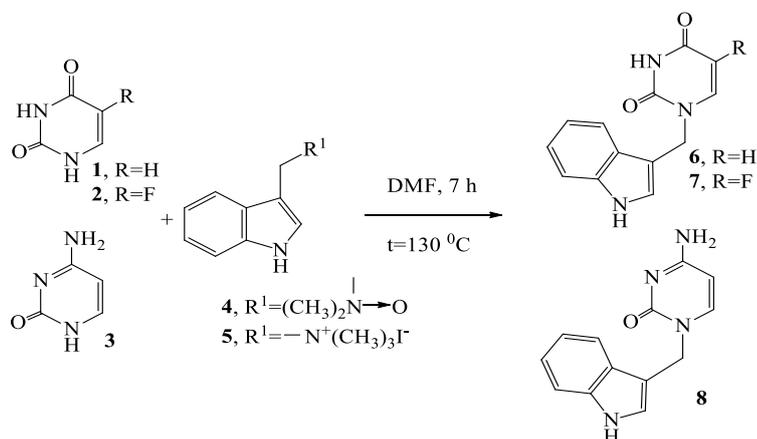
*J. Fluor. Chem.*, 188 (2016) 171-176.

14. Окислительным галогенированием и нитрованием 5-фторурацила (**22**) и его N,N-диметильного аналога **23** получен ряд производных **24-25 (a-c)** (см. схему ниже). Хлорирование **22** молекулярным хлором в растворе метанола, *i*-пропанола и *t*-бутанола привело к 5-фтор-5-хлор-6-алкоксипроизводным **26a-c**. Руководитель работы – академик М.С. Юнусов; отв.исп. –И.Б. Черникова (Уфимский Институт химии РАН).

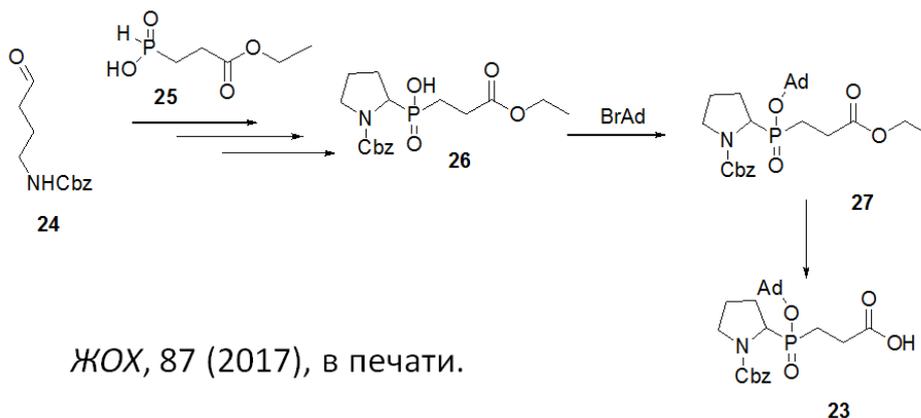


Предв. сообщ.: *Chem. Heterocycl. Comp.*, 51 (2015) 568-572.

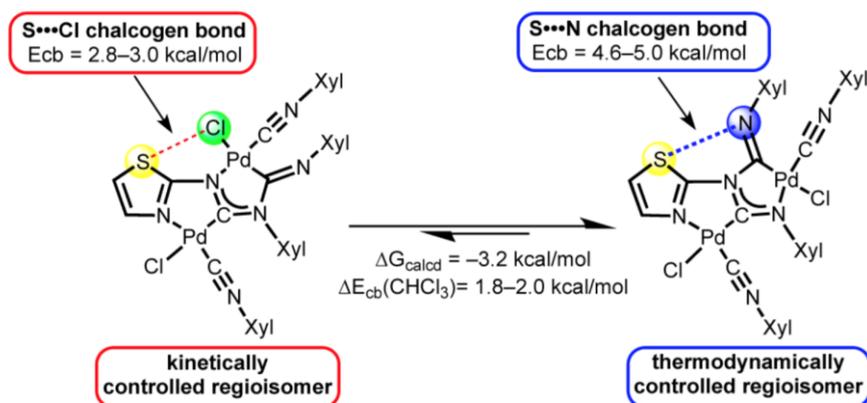
15. Осуществлен синтез *N1*-скатилпроизводных **6**, **7** и **8** с умеренными выходами взаимодействием урацила (**1**), 5-фторурацила (**2**) и цитозина (**3**) с *N*-окидом грамина (**4**) или его иодметилатом (**5**) в DMF при 130 °С в течение 7 ч (см. схему ниже). Руководитель работы – академик М.С. Юнусов; отв.исп. – И.Б. Черникова; исп. – Л.В. Спирихин (Уфимский Институт химии РАН).



16. Разработан новый метод синтеза оригинальных фосфиновых кислотных изостеров аминокислот ряда пролина и фосфоизостеров дипептидных составляющих ноотропного препарата Семакс. Метод является модификацией подхода А. Иотакиса и заключается во взаимодействии 2-(*N*-бензилоксикарбонил)амино-этилфосфонистой кислоты и ее эфиров с альдегидами в уксусном ангидриде в условиях кислого катализа при комнатной температуре, что позволяет провести трехцентровую двухкомпонентную амидную версию реакции Кабачника-Филдса, путем совмещения амидного и карбонильного фрагментов в одной молекуле. Руководитель работы - д.х.н. В.В. Рагулин В.Б. Соколов (Институт физиологически активных веществ РАН).



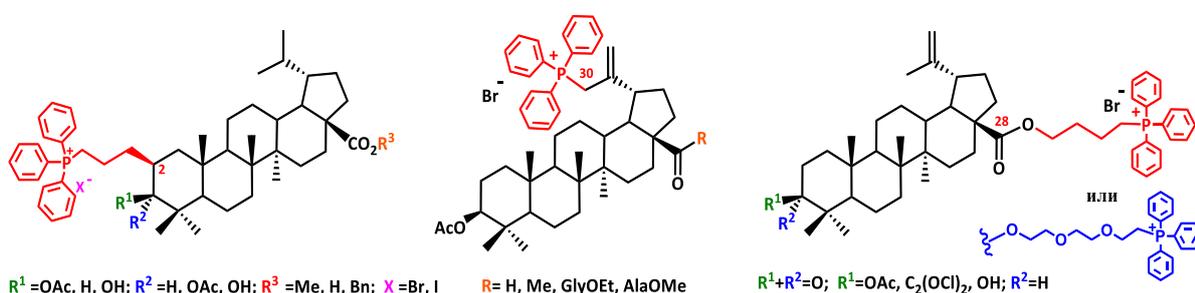
17. Реакция между изоцианидным комплексом палладия *cis*-[PdCl<sub>2</sub>(CNXyl)<sub>2</sub>] и двумя типами гетероциклических систем, включающих 1,3-тиадиазол-2-амины и 1,3,4-тиадиазол-2-амины, приводит к биядерным соединениям палладия (см. рисунок ниже) в виде смеси кинетически и термодинамически контролируемых региоизомеров. В этих изомерах были зафиксированы два типа халькогенной связи, а именно S•••Cl в случае кинетически контролируемых продуктов и S•••N в случае термодинамически контролируемых изомеров. Причём именно разница в энергиях этих халькогенных связей определяет изомеризацию полученных продуктов. Это первый пример того как разница в энергиях разных халькогенных связей определяет реакцию способность системы. Руководитель работы – чл.-корр. В.Ю. Кукушкин (Санкт-Петербургский государственный университет и Институт высокомолекулярных соединений РАН).



*J. Am. Chem. Soc.*,  
138 (2016) 14129-  
14137

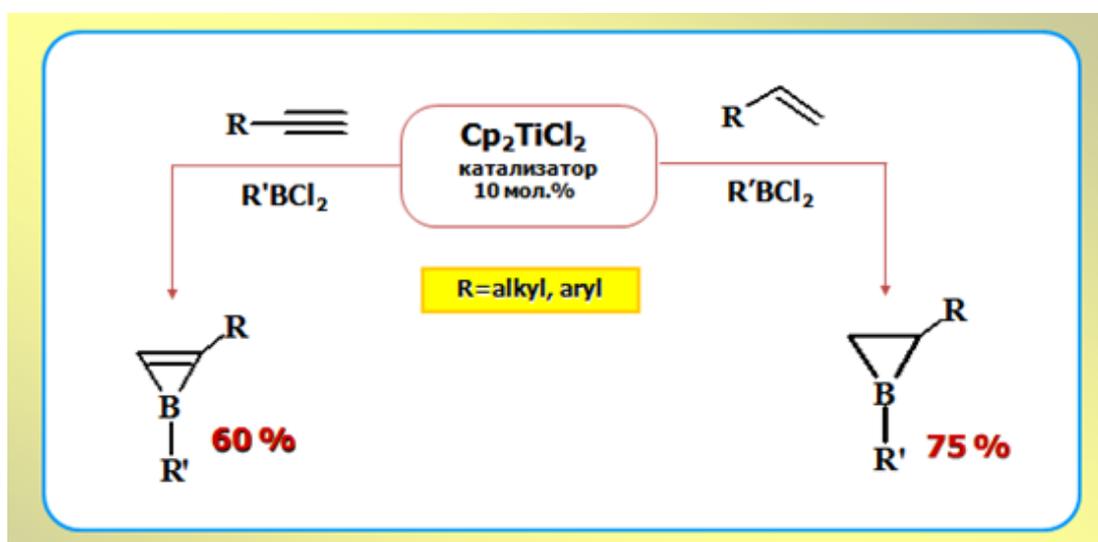
18. Осуществлен синтез и исследована взаимосвязь структур и противоопухолевой активности в ряду конъюгатов лупановых тритерпеноидов с митохондриально-тропным трифенилфосфониевым катионом (TRP<sup>+</sup>), в которых молекулы тритерпеноидов связаны полиметиленовыми или полиэтиленгликолевыми спейсерами с одним или двумя трифенилфосфониевыми катионами при С-2, С-28 или С-30 позициях через углерод-углеродную или сложноэфирную связи (см. рис. ниже). Сравнительный анализ цитотоксичности полученных трифенилфосфониевых солей в отношении линий раковых клеток человека MCF-7, TET21N и

НСТ116 по оценке величины IC50 показал, что все полученные соединения проявляют цитотоксическое действие в низких микромолярных концентрациях (IC50 0.74-0.98 мкМ). Присутствие трифенилфосфониевого катиона в тритерпеновых конъюгатах значительно усилило их цитотоксическое действие в сравнении с базовыми соединениями (бетулиновая и урсоловая кислоты), в то время как корреляция между цитотоксической активностью и химической структурой тритерпенового ядра не наблюдалась. Оценка каспазной активности наиболее цитотоксически активных трифенилфосфониевых солей в клетках НСТ116 и ТЕТ21N показала, что трифенилфосфониевые производные бетулиновой кислоты на порядок превосходят базовое соединение по способности стимулировать апоптоз раковых клеток. Руководитель работ – д.х.н. В.Н. Одинок; исп. – к.х.н. А.Ю. Спивак, к.х.н. Д.А. Недопёкина (Институт нефтехимии и катализа РАН).



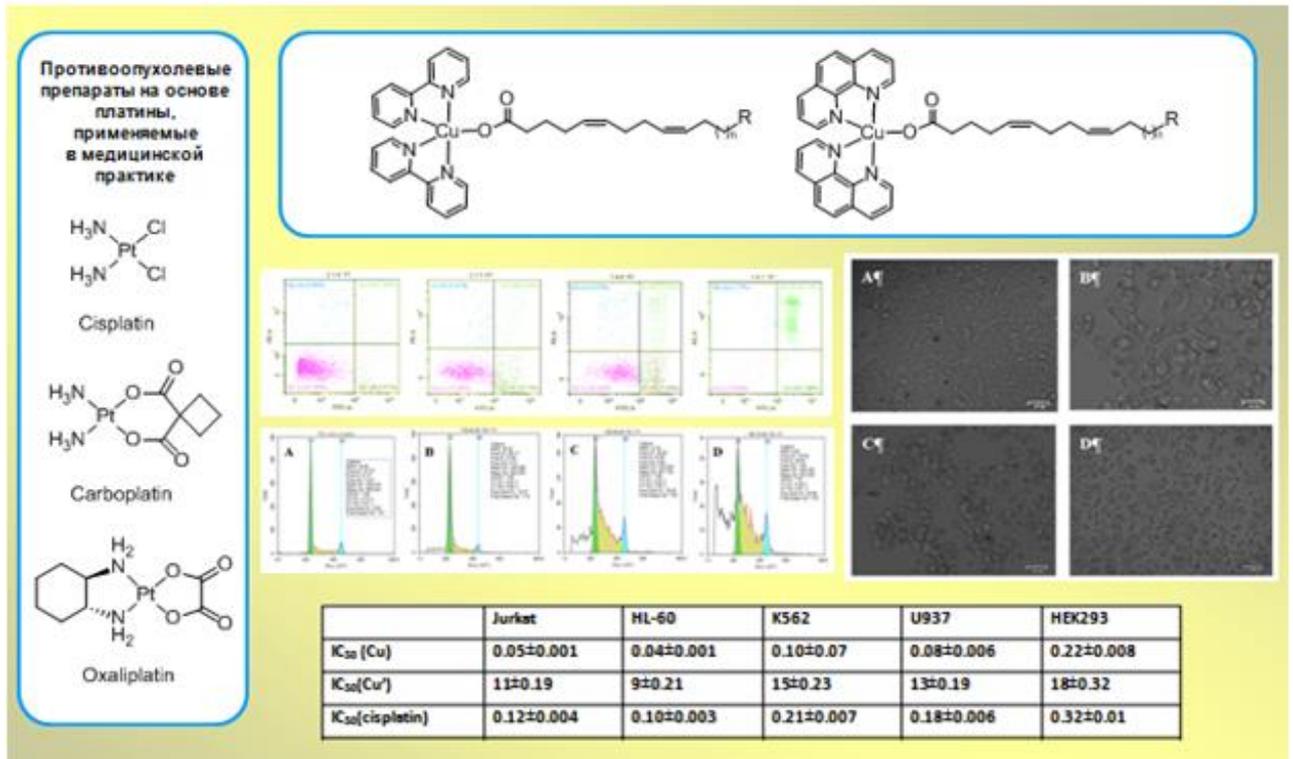
19. В рамках реализации программы фундаментальных исследований по разработке перспективных для практического применения методов синтеза трехчленных борацикланов изучены реакции  $\alpha$ -олефинов и терминальных ацетиленов с алкил(фенил)дихлорборанами в присутствии металлического Mg и катализатора  $\text{Cr}_2\text{TiCl}_2$ . Установлено, что катализируемое  $\text{Cr}_2\text{TiCl}_2$  циклоборирование  $\alpha$ -олефинов и терминальных ацетиленов с помощью  $\text{BCl}_3 \cdot \text{SMe}_2$  и  $\text{BF}_3 \cdot \text{ТГФ}$  в условиях ( $\text{Et}_2\text{O}$ , 20-22°C, 12ч) приводит к образованию 1-хлор(фтор)бориран(ен)ов в виде соответствующих комплексов с  $\text{SMe}_2$  или  $\text{BF}_3$ . Реакции алкил(фенил)дихлорборанов с  $\alpha$ -олефинами и терминальными ацетиленами позволяют получать

индивидуальные 1-алкил(фенил)бориран(ен)ы с высокими выходами. Разработанные реакции открывают эффективные пути синтеза бориранов и бориренов, представляющих интерес в качестве добавок к смазочным маслам, присадок, а также проводящих донорно-акцепторных материалов для оптической электроники (органические светоизлучающие диоды, полевые транзисторы, фотовольтаические преобразователи), которые интенсивно внедряются для создания современной промышленной и бытовой электроники. Руководитель работ – чл.-корр. РАН У.М. Джемилев; исп. - к.х.н. Л.О. Хафизова (Институт нефтехимии и катализа РАН).



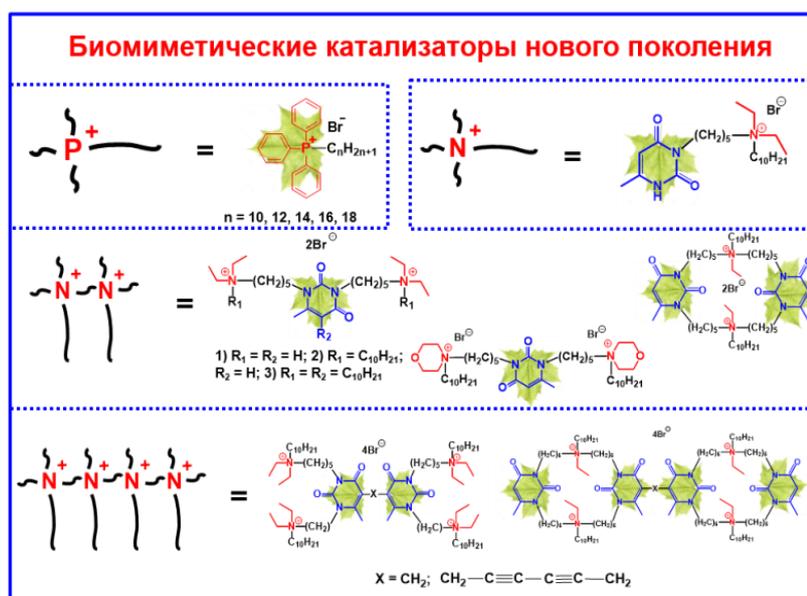
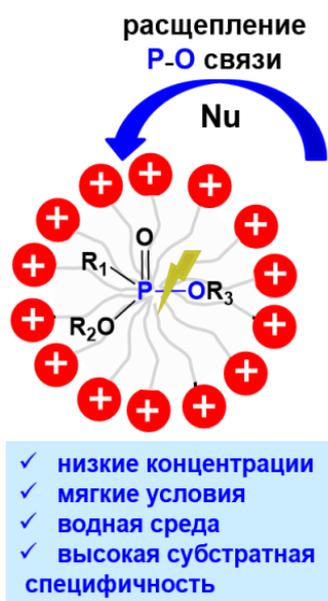
20. В развитие ориентированных фундаментальных исследований по разработке малотоксичных таргетных противоопухолевых препаратов на основе природных и синтетических 5Z,9Z-диеновых кислот впервые синтезированы комплексы меди  $(\text{bipy})_2\text{Cu}(5Z,9Z\text{-dien})$ , ( $\text{bipy}$  - 2,2'-бипиридин, 5Z,9Z-dien - 5Z,9Z-диеновая кислота), содержащие в координационной сфере металла 2,2'-бипиридин и 5Z,9Z-диеновую кислоту, проявляющие высокую цитотоксическую активность *in vitro* в отношении опухолевых клеточных линий Нек293, К562, HL60, Jurkat, U937, превосходя по эффективности известный противораковый препарат цисплатин. Кроме того, показано, что синтезированные комплексы  $(\text{bipy})_2\text{Cu}(5Z,9Z\text{-dien})$  вызывают арест клеточного цикла в S фазе в зависимости от времени инкубации и являются эффективными ингибиторами человеческой топоизомеразы I. Руководитель

работ – чл.-корр. РАН У.М. Джемилев; исп. - д.х.н. В.А. Дьяконов, д.м.н. Л.У. Джемилева (Институт нефтехимии и катализа РАН).



## Достижения в области химии супрамолекулярных систем

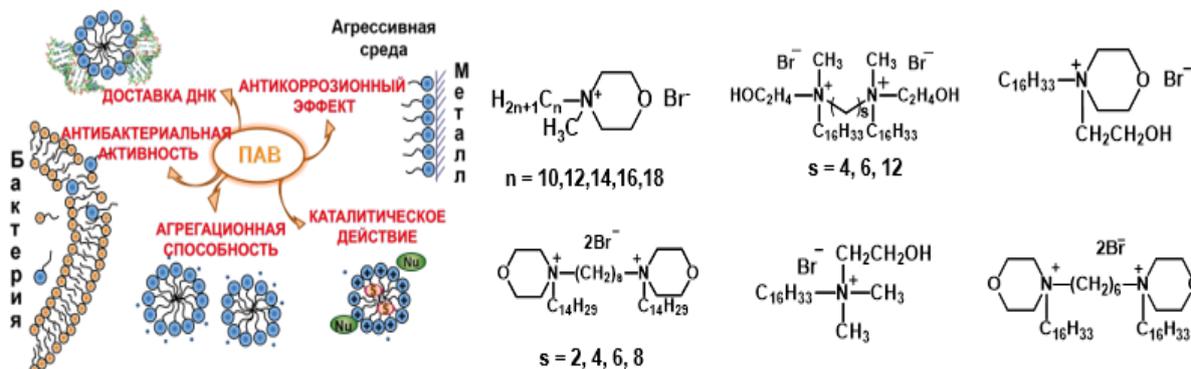
1. Предложены новые биомиметические катализаторы (пиримидинсодержащие и фосфониевые ПАВ), позволяющие контролировать скорость разложения фосфорорганических ингибиторов ацетилхолинэстеразы (от ускорения до аномального ингибирования), проявляющие высокую эффективность в низких концентрациях и выраженную субстратную специфичность (см. рис. ниже). Руководитель работы – академик О.Г. Синяшин; отв. исп. – проф. Л.Я. Захарова, проф. В.С. Резник, д.х.н. В.Э. Семенов; исп. – к.х.н. Д.Р. Габдрахманов, к.х.н. Г.А. Гайнанова., к.х.н. Ф.Г. Валеева, асп. Д.А. Самаркина (Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН).



*Colloids Surf. A.*, 489 (2016) 95-102; *ЖОХ*, 86 (2016) 518-522;  
*Macroheterocycles*, 9 (2016) 29-33.

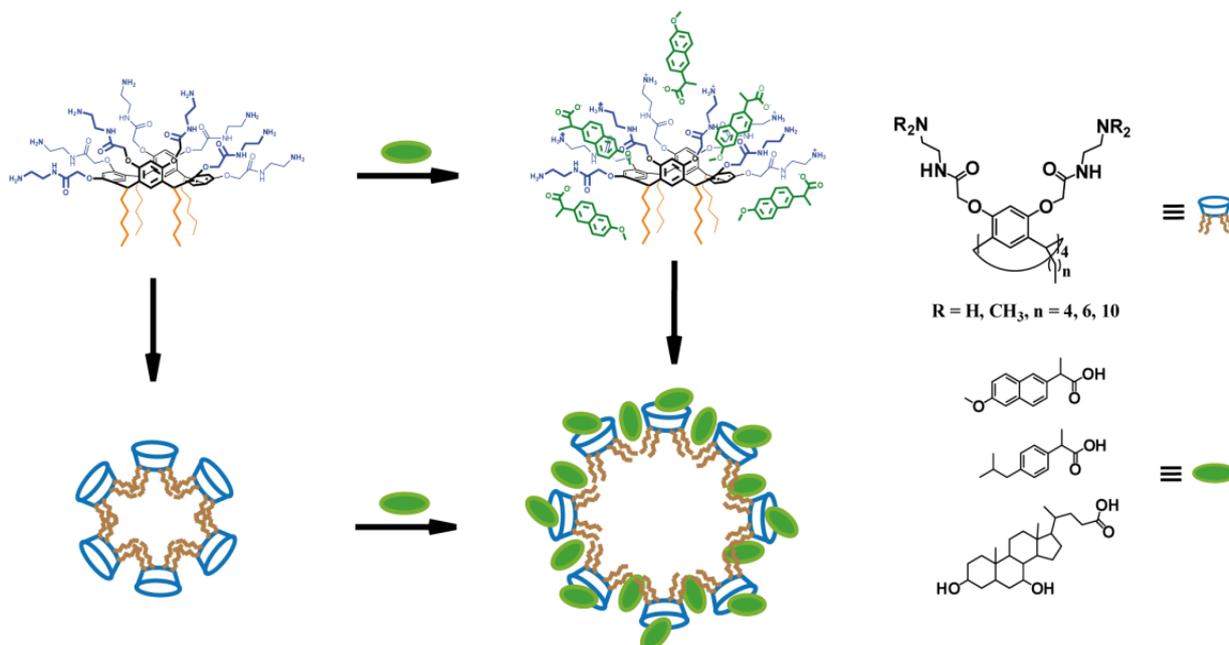
2. Впервые показана возможность направленного контроля практически важных свойств катионных ПАВ (доставка лекарств и ДНК, каталитическая активность, антибактериальный и антикоррозионный эффект) путем введения кислородсодержащих фрагментов в головные группы. Высокая активность морфолиниевых и гидроксипропилированных геминальных ПАВ обусловлена низким порогом агрегации, мультицентровым механизмом взаимодействия, способностью проникать через клеточные мембраны.

Руководитель работы – академик А.И. Коновалов; отв. исп. – проф. Л.Я. Захарова; исп. – к.х.н. А.Б. Миргородская, к.х.н. Д.Р. Габдрахманов; к.х.н. С.С. Лукашенко, к.х.н. Э.А. Васильева, к.х.н. Е.И. Хайрутдинова (Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН).



*Mol.Liq.*, 220 (2016) 992-998; *Colloids Surf. A.*, 510 (2016) 33–42;  
*Colloids Surf. B.*, 140 (2016) 269-277

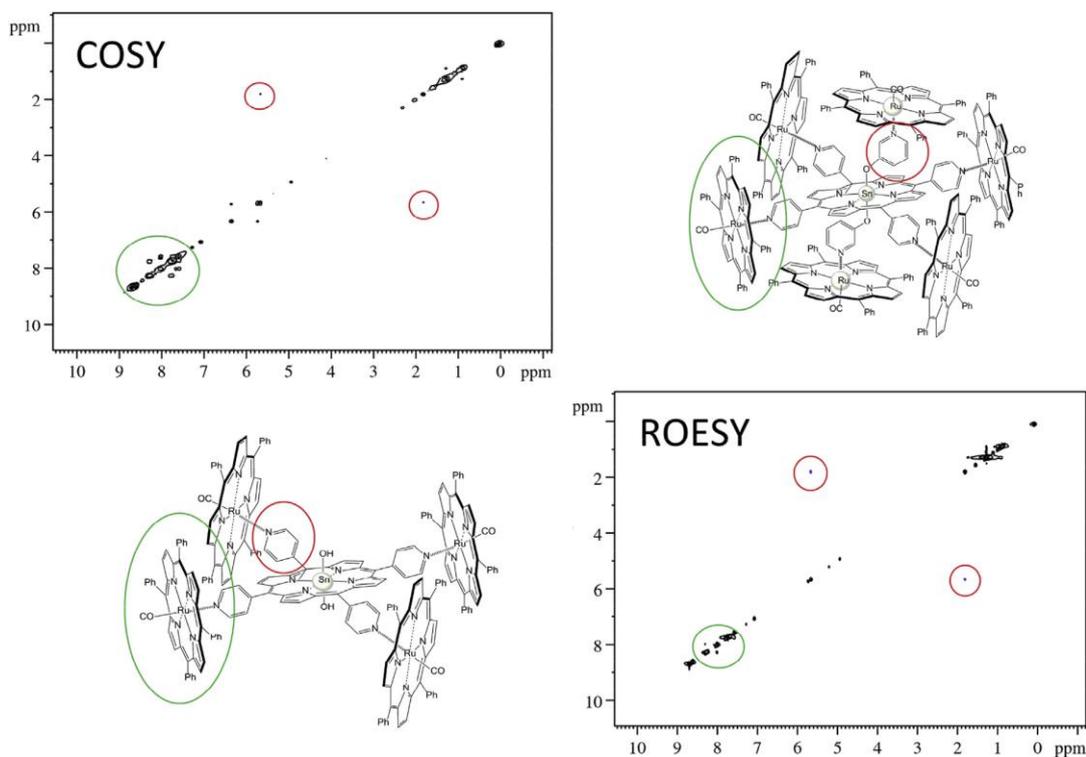
3. Впервые получены супрамолекулярные наноконтейнеры на основе амфифильных аминокаликс[4]резорцинарендов с высокой степенью загрузки лекарственных субстратов (напроксен, ибупрофен, урсодезоксихолевая кислота), превышающей известные аналоги, характеризующиеся стабильностью и высокой степенью монодисперсности. Свойства наноконтейнеров (размер, токсичность, эффективность загрузки) можно контролировать, изменяя гидрофобность макроциклов и pH среды.



*Soft Matter.* 12 (2016) 5590-5599

Руководитель работы - академик А.И. Коновалов; исп. – к.х.н. Ю.Э. Морозова, к.х.н. Я.В. Шалаева, к.х.н. В.В. Сякаев, асп. А.Е. Ермакова, д.х.н. Э.Х. Казакова, к.б.н. А.Д. Волошина, д.б.н. В.В. Зобов, к.х.н. И.Р. Низамеев, д.х.н. М.К. Кадиров (Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН).

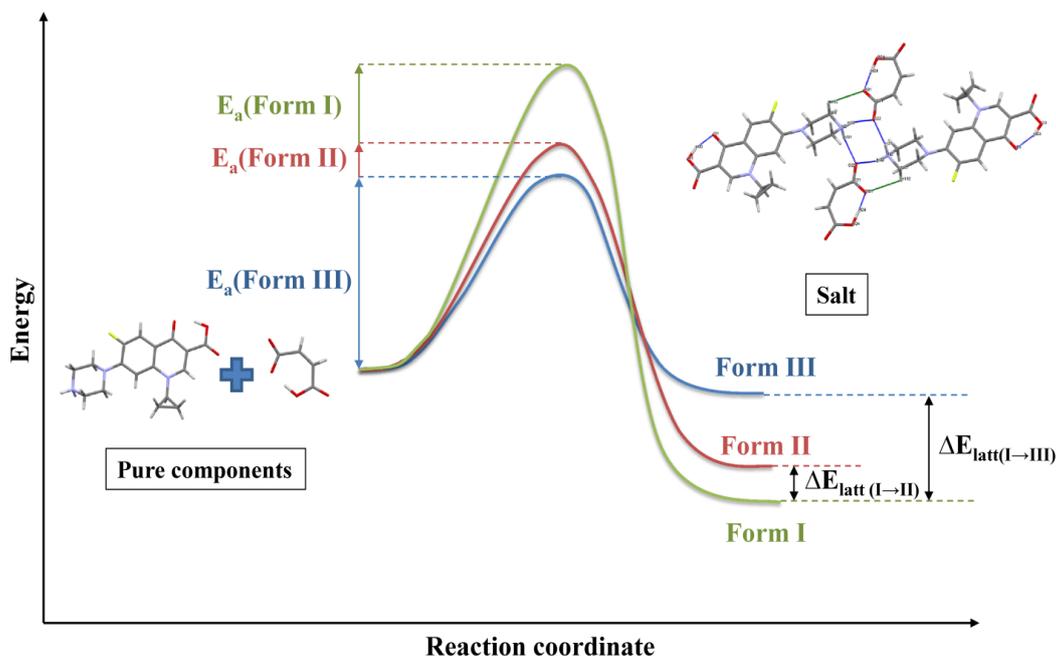
4. На основе порфиринов Zn(II), Ru(II) и Sn(IV) осуществлен дизайн и синтез гибридных супрамолекулярных ансамблей. Химическая структура полученных на принципах многоцентровых взаимодействий архитектур и их стабильность в растворах были подтверждены методами двойного ЯМР (COSY, ROESY), которые были специально адаптированы для данного типа межмолекулярных комплексов. Руководители работы - д.х.н. Н.Ж. Мамардашвили и чл.-корр. РАН О.И. Койфман; исп. - к.ф-м.н. И.А. Ходов и к.х.н. О.В. Мальцева (Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН).



*J. Mol. Struct.*, 1099 (2015) 174-180; *Supramol. Chem.*, (2017) in press.

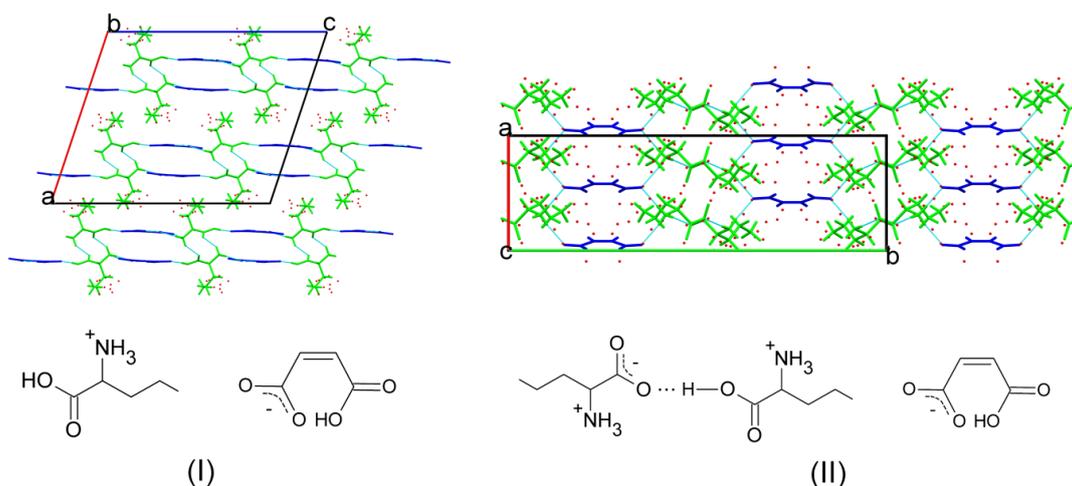
5. Исследован полиморфизм соли известного антибактериального лекарственного соединения ципрофлоксацин с малеиновой кислотой. Получены три полиморфные модификации соли, а также моногидрат ципрофлоксацин малеата. Кристаллические структуры всех кристаллических

форм соли были исследованы методом рентгеноструктурного анализа. В работе были изучены механизмы полиморфных превращений, проанализированы энергии кристаллических решеток различных полиморфных форм и определена их термодинамическая стабильность. Руководитель работы - д.х.н. Г.Л. Перлович; отв. исп. – к.х.н. А.О. Суров. (Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН)



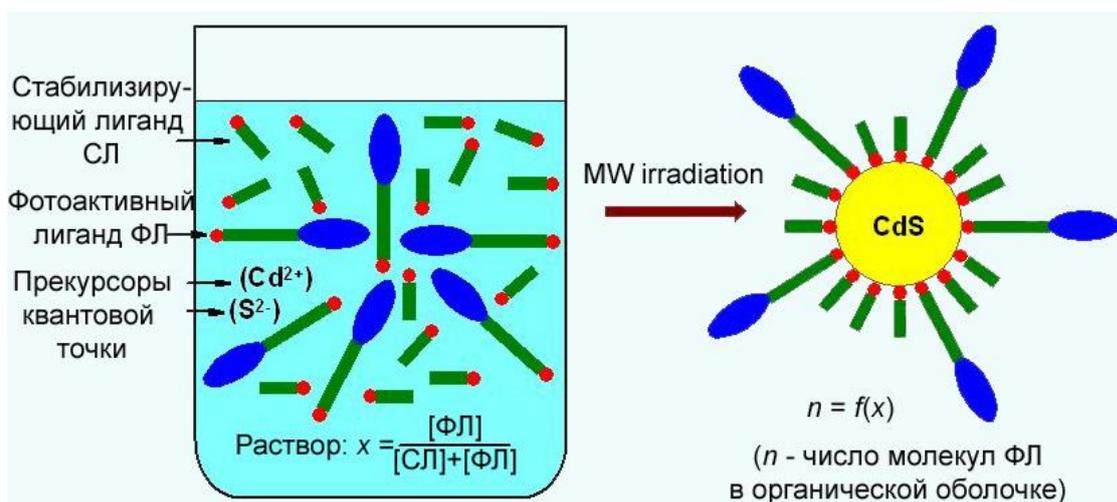
*Cryst. Growth Des.*, 16 (2016) 6556–6567

6. Впервые получены и расшифрованы структуры новых молекулярных солей DL-норвалина с малеиновой кислотой: кислый малеат DL-норвалиния (I) и кислый малеат DL-норвалина-DL-норвалиния (II). Указанные соединения являются прекрасным примером организации различных типов кристаллических структур из одних и тех же компонентов (DL-норвалина и малеиновой кислоты): (I) имеет слоистую структуру, тогда как (II) представляет собой трёхмерную каркасную структуру, построенную на водородных связях (смю рис. ниже). Структура (II) является лишь третьим примером молекулярной соли аминокислоты с малеиновой кислотой (из 27 солей, известных на настоящий момент), в которой присутствует димерный катион аминокислоты. Руководитель работы — проф. Е.В. Болдырева; исп. - к.х.н. С.Г. Архипов (Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН).



*Acta Cryst. C73 (2017) 13-19.*

7. Синтез фотоуправляемых молекулярных переключателей на основе органо-неорганических гибридных наносистем (ГНС), содержащих квантовые точки (КТ) CdS и органические фотоактивные лиганды, проводят, как правило, в две стадии. Двухстадийный метод необходим, поскольку синтез КТ чаще всего проводят при высоких температурах, при которых фотоактивный лиганд разрушается, поэтому его вводят в состав ГНС на второй стадии в мягких неразрушающих условиях. Разработана новая,



**Фотоактивные лиганды:**



*RSC Adv.*, 2016, DOI: 10.1039/C6RA27577.

одностадийная методика синтеза гибридных органо-неорганических наносистем на основе квантовых точек CdS и органических фотоактивных лигандов ("прямой синтез") под действием микроволнового излучения (см. рис. выше). Показано, что среднее количество молекул лиганда в оболочке ГНС зависит от относительной концентрации этого лиганда в исходной реакционной смеси; вид зависимости определяется природой фотоактивного лиганда. Руководитель работы – проф. М.Ф.Будыка (Институт проблем химической физики РАН).

8. Для широкого диапазона практических применений требуются коллоидные квантовые точки (ККТ), обладающие высокой однородностью частиц по размерам, высокой эффективностью и фотостабильностью люминесценции с узкой симметричной полосой излучения. С целью достижения таких характеристик разработана методика получения ККТ типа «ядро CdSe @ CdS-оболочка» с квантовым выходом люминесценции >0.7.

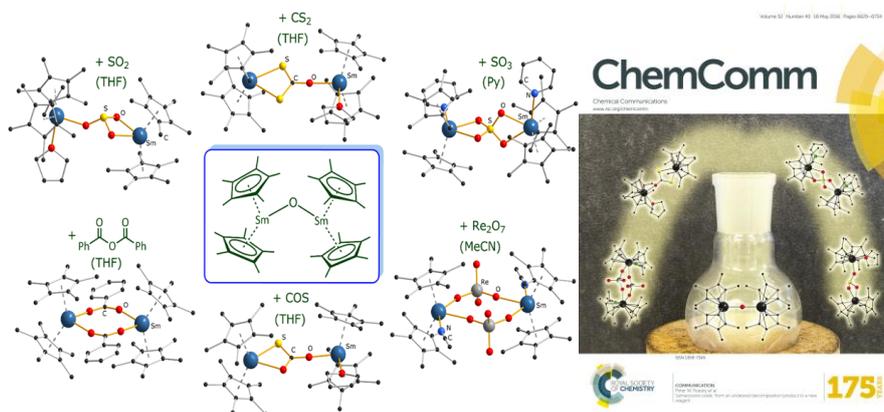
Использование CdSe-ядер, предварительно активированных (1) УФ и тепловым воздействием, позволяет получать ККТ CdSe@CdS со структурой ядро@оболочка с высоким квантовым выходом люминесценции, превышающим 80%, что значительно больше, чем на неактивированных CdSe-ядрах (2).

Полученные ККТ CdSe@CdS обладают высокой фотостабильностью и сохраняют свои люминесцентные свойства в темноте и не менее двух недель при хранении в обычных условиях.

Проведены исследования по влиянию фото- и термо-активации ККТ CdSe-ядер на люминесцентные характеристики сформированных на них ККТ и

найжены оптимальные условия активации. Полученные ККТ обладают узкой, близкой к гауссовой форме спектральной полосе излучения, высоким квантовым выходом люминесценции, превышающим 80%, и высокой фотостабильностью (см. иллюстрацию выше). Руководитель работы – чл.-корр РАН В.Ф. Разумов (Институт проблем химической физики РАН).

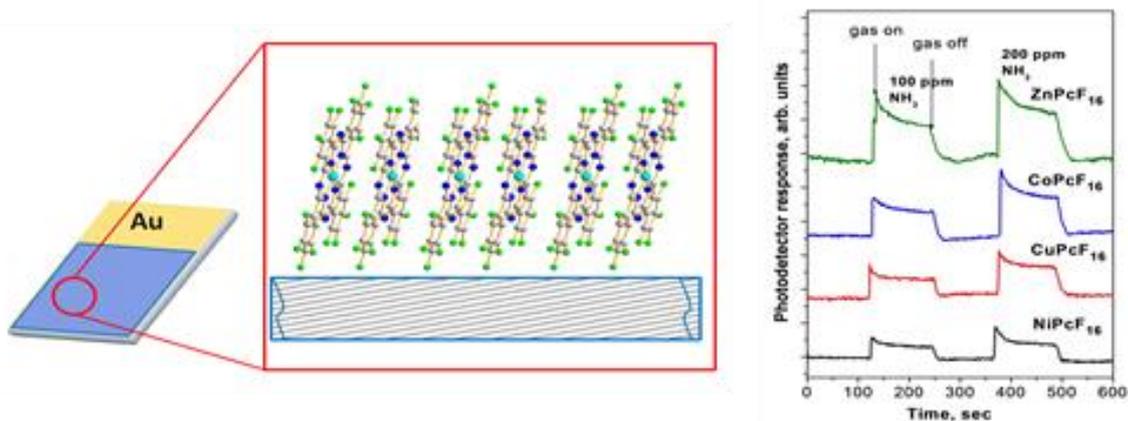
9. Оксид самароцена  $[\text{Cr}^*{}_{2}\text{Sm}-\text{O}-\text{SmCr}^*{}_{2}]$  часто является побочным и нежелательным продуктом. Показано, что это соединение является мягким основанием и ценным синтетическим эквивалентом иона  $\text{O}^{2-}$ . Реакции  $[\text{Cr}^*{}_{2}\text{Sm}-\text{O}-\text{SmCr}^*{}_{2}]$  с неорганическими и органическими ангидридами  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{COS}$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{Re}_2\text{O}_7$ ,  $(\text{PhCO})_2\text{O}$  приводят к продуктам внедрения иона  $\text{O}^{2-}$ . При этом образуются анионы соответствующих кислот, выделенные в виде молекулярных комплексов самария. Руководитель работы - д.х.н. С.Н. Конченко (Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН) совместно с Институтом неорганической химии Технологического института Карлсруэ (Германия; К. Шу, к.х.н. С.В. Клементьева, др. М.Т. Гамер и проф. П.В. Роески).



*Chem. Commun.* 52 (2016) 6654-6657.

10. Пленки фталоцианинов металлов (AlFPC и AlClPC) и их гибридные материалы с нанотрубками (на основе тетразамещенного фталоцианина меди  $\text{CuPcR}_4$ ,  $\text{R}=-\text{S}(\text{CH}_2)_{15}\text{CH}_3$  и одностенных углеродных нанотрубок (SWCNT)) являются перспективными материалами для создания активных слоев оптических сенсоров для определения токсичных веществ в воздухе и в воде.

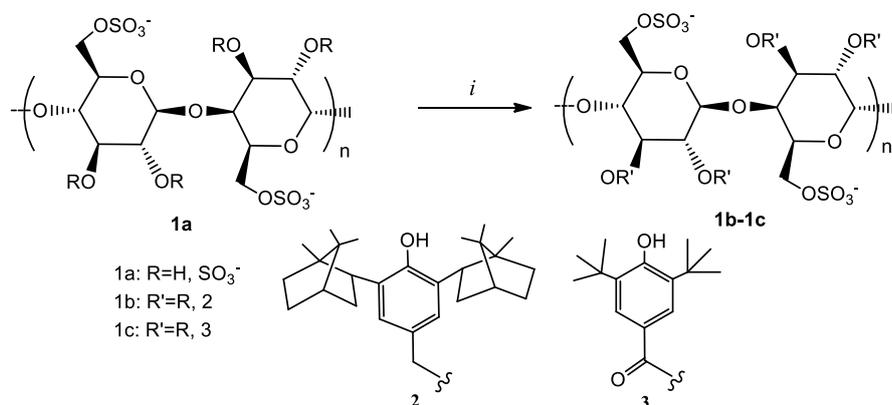
Показано, что среди исследуемых аналитов наибольший сенсорный отклик наблюдается для пленок гибридного материала CuPcR<sub>4</sub>/SWCNT на пентахлорофенол. При этом предел обнаружения пентахлорофенола в воде составляет 690 нг/л. Руководитель работы – д.х.н. Т.В. Басова (Институт неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН).



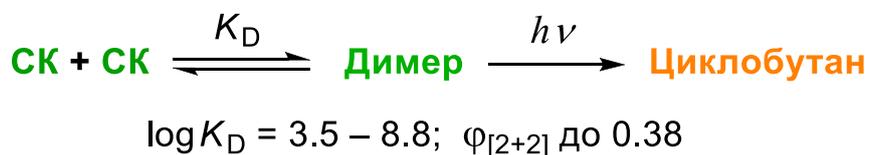
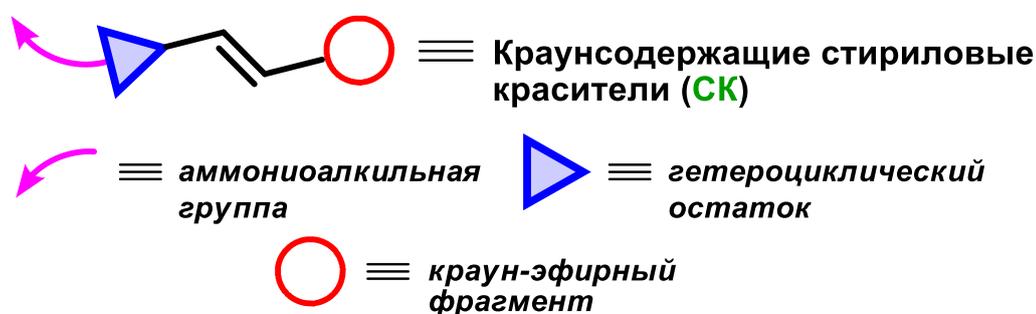
*Sens. Actuators, B.* 224 (2016) 780-788; 227 (2016), 634-642; 236 (2016), 605-613.

11. Синтезированы новые сульфатированные производные целлюлозы, содержащие фрагменты диалкилоксиарилловых соединений, с доказанной биологической активностью. Сульфатированные производные **1b-1c**, содержащие фрагменты 2,6-дидиизоборнил метилфенола **2** и 3,5-дитретбутилбензойной кислоты **3** синтезированы в гомогенной среде органических растворителей (ДМСО, ДМФА) методами О-ацилирования и О-алкилирования свободных гидроксильных групп в элементарных звеньях сульфата целлюлозы **1a**. Полученные гидрофильные полианионы со степенью сульфатирования 1.5÷2.0, содержат 0.5÷5.0 % масс. пространственно затруднённых фенолов с третбутиловыми и изоборнильными заместителями. Установлено, что синтезированные смешанные эфиры целлюлозы обладают высокой мембранопротекторной и антиоксидантной активностью при использовании клеточной модельной системы (эритроциты крови млекопитающих) и неклеточной среды, содержащей животные липиды, а также низкой цитотоксичностью. Руководитель работы - к.х.н. Е.В. Удоратина, исп. - к.х.н. М.А. Торлопов

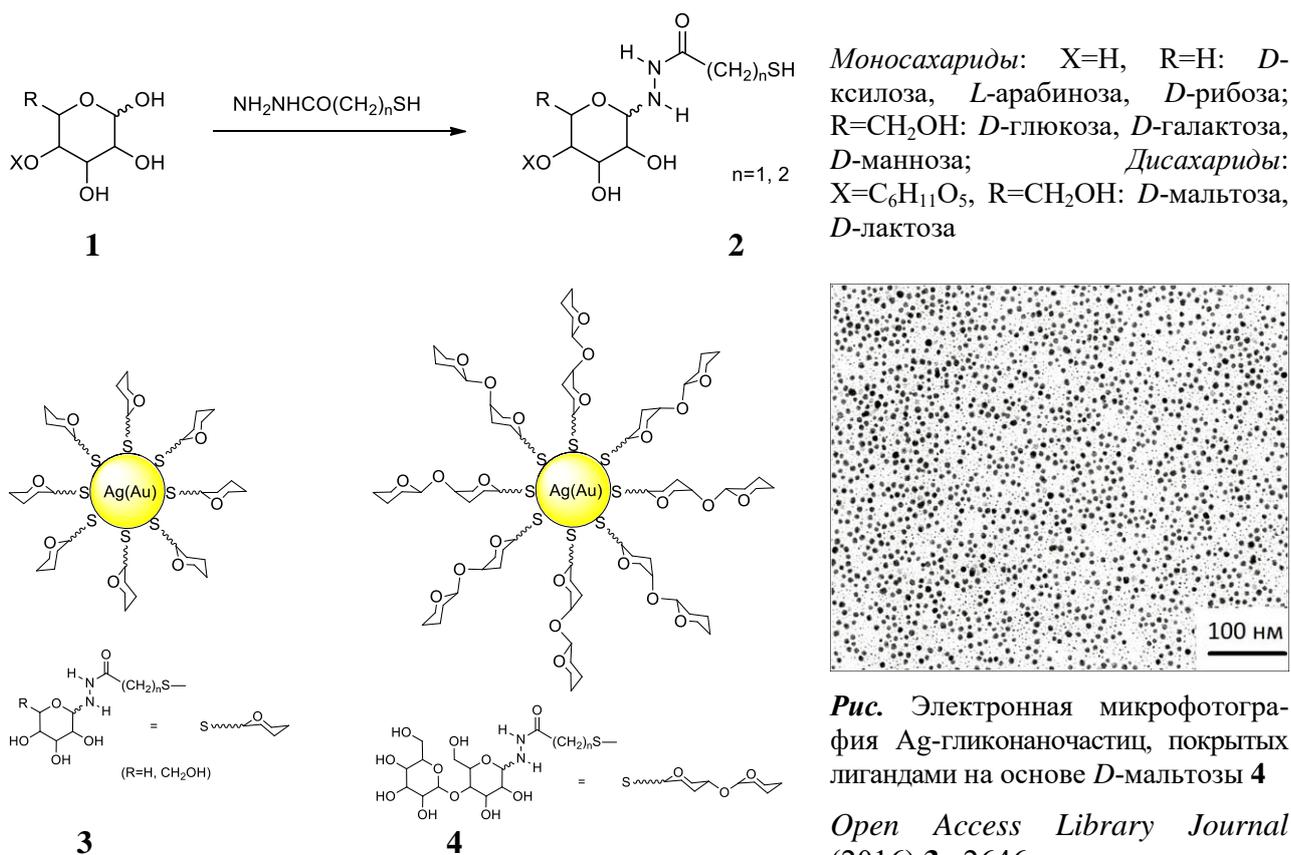
(Институт химии Коми НЦ УрО РАН ) совместно с Институтом биологии Коми НЦ УрО РАН (к.б.н. О.Г. Шевченко).



12. Изучено влияние структурных и электронных факторов на количественные характеристики супрамолекулярных реакций димеризации и [2+2]-фотоциклоприсоединения (ФЦП) краун-эфирных стироловых красителей, содержащих *N*-аммониоалкильный заместитель в гетероциклическом остатке. Было найдено, что движущей силой димеризации является двойное взаимодействие макроцикл – ион аммония. Выполнено квантово-химическое моделирование димерных комплексов. Установлена важная роль электронных факторов, поскольку квантовый выход ФЦП в геометрически аналогичных димерных комплексах варьируется от  $\leq 10^{-4}$  до 0.38. Руководитель работы - чл.-корр. РАН С.П. Громов (Центр фотохимии РАН); отв. исп. – д.х.н. Е.Н. Ушаков и к.х.н. А.И. Ведерников; исп. - к.х.н. Н.А. Лобова (Центр фотохимии РАН).

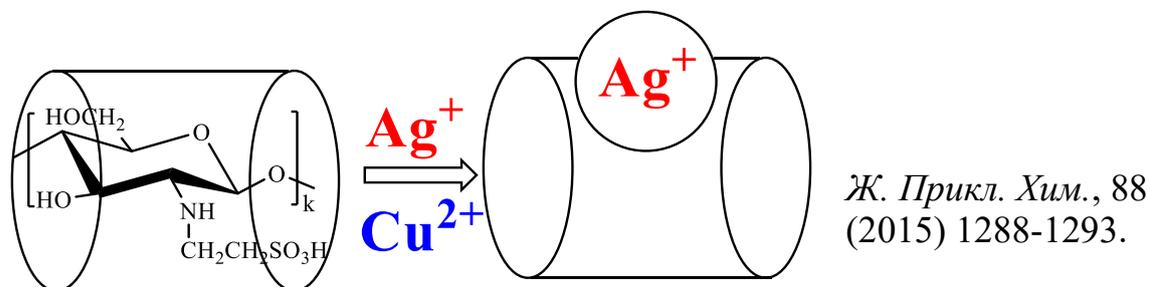


13. Впервые предложена «гидразидная технология» синтеза гликонаночастиц благородных металлов на основе взаимодействия коллоидных растворов серебра и золота с легкодоступными меркаптоацетил- и 3-меркаптопропаноилгидразонами альдоз **2** – продуктами конденсации гидразидов тиогликолевой и 3-меркаптопропионовой кислот с моно- и дисахаридами **1**. Разработанный метод позволяет получать гликонаночастицы серебра и золота **3** и **4** со средним размером частиц 15-40 нм и узким индексом полидисперсности. Гликонаночастицы **3** и **4** проявляют антивирусную и противогрибковую активность. Руководитель работы – д.х.н. А.Ю. Ершов; отв. исп. – к.х.н. М.Ю. Васильева (Институт высокомолекулярных соединений РАН); совместно с Военно-медицинской академией им. С.М. Кирова (к.х.н. И.В. Лагода) и (Рязанским государственным медицинским университетом им. И.П. Павлова (к.фарм.н. Л.Ю. Кулешова).

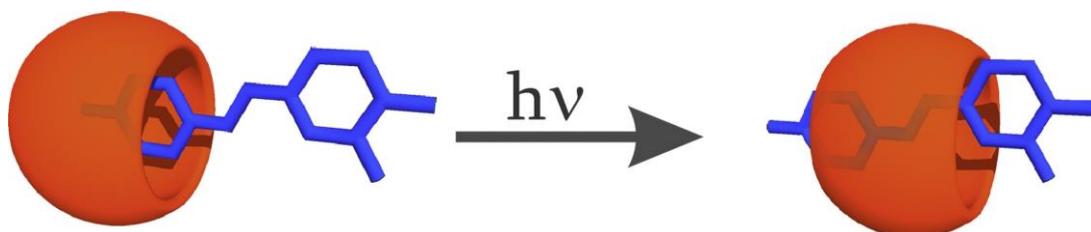


14. Разработан новый сорбционный материал на основе N-(2-сульфоэтил)хитозана, демонстрирующий эффективное и селективное извлечение ионов Ag(I) из водных растворов (см. иллюстрацию ниже).

Выявлены закономерности влияния строения материала на его сорбционные свойства. Руководитель работ - к.х.н. А.В. Пестов; отв.исп. - к.х.н. В.А. Кузнецов, к.х.н. И.С. Пузырев (Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН).

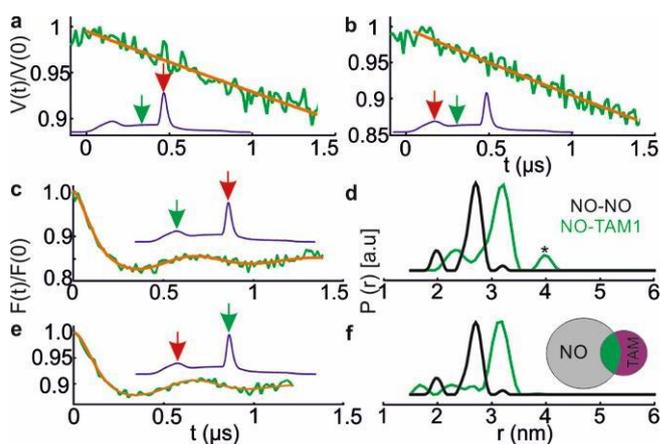


15. Методами фемтосекундной флуоресцентной лазерной спектроскопии была исследована сверхбыстрая релаксация электронно-возбужденного состояния стирилового красителя и его комплекса включения с кукурбит[7]урилом (СВ[7]). Для красителя и его комплекса кинетика затухания флуоресценции удовлетворительно описывалась суммой 2-х экспонент. Добавление СВ[7] в раствор красителя приводит к увеличению более длинного времени релаксации от  $\approx 50$  пс для красителя до 100-200 пс для его комплекса. Были проведены квантовохимические расчеты структуры комплексов включения. Значительное увеличение времени жизни флуоресценции можно связать с механическим смещением катиона красителя вглубь полости в первые несколько пикосекунд после возбуждения лазерным импульсом, то есть система может работать в циклическом режиме как фотоуправляемая супрамолекулярная машина. Руководители работы - академик М.В. Алфимов и чл.-корр. РАН С.П. Громов (Центр фотохимии РАН); отв. исп. – Н.Х. Петров; исп. Д.А. Иванов и к.х.н. Н.А. Лобова (Центр фотохимии РАН).



*Chem. Phys. Lett.*, 647 (2016) 157-160.

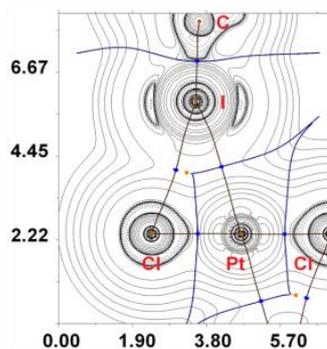
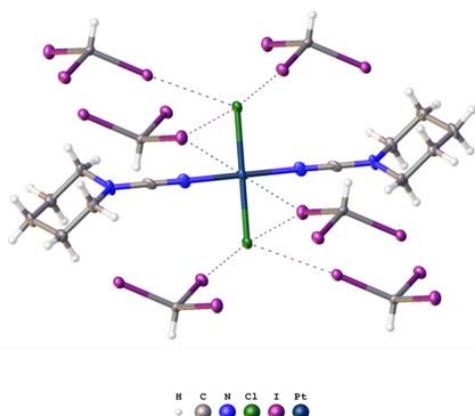
16. Применение в качестве спинового зонда тритильного радикала, синтезированного в НИОХ СО РАН, позволило впервые использовать метод двойного электрон-электронного резонанса (PELDOR) для исследования взаимодействия низкомолекулярных объектов с клеточными мембранами. Для надежной регистрации эффекта использована пара различающихся по химической природе спиновых меток: метка тритильного типа (TAM) для селективного спин-мечения мембранных белков *E. coli* и нитроксильная метка типа TEMPO (NO) для лиганда – цианокобаламина CNCb1. На рис. ниже показана кинетика PELDOR в Q-диапазоне при температуре 50 К в спин-меченных мембранах и полученное распределение межспиновых расстояний по результатам PELDOR. Методика отличается высокой селективностью и чувствительностью, а надежно измеренные межспиновые расстояния дают ценную информацию о строении комплекса. Метод применим для исследования внутренних мембран бактерий, а также мембран органелл и клеточных мембран эукариотических организмов. Руководитель работы - д.ф.-м.н. Е.Г. Багрянская, отв. исп. – к.х.н. В.М. Тормышев, исп. – к.х.н. О.Ю. Рогожникова (НИОХ СО РАН) совместно с Университет Гёте (ФРГ; В. Joseph, D. Akhmetzyanov, T. F. Prisner).



*Angew. Chem. Int. Ed.*, 128 (2016) 11538-11542

17. В ассоциатах *транс*-[PtX<sub>2</sub>(NCNR<sup>2</sup>)<sub>2</sub>]•2CHI<sub>3</sub> (X=Cl, R<sup>2</sup>=Me<sub>2</sub>, (CH<sub>2</sub>)<sub>5</sub>; X=Br, R<sup>2</sup>=Me<sub>2</sub>) и *транс*-[PtCl<sub>2</sub>(NCNMe<sub>2</sub>)<sub>2</sub>]•0.5CHCl<sub>3</sub>•1.5CHI<sub>3</sub> с иодоформом были выявлены первые примеры галогенных связей HI<sub>2</sub>C–I•••Pt и HI<sub>2</sub>C–

$I\cdots(Cl-Pt)$  с участием металлоцентра (см. рисунок ниже). В последнем случае металлоцентр, наряду с координированным к нему хлоридом, участвует в образовании бифуркатной галогенной связи  $HI_2C-I\cdots\eta^2_{(Pt-Cl)}$ . Образование галогенных связей  $HBr_2C-Br\cdots Pt$  с металлоцентром зафиксировано в бромформном сольвате  $[PtCl(PANT)]\cdot 2\frac{1}{2}CHBr_3$ . В аддукте *транс*- $[PtCl_2\{NCN(CH_2)_5\}_2]\cdot 2CHI_3$  с бифуркатными галогенными связями типа  $HI_2C-I\cdots\eta^2_{(Pt-Cl)}$  при изменении температуры наблюдается обратимая изомеризация  $HI_2C-I\cdots\eta^2_{(Pt-Cl)} \rightleftharpoons HI_2C-I\cdots\eta^1_{(Pt)}$ . Руководитель работы – чл.-корр. В.Ю. Кукушкин (Санкт-Петербургский государственный университет и Институт высокомолекулярных соединений РАН).



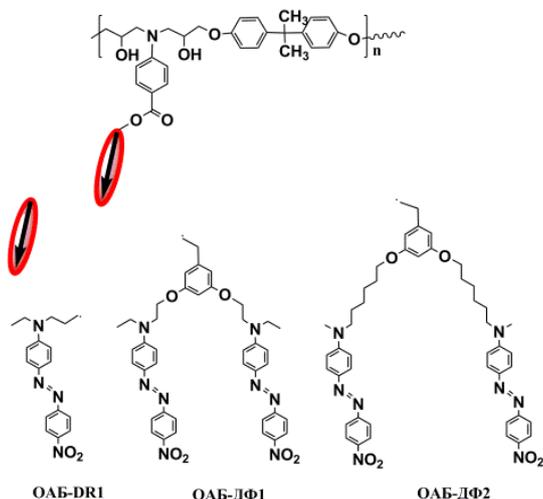
*Chem. Commun.*, 52  
(2016) 5565–5568

## Достижения в области прикладных исследований

1. Успешно завершена фаза I клинических испытаний нового противовирусного препарата «Триазид» из класса азолазинов. Препарат защищает от широкого ряда вирусных эпидемиологических заболеваний, в том числе от особо опасных вирусных инфекций. Руководители работ - академик В.Н. Чарушин, академик О.Н. Чупахин, чл.-корр. РАН В.Л. Русинов (Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН) совместно с компаниями ПАО «Отисифарм» и «Фармстандарт» (г. Москва), Институтом гриппа МЗ РФ (г. Санкт-Петербург) и Вирусологическим центром Минобороны (г. Сергиев Посад).

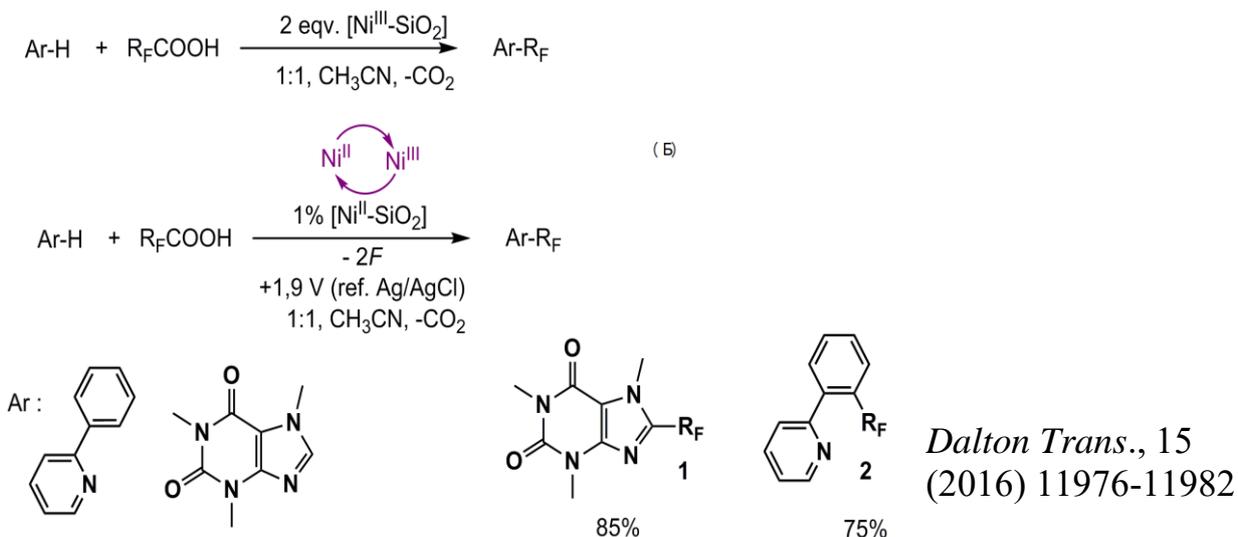
*Работа отмечена в 2016 году международной премией Prix Galien как лучшее научное исследование в области фармацевтики.*

2. Созданы новые полимерные материалы, характеризующиеся значениями нелинейно-оптических (НЛО) коэффициентов,  $d_{33}$ , которые сопоставимы или превышают соответствующие значения неорганических НЛО материалов, благодаря использованию в качестве источников НЛО активности мультихромофорных фрагментов дендритного типа. Руководитель работы – академик О.Г. Синяшин; отв. исп. д.х.н. М.Ю. Балакина; исп. – к.х.н. Т.А. Вахонина, Г.Н. Назмиева, С.М. Шарипова, к.х.н. Н.В. Иванова, М.А. Смирнов, А.И. Мухтаров (Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН).



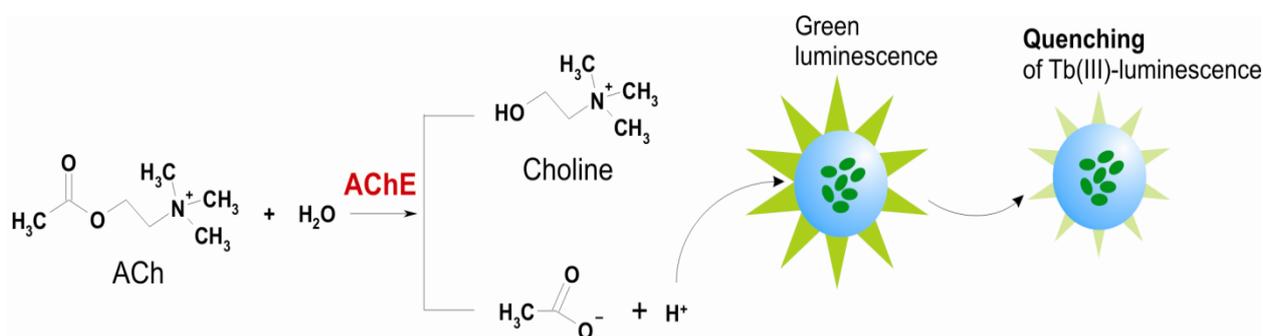
*Europ. Pol. J., 63 (2015)  
207-216;  
Mendeleev Comm., 25  
(2015) 101-102*

3. Разработан новый эффективный гетерогенный нанокатализатор окислительной функционализации ароматических углеводородов на основе Ni<sup>III</sup>-комплексов, допированных в силикатные наночастицы ([*(bpy)*<sub>x</sub>Ni<sup>III</sup>]*@*SiO<sub>2</sub>). Преимущества этого нанокатализатора по сравнению с известными гомогенными молекулярными никелевыми и палладиевыми катализаторами заключаются в высокой активности, количественных выходах продуктов фторалкилирования, десятикратном снижении рабочей концентрации катализатора (менее 1%), стабильности во времени и легкой регенерации (см. ниже схему каталитических реакций (химической и электрохимической) с участием ([*(bpy)*<sub>x</sub>Ni<sup>III</sup>]*@*SiO<sub>2</sub>). Руководители работы – д.х.н. Ю.Г. Будникова, д.х.н. А.Р. Мустафина, исп. – к.х.н. М.Н. Хризанфоров, к.х.н. С.В. Федоренко, асп. С.О. Стрекалова, к.х.н. К.В. Холин, М.Е. Жилкин (Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН).



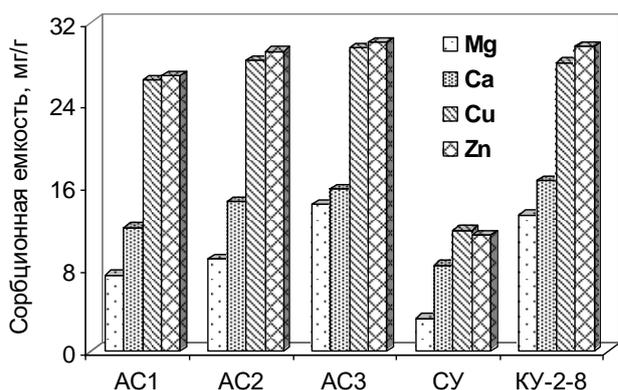
4. Разработана новая флуоресцентная методика мониторинга ферментативного гидролиза ацетилхолина, пригодная для оценки активности холинэстеразы в условиях *ex vivo*. Основой методики является способность комплексов тербия с *n*-сульфонато-тетракаликс[4]ареном, допированных в силикатные наночастицы, с высокой чувствительностью измерять рН за счет изменения люминесцентного отклика. Данная методика является перспективной альтернативой известным люминесцентным рН-сенсорам

вследствии низкой цитотоксичности наночастиц и высокой чувствительности к изменению pH (~0.05), а также возможности локализации наносенсоров в синаптической щели. Руководитель работ: академик О.Г. Синяшин; отв. исп. – д.х.н. А.Р. Мустафина; исп. – к.х.н. Ю.Г. Елистратова, к.х.н. С.В. Федоренко, А.Р. Мухаметшина, к.б.н. К.А. Петров, к.х.н. В.М. Бабаев, к.х.н. И.Х. Ризванов., к.х.н. И.Р. Низамеев (Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН).



*Analyst*, 141 (2016) 4204-4210; *Biosensors and Bioelectronics*, 77 (2016) 871-878

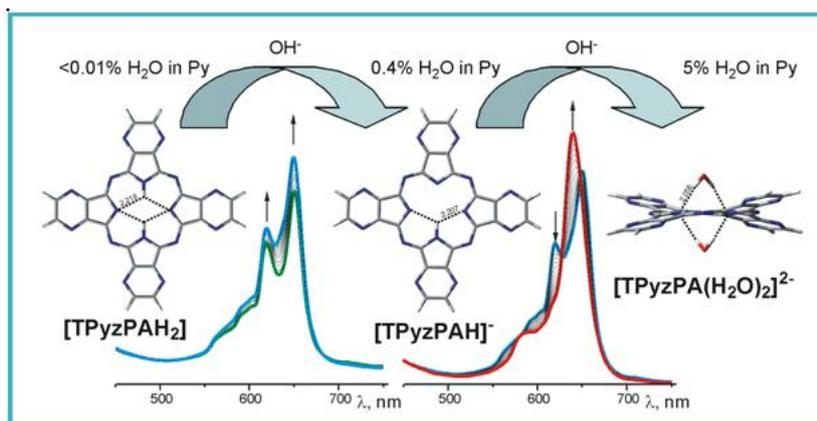
5. Разработан метод получения асфальтовых сульфокатионитов из тяжелых нефтяных остатков, заключающийся в использовании новых условий сульфирования и подготовки нефтяного сырья, позволяющий на существующих мощностях нефте-перерабатывающих заводов получать мало- и среднетоннажное количество этого продукта. Новые асфальтовые сульфокатиониты по сорбционным характеристикам существенно превосходят их природный аналог – сульфоуголь, сопоставимы с такими синтетическими сильнокислотными сульфокатионитами, как КУ-2-8 (Amberlite IR120) и могут использоваться как недорогой заменитель традиционных сорбционных материалов для водоподготовки (умягчения), а также доочистки сточных вод от тяжелых металлов и органических загрязнителей в различных производственных процессах. Руководитель работы – к.х.н. М.Р. Якубов; исп. – к.х.н. П.И. Грязнов, к.х.н. С.Г. Якубова, к.х.н. Д.Н. Борисов, к.х.н. Д.В. Милордов, Н.А. Миронов, И.П. Косачев, К.О. Синяшин (Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН).



AC1, AC2, AC3 – асфальтеновые сульфокатиониты,  
 СУ – сулфоуголь,  
 КУ-2-8 – синтетический сульфокатионит

*Petroleum science and technology*,  
 34 (2016) 177-183

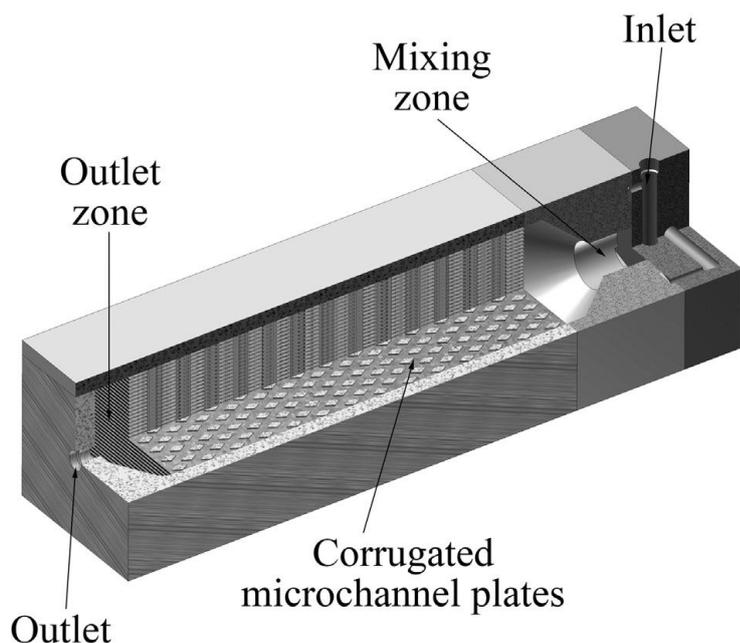
6. Изучено депротонирование тетрапиразинопорфиразинов в растворах и в газовой фазе. Показано, что дважды депротонированная форма стабилизируется в виде комплекса с двумя молекулами воды, образующегося за счет комплементарных водородных связей. Показано, что октаэтилтетрапиразинопорфиразин может использоваться в качестве сенсора на воду в органических растворителях основного характера (пиридин). Руководители работы – д.х.н. П. А. Стужин и чл.-корр. РАН О. И. Койфман (Ивановский государственный химико-технологический университет, ИГХТУ), исполнители: к.х.н. А. С. Малясова (ИГХТУ) и к.х.н. В. Б. Шейнин (Институт химии растворов РАН).



*Dyes & Pigment.*, 137 (2017)  
 503-509

7. Разработан способ получения триэтаноламина (ТЭА) улучшенного качества, который широко применяется в различных отраслях промышленности, в том числе в производстве биоцидов, полупродуктов в синтезе лекарственных препаратов и парфюмерно-косметических средств. Реакцию аммонолиза оксида этилена проводят при температуре 110-150°C и

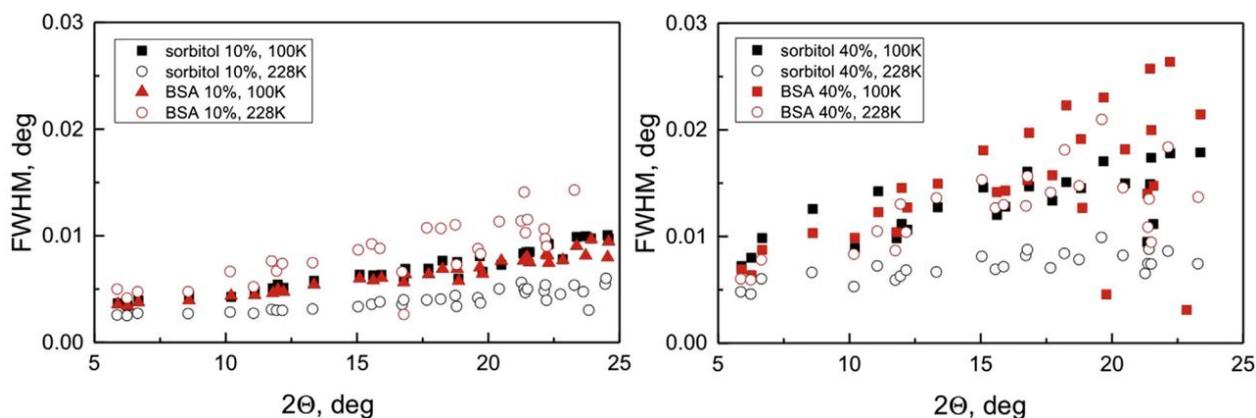
давлении 2-15 МПа при подаче оксида этилена с одной стороны и воды с аммиаком с другой стороны, при мольных отношениях: аммиак/оксид этилена 1 - 2, вода/аммиак 5-15. Отличительной особенностью способа является проведение процесса в микроканальном реакторе проточного типа, содержащем камеру смешения и микроканальные пластины с каналами вытянутой формы, причем реактор имеет два входа - один для подачи оксида этилена, другой - для подачи водно-аммиачной смеси. Подачу осуществляют непрерывно на входе в смеситель с последующим равномерным смешением в микроканалах при временах контакта 0,1-10 минут. Микроканальные пластины выполнены из металла, устойчивого к водно-аммиачной среде, при этом каналы в микроканальной пластине могут быть параллельными или взаимопересекающимися, и могут иметь глубину и ширину от 0,2 до 2 мм. Способ позволяет повысить качество получаемого продукта - улучшить показатель цветности, а также повысить конверсию и селективность процесса. Руководитель работ - академик В.Н. Пармон; отв. исп. - д.х.н. Л.Л.Макаршин и д.т.н. З.П. Пай; исп. - д.х.н. Е.Г. Жижина, к.х.н. Д.В. Андреев, к.х.н. А.Г. Грибовский, к.х.н. Е.Е. Сергеев, Д.Ю. Ющенко (Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН).



*Усп. хим.*, 85 (2016) 139–155  
 Патент РФ №2605421

8. Образование и перекристаллизация льда являются ключевым явлением в процессах заморозки и сублимационной сушки фармацевтических и

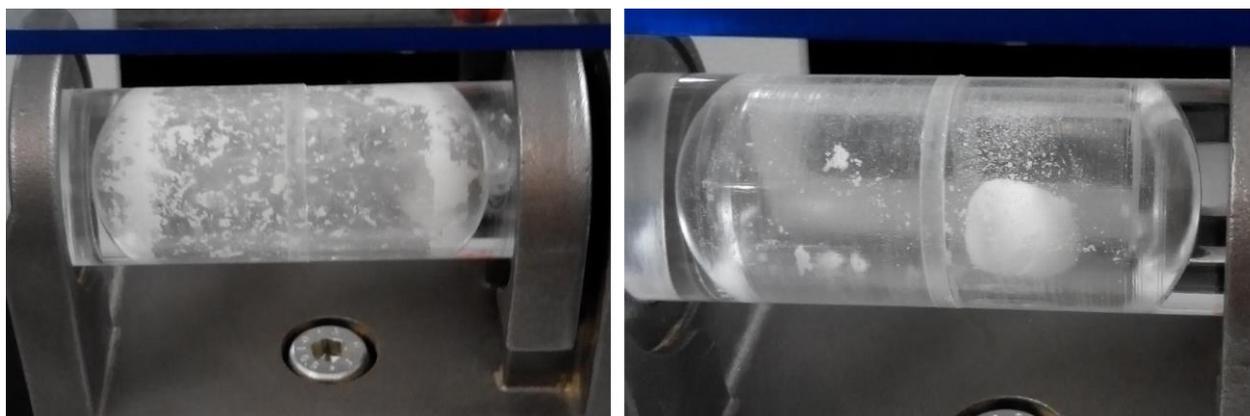
биофармацевтических препаратов. С помощью рентгеновской дифракции высокого разрешения с использованием источника синхротронного излучения удалось количественно охарактеризовать процесс образования льда в водных растворах криопротектора (сорбитола) и белка (бычьего сывороточного альбумина). На диаграммах ниже показаны зависимости ширины дифракционных отражений от угла дифракции, характеризующие микродеформации и размер кристаллитов для криопротектора и белка при различных температурах. В данном исследовании впервые показано, что обычный белок может сильнее ингибировать перекристаллизацию льда, чем используемый антифриз. Руководитель работы — д.х.н. Е.В. Болдырева и проф. Е. Шалаев (Pharmaceutical R&D, Allergan Inc., USA); исп. — к.х.н. Б.А. Захаров, проф. А.С. Фисюк, (Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН) совместно с Новосибирским государственным университетом, Омским государственным университетом (асп. А.С. Костюченко), The European Synchrotron Radiation Facility (Франция; Drs. A. Fitch, Y. Watier, M. Sztucki), и Novartis Vaccines and Diagnostics (США; Dr. D. Varshney).



*J. Pharm. Sci.*, 105 (2016) 2129-2138.

9. Проведено исследование взаимодействия глицина со щавелевой и малоновой кислотами при механической обработке с целью выявления роли воды, присутствующей в различных формах. Выявлено, что, с одной стороны, при полном отсутствии воды механохимические реакции не идут, в то время как присутствие воды может оказывать как положительное влияние (в случае системы глицин-щавелевая кислота), так и отрицательное (в

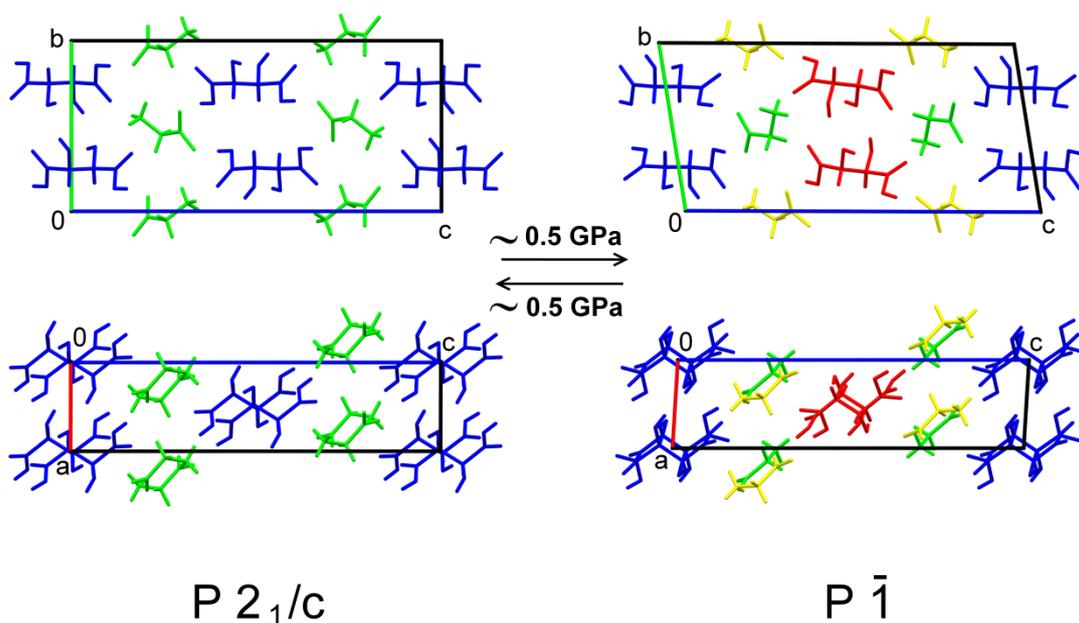
системе глицин-малоновая кислота). Показано, что смеси порошков глицина и малоновой кислоты проявляют заметную гигроскопичность, не свойственную ни глицину, ни малоновой кислоте в чистом виде. Поглощение паров воды сопровождается образованием кристаллогидратов типа Gly:Mal: $xH_2O$ . Это приводит к затруднению протекания механохимической реакции между глицином и малоновой кислотой, что было подтверждено также в ходе механохимических экспериментов *in situ* на станции синхротронного излучения ESRF (Гренобль, Франция). На фотографиях ниже проиллюстрировано явление гигроскопичности смесей глицина и малоновой кислоты в условиях мельницы Retsch с высокой (слева: 30 Гц, стальной шарик 3,5 г) и низкой (справа: 10 Гц, стальной шарик 1,4 г) интенсивностью механической обработки. Полученные результаты важны для понимания механизмов химического взаимодействия в молекулярных кристаллах. Руководитель работы — д.х.н. Е.В. Болдырева; исп. - к.х.н. И.А. Туманов (Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН) совместно с Новосибирским государственным университетом (к.х.н. А.А. Политов) Университетом Эдинбурга (Великобритания; асп. А. Михальчук).



*Докл. Акад. наук*, DOI 10.7868/S0869565217030124.

10. В развитие работ по получению смешанных кристаллов аминокислот с карбоновыми кислотами и изучению их структуры и свойств получены смешанные кристаллы глицина с DL-винной и ортофталевой кислотами. Исследования методами рентгеновской дифракции и КР-спектроскопии при понижении температуры и повышении гидростатического давления

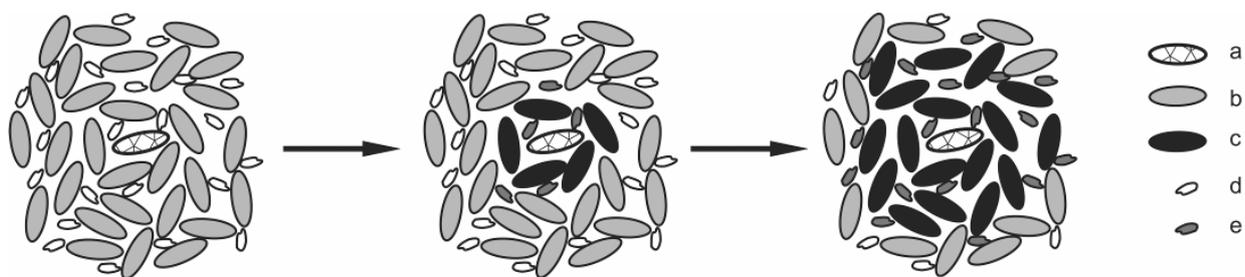
показали, что в то время как при охлаждении кристаллов до 100 К параметры элементарной ячейки и её объём изменяются монотонно, при повышении гидростатического давления наблюдаются два обратимых фазовых перехода, которые сопровождаются растрескиванием монокристаллических образцов. Структура фазы высокого давления со-кристалла глицина с DL-винной кислотой была определена методом монокристаллической рентгеновской дифракции. В случае смешанного кристалла глицина с ортофталевой кислотой наблюдается полное разрушение кристалла, что делает невозможным определение структуры фазы высокого давления. Однако методом КР-спектроскопии удалось зафиксировать образование новой фазы, сопровождающееся изменением характеристичных полос в колебательных спектрах. На рис. ниже проиллюстрирован полиморфный переход в структуре со-кристалла глицина с DL-винной кислотой при изменении гидростатического давления. Руководитель работы — д.х.н. Е.В. Болдырева; исп. - к.х.н. Е.А. Лосев, к.х.н. Б.А. Захаров (Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН) совместно с Новосибирским государственным университетом.



*CrystEngComm*, 18 (2016) 5869-5875.

11. Изучены процессы, протекающие при механоферментативном гидролизе бета-глюкана клеточной стенки дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*.

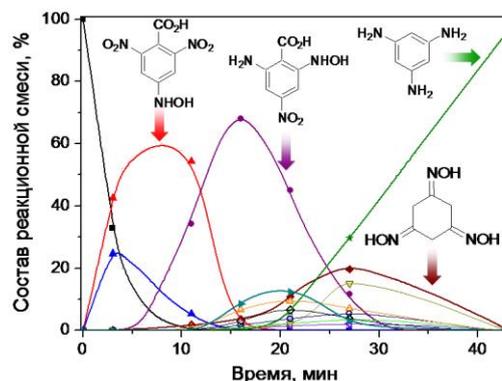
Показано, что механическая обработка дрожжевой биомассы позволяет изменять супрамолекулярную структуру клеточной стенки и увеличивать реакционную способность полимеров по отношению к ферментативному гидролизу. Проведено масштабирование технологии, налажено производство нового маннанолигосахаридного продукта для животноводства. С позиции химии твердого тела сформулированы основные положения физико-химической модели, описывающей автолокализованный процесс механически активированного гидролиза дрожжевой биомассы. На схеме ниже показаны этапы протекания автолокализованного ферментативного гидролиза: *a* – механически разрушенная клетка, *b* – исходная клетка, *c* – гидролизованные клетки, *d* – частицы не реагирующих ферментов, *e* – частицы реагирующих ферментов. Руководитель работ – д.х.н. О.И. Ломовский; исп. - к.х.н. А.Л. Бычков, д.б.н. Е.И. Рябчикова, Т.Ф. Ломовская (Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН) совместно с Институтом химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН и ООО ПО «Сиббиофарм» (Новосибирская обл., г. Бердск)).



*Catalysis in Industry*, 8 (2016) 354-360.

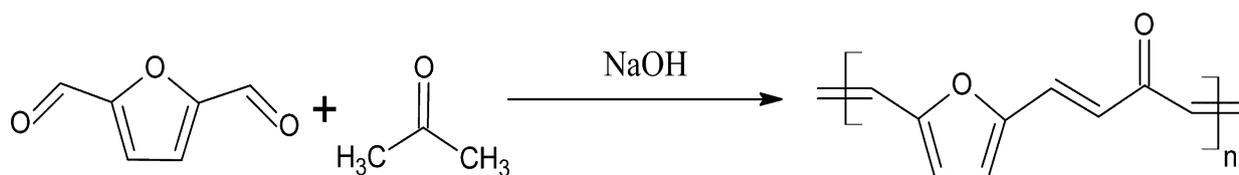
12. Изучено каталитическое гидрирование 2,4,6-тринитробензойной кислоты (ТНБК) в присутствии катализатора 1 % Pd/C (С – углеродный материал Сибунит) с анализом продуктов реакции на стадиях, соответствующих поглощению 1, 3, 5, 6, 8 и 9 молей водорода на 1 моль ТНБК. С использованием спектроскопии ЯМР  $^1\text{H}$  и  $^{13}\text{C}$  проведена идентификация многочисленных промежуточных продуктов реакции; произведена количественная оценка состава реакционной смеси на различных стадиях гидрирования. Полученные данные позволили

предположить схему превращений ТНБК в условиях аквафазного гидрирования в присутствии катализатора Pd/C. Данные о составе реакционной смеси на различных стадиях гидрирования ТНБК важны для понимания химизма процесса, селективного получения различных промежуточных нитроаминосоединений, а также синтеза высокоэффективных катализаторов гидрирования ароматических полинитросоединений. Руководитель работы – чл.-корр. РАН В.А. Лихолобов; исп. – к.х.н. О.Б. Бельская, к.х.н. В.А. Родионов, к.х.н. В.П. Талзи, к.х.н. Р.М. Мироненко, О.В. Маевская, Т.И. Гуляева (Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, г. Омск) совместно с Институтом проблем химико-энергетических технологий СО РАН (д.х.н. С.В. Сысолятин).



*J. Mol. Catal. A: Chem.*, 420 (2016,) 190-199; *Изв. АН. Серия хим.*, (2016) 1535-1540; *Proc. Eng.*, 152 (2016) 110-115.

13. Впервые получен полимерный продукт кротоновой конденсации фурандиальдегида и ацетона – полисопряженный поли(фуран-2,5-диил-alt-[1,4-пентадиен-3-он-1,5-диил]) (см. схему ниже). Процесс протекает при комнатной температуре в растворе диметилсульфоксида под действием гидроксида натрия в качестве катализатора и дает черный раствор олигомеров. Полученный новый полисопряженный полимер может быть использован для создания современных органических полупроводниковых материалов. Руководитель работы – д.х.н. В.Е. Тарабанько; исп. – к.х.н. М.Ю. Черняк, м.н.с. К.Л. Кайгородов (Институт химии и химической технологии СО РАН, ФИЦ “Красноярский научный центр СО РАН”).



14. Проведена экспериментальная оптимизация на пилотной установке и разработан технологический регламент основных стадий процесса комплексной переработки биомассы березы (древесина, кора) в биотоплива и ценные химические продукты (см. рис. ниже). Нарботаны опытные партии ксилозы, МКЦ, биоэтанола, бетулина, твердого биотоплива, энтеросорбента и проведены их исследовательские испытания. Преимуществами нового процесса по сравнению с аналогичными разработками являются: безотходность (обеспечивается утилизация всей биомассы березы, включая лигнин и кору); снижение себестоимости производства биотоплива за счет наработки продуктов с высокой добавленной стоимостью из коры и лигнина; экологичность (в технологическом цикле отсутствуют токсичные, экологически опасные и коррозионно-активные реагенты). Руководитель работы – д.х.н. Б.Н. Кузнецов; исп. – д.х.н. В.А. Левданский, д.х.н. Н.В. Чесноков, д.х.н. С.А. Кузнецова (Институт химии и химической технологии СО РАН, ФИЦ “Красноярский научный центр СО РАН”).



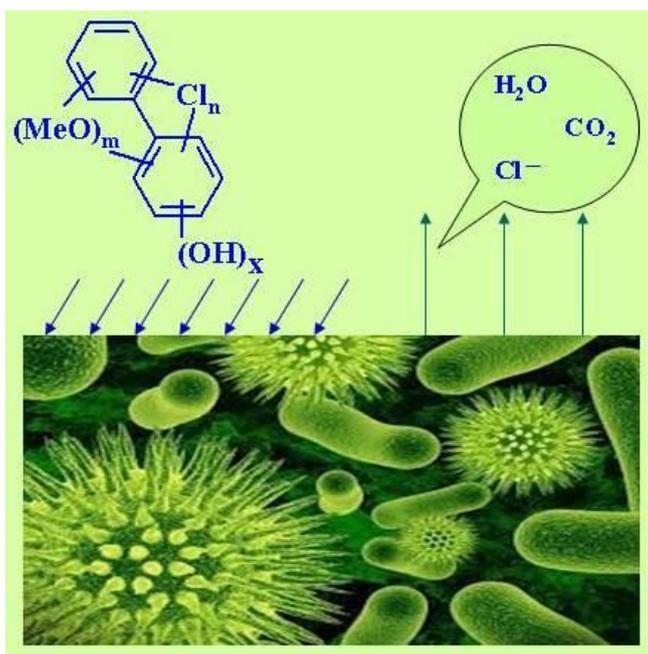


средство гемореологического действия на ее основе. Проведен полный цикл доклинических исследований водорастворимого лекарственного средства – полимер-конъюгата *O*-(4-гидрокси-3,5-ди(1,7,7-триметилбицикло[2.2.1]гепт-экс-2-ил)бензил)окси)этил)-*O*-(2-гидроксиэтил)-крахмала, обладающего гемореологической и антирадикальной активностями. В результате проведенных доклинических исследований фармацевтической субстанции и лекарственного средства подтверждена их эффективность и безопасность. Разрабатываемое лекарственное средство предназначено для лечения заболеваний сердечно-сосудистой системы, а именно для комплексной терапии острых ишемических нарушений мозгового кровообращения. Руководитель работ – чл.-корр. РАН А.В. Кучин; отв. исп. – профессор РАН И.Ю. Чукичева; исп. – к.х.н. Е.В. Буравлёв и к.х.н. М.А. Торлопов (Институт химии Коми НЦ УрО РАН).

17. Разработан кремнийсодержащий глицерогидрогель «Силативит» (субстанция и препарат), обладающий противовоспалительным, ранозаживляющим, регенерирующим действием и транскутанной активностью; нетоксичен, не кумулируется, не обладает потенциальной канцерогенностью. «Силативит» предназначен для местного лечения воспалительных стоматологических заболеваний (гингивит, пародонтит, стоматит, афтозные язвы и другие поражения слизистой оболочки полости рта); может использоваться для лечения заболеваний кожи и мягких тканей различной этиологии, а также в качестве основы различных фармацевтических композиций с активными лекарственными добавками. На основе «Силативита» и его модифицированных производных запатентована и разработана целая серия потенциальных лекарственных препаратов топического применения с широким спектром фармацевтической активности (противовоспалительной, ранозаживляющей, регенерирующей, противомикробной, иммуностропной) для медицинской и ветеринарной практики. Всего получено 35 патентов в области данного изобретения. Руководитель работ - академик О.Н. Чупахин; отв.исп. - д.х.н. Т.Г. Хонина;

исп. - к.х.н. М. В. Иваненко, к.х.н. Е.Ю. Ларченко, к.х.н. Е.В. Шадрина (Институт органического синтеза им. И.Я. Пастова УрО РАН).

18. Разработан метод гибридной химико-биологической утилизации токсичных полихлорбифенилов. Путем химической функционализации полихлорбифенилов - стойких органических загрязнителей, позволяющий получить гидрофильную смесь продуктов, которая становится доступной для бактериальных штаммов, что дает возможность количественно (~100%) утилизировать токсичные полихлорбифенилы. Руководитель работ – академик О.Н. Чупахин; отв. исп. – д.х.н. Т.И. Горбунова, к.х.н. М.Г. Первова, зам. директора по научной работе, чл.-корр. РАН В.И. Салютин, К.А. Плотникова (Институт органического синтеза им. И.Я. Пастова УрО РАН).

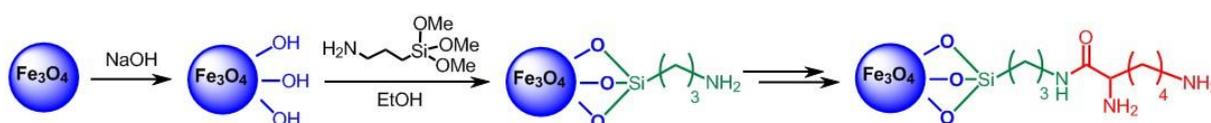


Условная схема разложения гидрофильных производных ПХБ под действием бактериальных штаммов.

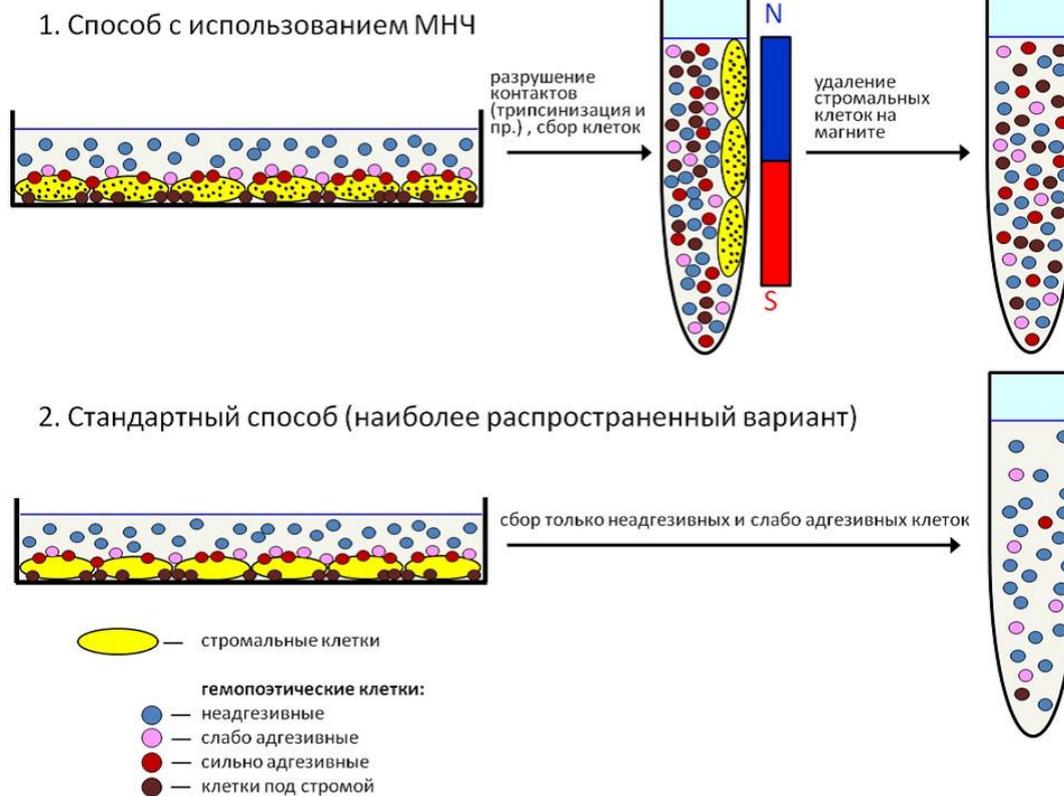
19. Найдены условия конъюгации молекул пептидной и белковой природы с магнитными наночастицами (МНЧ, см. рис. ниже) на основе  $Fe_3O_4$ . Совместно с Институтом молекулярной биологии им. В.А. Энгельгардта РАН разработан эффективный способ культивирования гемопоэтических клеток на поддерживающих стромальных слоях, предварительно инкубированных с МНЧ, содержащими молекулы L-лизина на поверхности. После культивирования гемопоэтических клеток на магнитной строме

производится полная диссоциация культуры и удаление стромальных клеток на магните (показано на рис. ниже). Разработанный способ позволяет значительно увеличить общее количество гемопоэтических клеток, гемопоэтических клеток-предшественников и стволовых клеток, собираемых после культивирования. Руководитель работ – профессор В.П. Краснов; отв. исп. – к.х.н. А.М. Демин (Институт органического синтеза им. И.Я. Пастовского УрО РАН).

Получение магнитных наночастиц, модифицированных L-лизином

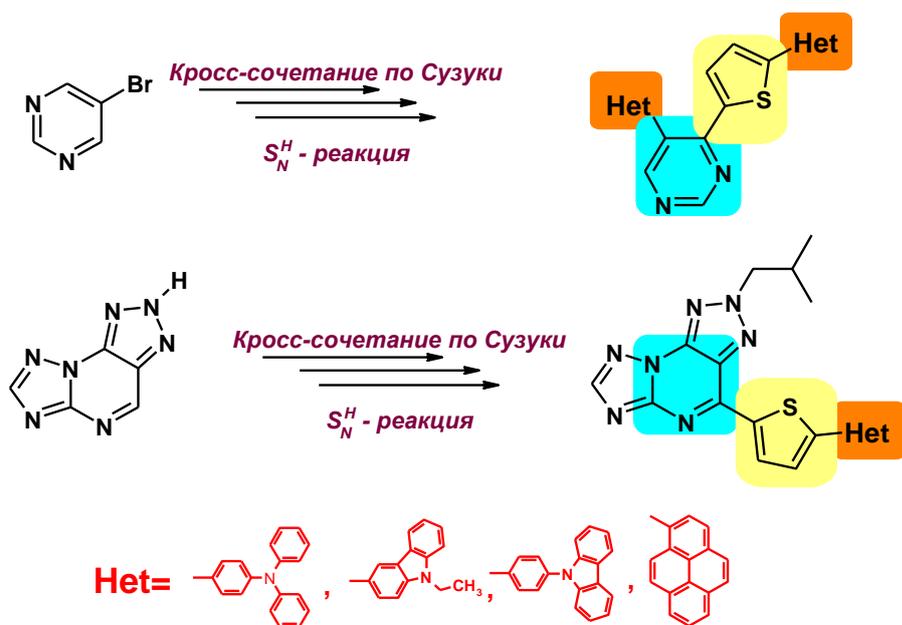


Способ культивирования гематоэтических клеток на магнитной строме



20. Синтезированы и изучены свойства флуоресцентных сенсоров на нитроароматические взрывчатые вещества на базе (гет)арил-замещенных пиримидинов, содержащих различные донорные фрагменты (см. рис. ниже). Проведен анализ чувствительности полученных флуорофоров по отношению к различным нитроароматическим взрывчатым веществам и мешающим

реагентам в зависимости от положения и природы заместителей, также. Показано, что монозамещенные флуорофоры на основе пириимидина имеют более высокие значения констант тушения и пределов обнаружения ( $10^{-5} \div 10^{-7}$  моль/л), чем соответствующие дизамещенные V-образные аналоги ( $10^{-3} \div 10^{-5}$  моль/л). Азолоаннелирование пириимидина приводит к резкому падению пределов обнаружения до  $10^{-1} \div 10^{-3}$  моль/л. Наиболее чувствительные соединения были использованы для создания прототипов новых сенсоров для прибора «Нитроскан» – мобильного обнаружителя нитросодержащих взрывчатых веществ. Руководитель работ – академик В.Н. Чарушин; отв. исп. – к.х.н. Г.Л. Русинов; исп. - к.х.н. Е.В. Вербицкий, Е.М. Чепракова (Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН).



ARKIVOC, V.iii  
(2016) 360-373.

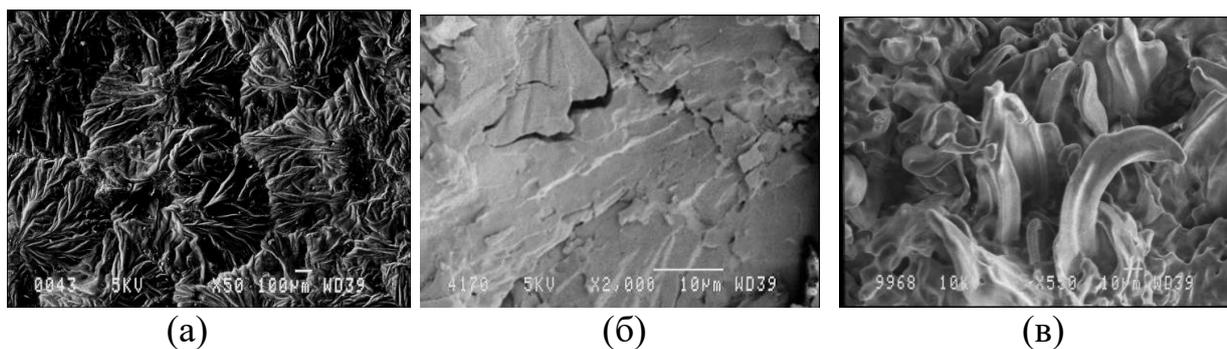
21. Предложен новый класс перспективных туберкулостатиков. Разработан метод одностадийного синтеза в воде замещенных 4,7-дигидротриазоло[1,5-а]пириимидинов (см. общую формулу в таблице ниже), обладающих высокой туберкулостатической активностью и специфичностью в отношении микобактерий туберкулеза при низкой токсичности. Два соединения (СГС-1279 и СГС-1295) показали высокую эффективность при лечении экспериментального туберкулеза (мыши, морские свинки), они не оказывают токсического действия на почки и поджелудочную железу, обладают низкой

гепатотоксичностью. Соединение СГС-1279 выбрано в качестве соединения-лидера, рекомендованного для прохождения предклинических испытаний. Руководитель работы – академик В.Н. Чарушин; отв. исп. – к.х.н. О.В. Федорова, к.х.н. Ю.А. Титова, к.х.н. Г.Л. Русинов (Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского УрО РАН).

Структурная формула	МІС, мкг/мл (H <sub>37</sub> RV)	Острая токсичность, LD <sub>50</sub> , мкг/мл (мыши)
	0.75-1.56	4000- 5000
Изониазид	0.1	200

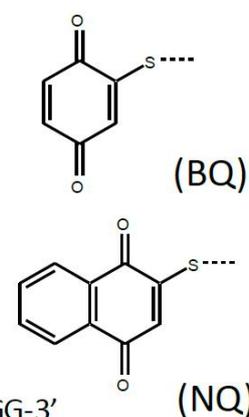
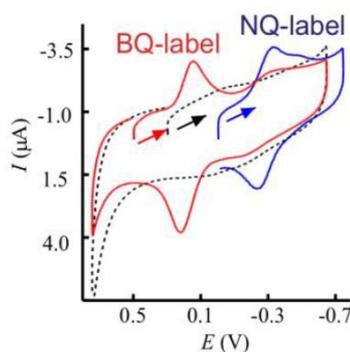
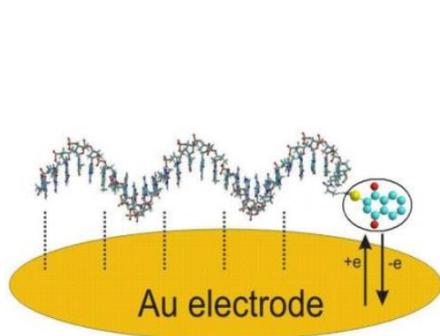
*Изв. АН. Сер. хим.*  
(2016) 1360-1364.

22. Проведены комплексные исследования методов получения и свойств новых функциональных материалов на основе термообратимых сокристаллизатов в составе смесевых энергетических материалов, молекулярных комплексов в виде твердых растворов полярных полимеров (полиуретановых, нитрильных, тетразольных, производных целлюлозы и др.) и окислителей (аммониевые соли азотной, хлорной, динитразовой кислот) и полярных полимеров и нитраминов (динитразапентан-ДНП, октоген-НМХ, СL-20). Показано, что образование молекулярных комплексов (твердых или жидко-вязких) является эффективным способом модификации физико-механических свойств, скорости горения, термического разложения и энергетической эффективности смесевых энергетических композиций. Ниже показаны снимки (электронный микроскоп) микроструктуры поверхности разрушения образцов: (а) твердого раствора полимер/ННИW, (б) термообратимого сокристаллизата полимер/ДНП/НМХ, (в) молекулярного комплекса полимер/нитрат аммония. Разрабатываются области практического использования полученных продуктов. Руководитель работ – чл.-корр. РАН А.С. Жарков; отв. исп – к.т.н. Б.В. Певченко; к.т.н. В.Н. Попок; исп. - Н.В. Бычин, Ю.А. Пивоваров, к.т.н. Н.П. Вдовина (АО «ФНПЦ «Алтай»).



*Бутлеровские сообщения*, 47 (2016) 39-48, 86-92, 102-108.

23. На основе тио-производных нафто- и бензохинона разработаны две электрохимически активные репортерные группы для модификации олигонуклеотидов с целью придания им электрохимической активности для возможности детектирования методом циклической вольтамперометрии на электродах. Изучены электрохимические свойства модификаторов и механизм электрохимического восстановления, доказано наличие обратимой одноэлектронной первой стадии электрохимического восстановления в воде и фосфатном буфере при pH=7.2 и отсутствие в данных условиях побочных процессов, приводящих к потере электрохимической активности редокс-меток. Потенциалы разработанных меток не перекрываются между собой и находятся вне области потенциалов восстановления известных редокс-активных меток на основе антрахинона и ферроцена, что позволяет одновременно использовать различные комбинации электрохимических меток в электрохимической генодиагностике. Отв. исп. – Л.А. Шундрин, исп. – И.Г. Иртегова, Н.В. Васильева, И.А. Халфина (НИОХ СО РАН).

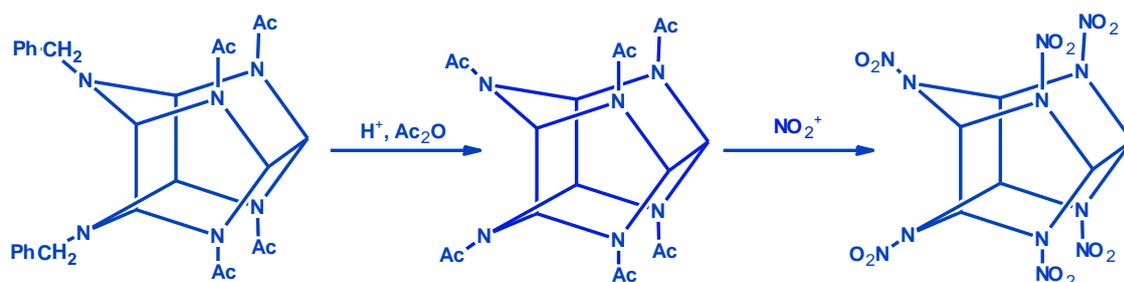


NQ(BQ)-S-(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>-C(O)NH-(CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>-5'-TTGGCAGAAGCTATGAAACGATATGGG-3'

*Tetrahedron Lett.*, 57 (2016) 392-395.

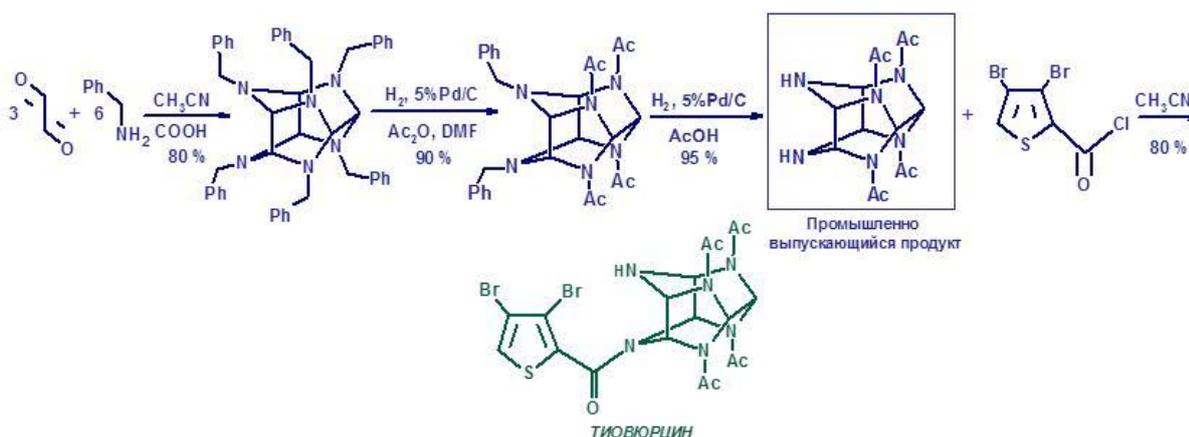
24. Для защиты урожая листьев и семян табака от хлопковой совки *Heliothis armigera* Hbn. испытано совместное применение метода «самцового вакуума» [массовый отлов самцов вредителя с помощью феромонных ловушек на основе синтетически полученного в лаборатории БрН УфИХ РАН феромона хлопковой совки – смеси (95:5) 11Z- и 9Z-гексадеценалей] с биопрепаратами на основе вируса ядерного полиэдроза хлопковой совки (Фермо-Вирин ХС). Установлено, что ежегодный массовый отлов самцов вредителя существенно снижает численность фитофага, а трехкратная обработка соцветий табака препаратом Фермо-Вирин ХС в норме расхода 4 г/га на фоне «самцового вакуума» сокращает численность гусениц на 62% и снижает число поврежденных коробочек на 77%.. Руководитель работы – профессор Г.Ю. Ишмуратов; исп. –В.Я. Исмаилов, К.Е. Розинцев, Т.В. Плотникова (Уфимский Институт химии РАН) совместно с Всероссийским НИИ табака, махорки и табачных изделий. Опубликовано: *Защита и карантин растений*, (2016) 21-23.

25. Разработан новый метод синтеза мощного взрывчатого вещества – гексанитрогексаазаизовюрцитана (ГАВ, CL-20), основанный на получении гексаацетилгексаазаизовюрцитана совмещенным дебензилированием-ацетилированием дибензилтетраацетилгексаазаизовюрцитана уксусным ангидридом в присутствии сильных кислот, что позволяет исключить применение дорогостоящего палладиевого катализатора. Руководитель работ – к.х.н. В.Н. Сурмачев (Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН).



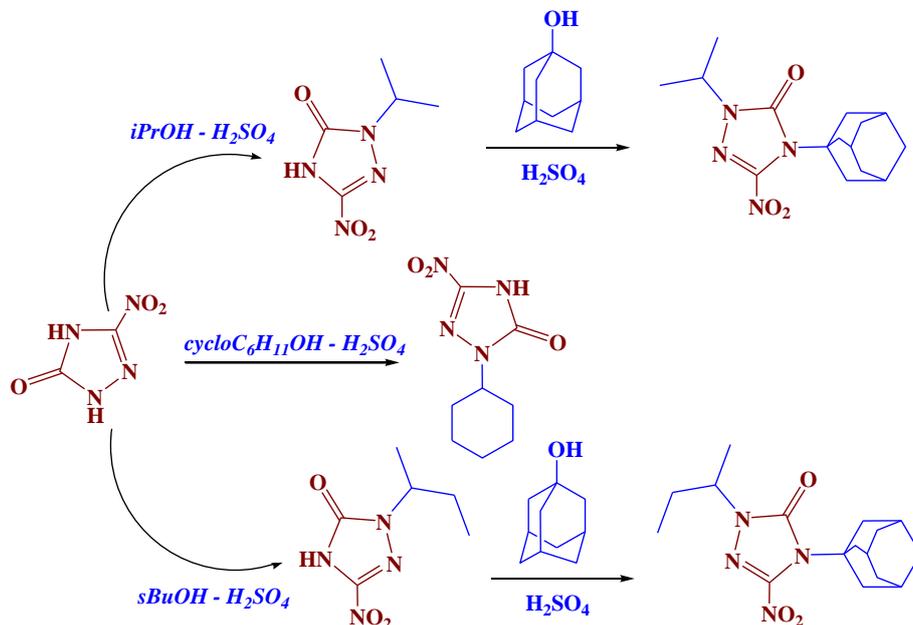
*Ползуновский вестник*, (2016) 89–91.

26. Разработан новый нестероидный анальгетик – тиовюрцин (см. схему ниже; Патент РФ № 2565766). Метод синтеза основан на промежуточных продуктах, выпускаемых отечественной промышленностью (двойные технологии). Разработанная технология позволяет получать целевой продукт с чистотой не менее 99,0 %, с единичной примесью не более 0,2 %. Доклинические исследования показали анальгетическую эффективность, сравнимую с кеторолаком. Тиовюрцин лишен побочных эффектов, характерных для нестероидных анальгетических и противовоспалительных средств. Руководитель работ – профессор С.В. Сысолятин (Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН) совместно с НИИ фармакологии и регенеративной медицины им. Е.Д. Гольдберга РАН.



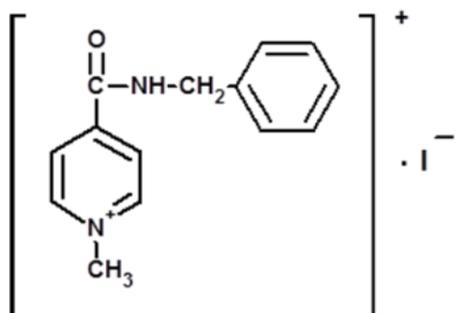
27. Разработан региоспецифичный метод кислотно-катализируемого алкилирования 3-нитро-1,2,4-триазол-5-она спиртами, структура которых в кислых средах способствует образованию и стабилизации образующихся из них карбокатионов. Термодинамически контролируемая реакция алкилирования 3-нитро-1,2,4-триазол-5-она вторичными спиртами (R-OH, где R= i-Pr, s-Bu, cyclo-C<sub>6</sub>H<sub>11</sub>) в системе спирт/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> протекает исключительно по наиболее основному атому азота нитротриазолового гетероцикла N<sup>1</sup>, с образованием 1-R-3-нитро-1,2,4-триазол-5-онов. Алкилирование последних в системе Ad/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> протекает региоселективно по свободным для координации эндоциклическим атомам азота N<sup>4</sup> с образованием конъюгатов двух фармакопейных циклических систем – 1-R-4-

Ad-3-нитро-1,2,4-триазол-5-онов. Руководитель работ – д.х.н. Г.Т. Суханов (Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН).



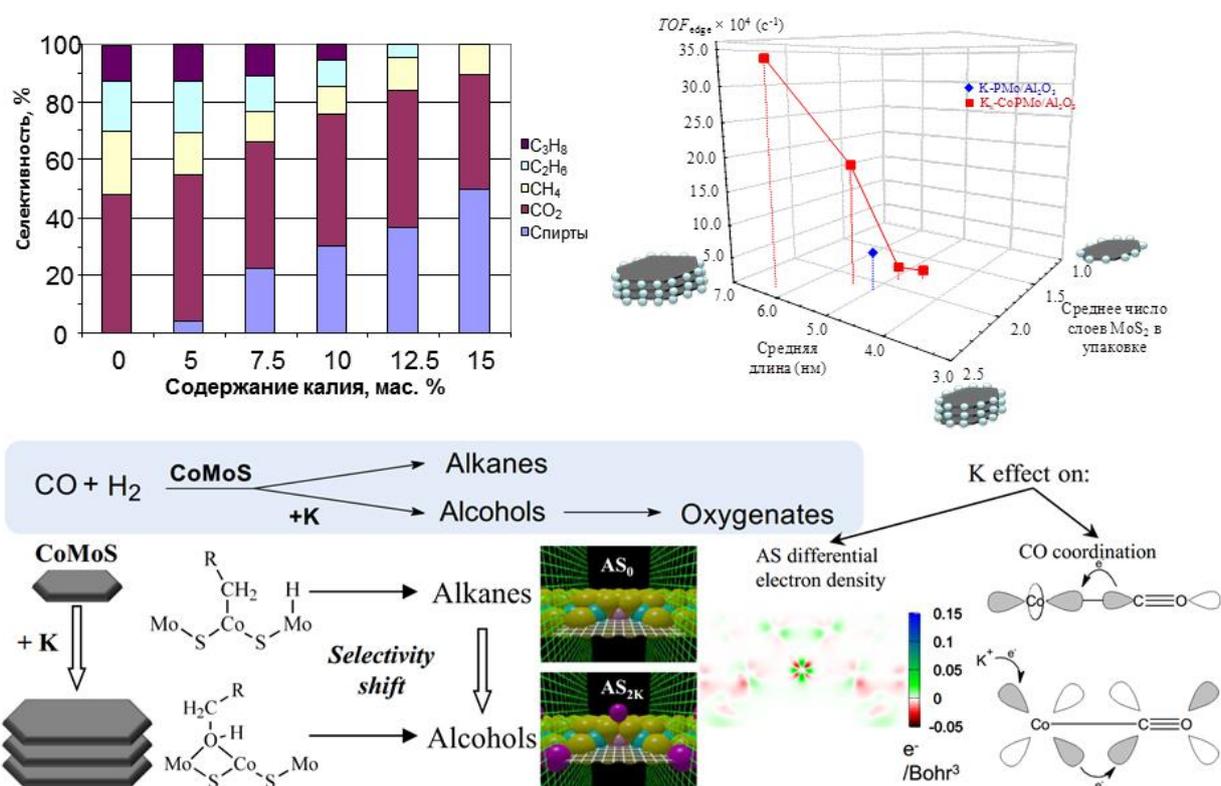
*Ползуновский вестник*, (2016) 131–134.

28. На опытно-промышленной установке производства субстанций лекарственных веществ освоено производство мощностью до 10 т/год фармацевтической субстанции N-метил-4-бензилкарбаминопиридиния йодида – нового противовирусного препарата (Патент РФ 2429230), обладающего иммуномодулирующими свойствами. Руководитель работ – к.т.н. Ю.А. Крюков (Институт проблем химико-энергетических технологий СО РАН).



29. На основе развитой ранее концепции межслойной динамики активных центров сульфидов переходных металлов выработаны критерии, которым должны отвечать катализаторы гидроочистки различного нефтяного сырья и

синтеза спиртов из синтез-газа. Разработаны принципы создания эффективных сульфидных катализаторов для различных гидрокаталитических превращений, а также методы управления селективностью и направленным синтезом оксигенатов различных классов. На рис. ниже показано влияние модификации калием катализаторов синтеза спиртов из синтез-газа на основе сульфидов переходных металлов на морфологию катализаторов и их свойства. Руководитель работы - д.х.н. В.М. Коган; исп. - асп. М.А. Каморин (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН) совместно с СамГТУ.



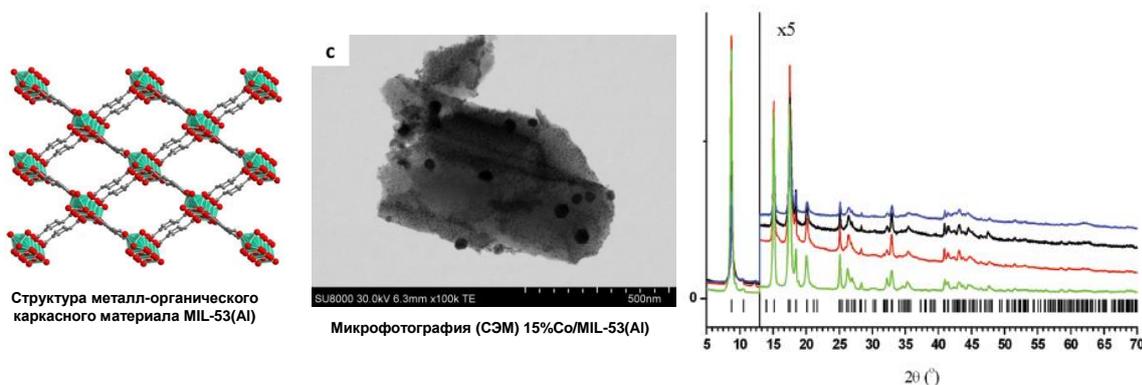
*Catalysis Today*, 271 (2016) 45-55; *J. Catal.* 344 (2016) 841–853.

30. Синтезированы высокоупорядоченные гибридные катализаторы на основе наночастиц кобальта, внедренных в пористую структуру металлоорганического каркасного материала MIL-53(Al), обладающего удельной поверхностьюкратно превосходящей таковую для стандартных носителей в гетерогенном катализе — глиноземов, силикагеля, цеолитов. Впервые изучена возможность применения таких структур в синтезе углеводородов из CO и H<sub>2</sub>. Установлено, что синтезированные катализаторы обладают высокой

активностью и селективностью в образовании целевых высших углеводородов  $C_{5+}$ . Руководитель работы — чл.-корр. РАН А.Л. Лapidус;

ЖОЙ

### Новый класс катализаторов синтеза Фишера–Тропша: Со/металл-органический каркас



Результаты каталитических испытаний Со/MIL-53(Al) в синтезе Фишера–Тропша. Т 240°C, Р 2 МПа

Образец	Удельная скорость превращения CO, моль <sub>CO</sub> ·г <sub>Co</sub> <sup>-1</sup> ·с <sup>-1</sup>	Селективность, %			% олефинов в C <sub>5</sub> –C <sub>19</sub>
		CH <sub>4</sub>	C <sub>5+</sub>	CO <sub>2</sub>	
5Co/MIL-53(Al)	11.8	13.3	67.7	5.5	26.2
10Co/MIL-53(Al)	11.7	14.8	68.6	4.7	12.4
15Co/MIL-53(Al)	10.0	14.2	73.1	2.0	14.5
15Co/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	10.4	15.7	69.4	2.3	13.8

\* Образец сравнения

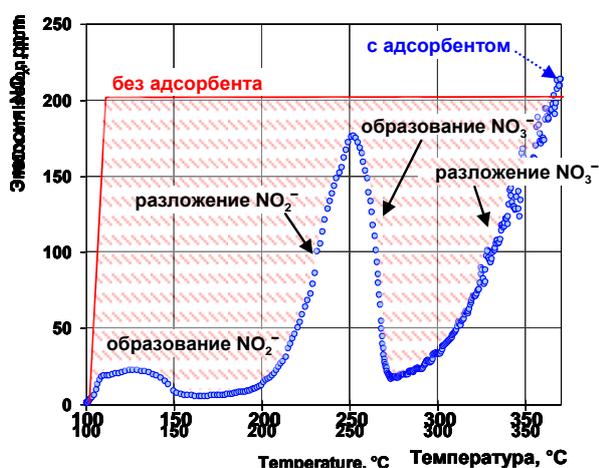
V. I. Isaeva, O.L. Eliseev, R.V. Kazantsev, V.V. Chernyshev, P.E. Davydov, B.R. Saifutdinov, A.L. Lapidus, and L.M. Kuznetsov, *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, 2006, 415 (2006)12006–12014.

31. Предложена высокоэффективная адсорбционно-каталитическая система на основе оксидно-цеолитного композита [Pt/Ce-ZrO<sub>x</sub> + ВЕТА], способного эффективно удалять оксиды азота из газового потока, соответствующего составу выхлопных газов дизельных двигателей при их «холодном старте». Использование данного композита позволяет решить проблемы удаления оксидов азота и других токсичных примесей из выхлопных газов, начиная от момента запуска двигателя вплоть до достижения рабочей температуры основной каталитической системой очистки. Характеристики работы разработанной системы изучены как в модельных условиях, так и в условиях, соответствующих рабочему режиму запуска дизельных двигателей легкового и грузового автотранспорта. Проведено детальное физико-химическое исследование механизма адсорбции оксидов азота, что позволило оптимизировать состав оксидно-цеолитного композита (см. рис. ниже). Руководитель работы - профессор

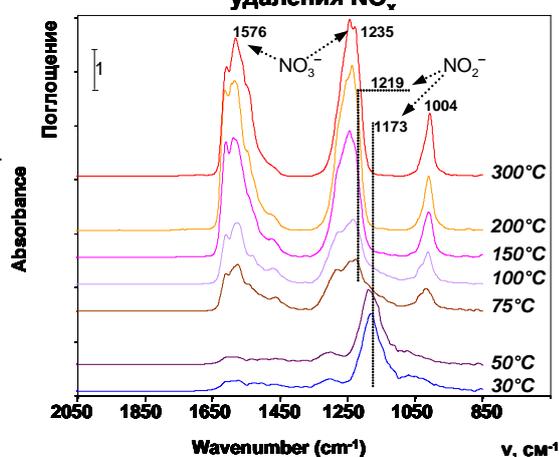
А.Ю. Стахеев (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского) совместно с фирмой Хальдор Топсе (Дания).



Эффективное удаление свыше 85% NO<sub>x</sub>, образующихся при «холодном старте»



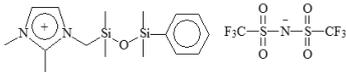
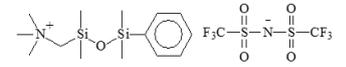
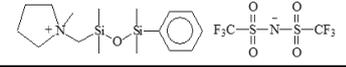
ИК-спектральное доказательство нитрит-нитратного механизма адсорбционного удаления NO<sub>x</sub>

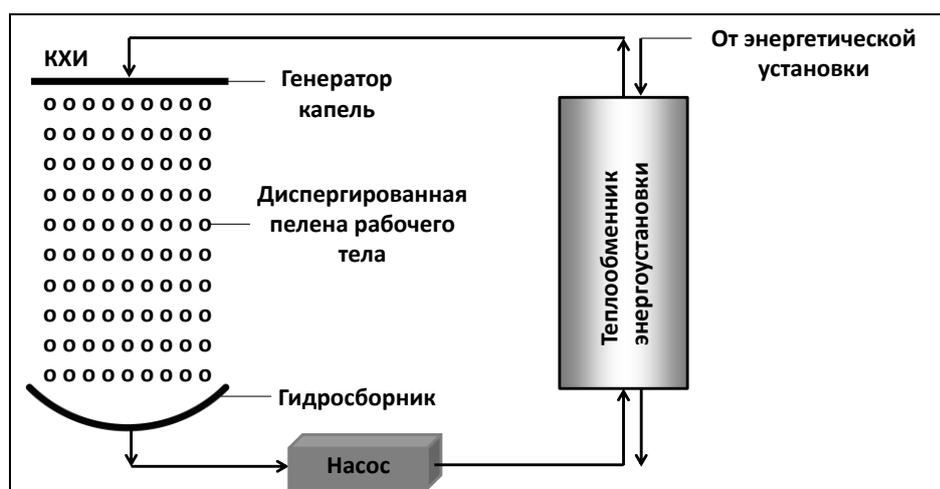


*Top. Catal.*, 59 (2016) 919-924; 931-937.

32. Синтезирован новые типы монокатионных и дикатионных ионных жидкостей (ИЖ) на основе кремнийсодержащих структур (см. табл. ниже), обладающие рядом специфических свойств, позволяющих использование в условиях открытого космического пространства (вакуум, значительные перепады температур, радиация). Такие ИЖ необходимы в качестве жидких теплоносителей для использования в капельных холодильниках-излучателях (КХИ) в условиях открытого космоса в бескаркасных системах отвода низкопотенциального тепла (см. рис. ниже). Варьируя структуру катиона, удалось оптимизировать такие параметры ИЖ, как температура устойчивости, вязкость, теплоемкость. Проведен первый эксперимент в российском сегменте Международной космической станции с использованием в качестве теплоносителя полученной ИЖ - 1,2-диметил-3-(1',1',3',3'-тетра-метил-3'-фенил-дисилоксанил)метилимидазолий бис(три-

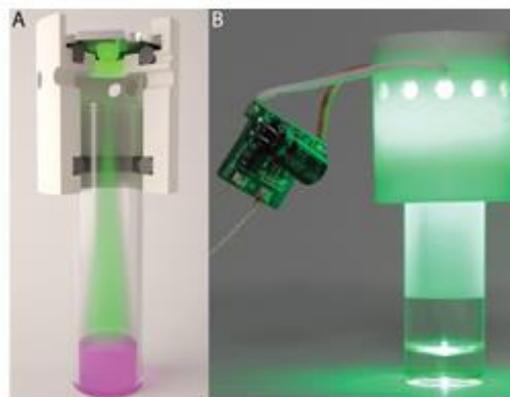
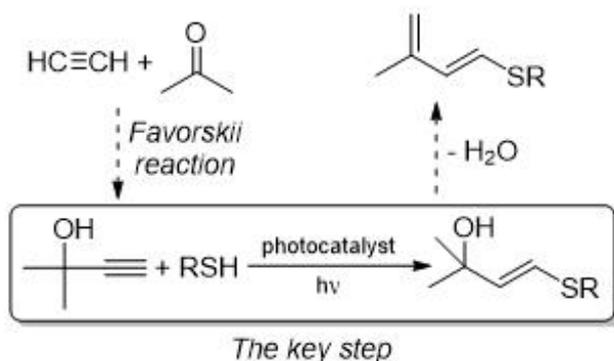
фторметил-сульфонил)имида. Получены практически неиспаряемые ИЖ, пригодные для применения в космосе. Руководитель работы - профессор Л.М. Кустов (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского) совместно с Химфаком МГУ им. М.В. Ломоносова, ГНЦ «Исследовательский центр им. М.В. Келдыша» и ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет).

Ионная жидкость	Тразл., °С	Тпл., °С	Кинематическая вязкость, сСт 20-25°С	Кинематическая вязкость, сСт 77°С	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Теплоемкость при 127°С, кДж/кг·К
Целевые параметры	>377	< 9	< 300	< 30	750-1350	1-2,5
	397	-60	114	14	1330	1,56
	285	-20	125	18	1320	1,6
	376	-10	124	16	1300	1,6



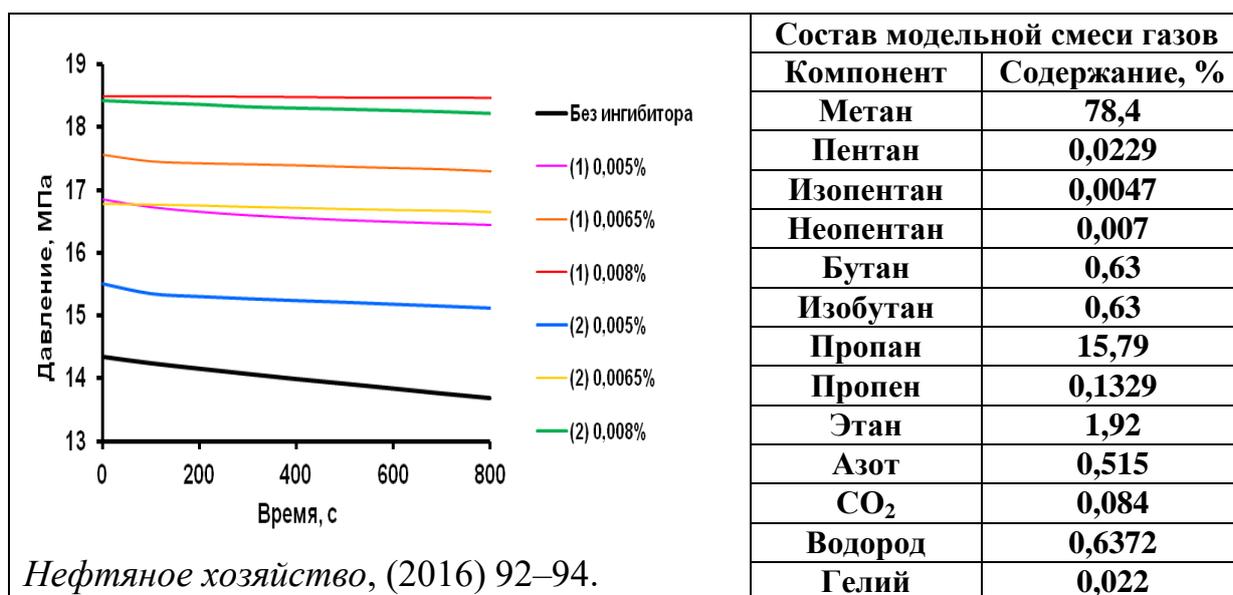
Патент РФ  
2566755;  
*Chem. Phys. Lett.*,  
657 (2016) 8-10.

33. Методом трёхмерной печати (3D Printing) произведён фотохимический реактор для проведения высокопроизводительной клик-реакции между алкинами и тиолами. Из простых и доступных исходных соединений (ацетилен, ацетон и тиол) синтезированы ценные серасодержащие винильные мономеры для получения функциональных материалов нового поколения. Дизайн фотохимического реактора методом трёхмерной печати доведён до уровня препаративной установки, готовой для практического использования (см. иллюстрацию ниже). Руководитель работы — чл.-корр. РАН В.П. Анаников (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского).



*Chem. Sci.*, 7 (2016) 6740-6745.

34. На основе природных полисахаридов и их производных разработаны перспективные экологически безопасные ингибиторы гидратообразования, эффективно работающие в малых дозировках в процессах нефте- и газодобычи. Это создаёт перспективу для замены используемых сегодня токсических реагентов, особенно метанола. Изучены термобарические условия образования газогидратов в присутствии полисахаридных ингибиторов и показано, что они являются ингибиторами гидратообразования смешанного типа — термодинамическими и кинетическими (см. иллюстрацию ниже).



На основе отобранного полисахарида создан нефтепромысловый реагент, который относится к низкоагрессивным реагентам и по эффективности превосходит в 100–200 раз известные ингибиторы гидратообразования, в

600–800 раз превосходит метанол и диэтиленгликоль; проявляет свойства термодинамических ингибиторов гидратообразования. Разработана товарная форма и технические условия на реагент. Руководители работы – чл.-корр. РАН Н.Э. Нифантьев (Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского) и чл.-корр. АН РБ В.А. Докичев (Уфимский Институт химии РАН) совместно с ФГБУВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет», ООО «Роснефть-УфаНИПИнефть»).

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**